



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



V N A M

**“APOYO A LAS FUNCIONES DE PLANEACION DE
COMPRAS Y CONTROL DE INVENTARIOS DE
MANUFACTURA, USANDO METODOS BASA-
DOS EN EXPLOSIONES DE MATERIALES”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN ADMINISTRACION**

P R E S E N T A

JAIME ARELLANO CASTELLANOS

ASESOR: ING. ARMANDO AGUILAR MARQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

OBJETIVOS	3
INTRODUCCION	4
Capítulo I. Principales conceptos de inventarios	5
1. Objetivos del mantenimiento de Inventarios	8
2. El dilema del nivel de inventario	11
3. Conceptos y Modelos más usuales de la Teoría clásica de inventarios	13
3.1 Costos asociados a los inventarios	13
3.2 Tamaño del Lote	14
3.3 El tiempo de entrega	22
3.4 El Punto de reorden	23
3.5 La administración agregada de Inventarios	29
4. Pronósticos de ventas	31
Capítulo II. Conceptos estadístico-matemáticos que sustentan la teoría clásica de Inventarios	39
1. La clasificación ABC	40
2. Principales elementos	44
2.1 Punto de reorden	44
2.2 Lote económico de pedido	50
2.3 Administración de inventarios en forma agregada	55
3. Evaluación de las premisas y requisitos de validez	55
Capítulo III. El Modelo de explosión de materiales	61
1. Demanda independiente vs demanda dependiente	62
2. Requisitos y principales supuestos	68
3. Estructuras de producto	73
3.1 Asignar una identificación única a cada artículo de inventario.	74
3.2 Diseño de "modelos" de productos.	76
3.3 Listas de materiales modulares.	77
3.4 Creación de pseudo-listas de materiales.	81
4. Explosiones e implosiones de materiales	82
5. Estatus del inventario	88

6. El Programa Maestro de Producción y el Horizonte de Planeación	90
7. Conceptos elementales de bases de datos	94
Capítulo IV. Integración y manejo de los nuevos conceptos	105
1. Definición del modelo conceptual	106
2. Definición de la base de datos	109
2.1 Consideraciones generales.	109
2.2 La base de datos de red.	111
2.3 Aplicación en el modelo de explosión de materiales.	115
3. Lógica del proceso	122
3.1 El Algoritmo de Wagner-Whitin.	123
3.2 El Algoritmo de Cambio Neto.	128
4. Aplicación en la práctica (Adecuaciones a la industria de proceso).	133
4.1 Fórmulas y preparados.	133
4.2 Precisión de los Inventarios.	134
4.3 Manejo de pérdidas, desperdicios y potencial.	135
4.4 Semi-productos y co-productos.	136
4.5 Manejo de Costos.	136
4.6 Manejo de sucedáneos.	137
4.7 Ejemplos de utilización.	138
5. Comentarios sobre el modelo: Un nuevo enfoque para la planeación	139
5.1 Integrando las funciones de la compañía.	139
CONCLUSIONES	143
BIBLIOGRAFIA	147
ANEXO 1 Glosario de términos	A-1

OBJETIVOS

1. El principal objetivo de este trabajo, es la demostración de las ventajas que tienen los modelos basados en explosiones de materiales sobre los modelos desarrollados a partir de la teoría clásica de inventarios, basada exclusivamente en conceptos estadístico-matemáticos, y con mayor razón sobre las prácticas empíricas tan profusamente difundidas en el medio manufacturero mexicano.
2. Mostrar que en la práctica se obtienen mejores resultados al administrar los inventarios enfocándolos como un problema de manejo de grandes volúmenes de datos en lugar del enfoque puramente estadístico-matemático.
3. Otro objetivo es demostrar cómo la aplicación de los nuevos conceptos redundan en beneficios para la empresa.

INTRODUCCION

Antes del advenimiento de las computadoras, los métodos y sistemas de control de Producción e inventarios basados en estudios científicos, fueron relativamente ineficaces. La principal restricción para su utilización era la indisponibilidad de las herramientas, de procesamiento de información y de cálculo, necesarias para realizar las ecuaciones requeridas para cada uno de los materiales en inventario. La utilización de una clasificación de materiales, basada en el valor de su consumo en un período dado (clasificación ABC), es un ejemplo del reconocimiento tácito de la imposibilidad de poder dar la misma atención a todos los materiales integrantes de un inventario.

Esta restricción de las herramientas, que afectó la eficacia de los métodos y sistemas, ha influido durante mucho tiempo en la forma de ver las cosas, de percibir los problemas, y en la formulación de las soluciones a estos problemas por parte de la gente que trabaja con inventarios. Esto ha derivado en el desarrollo de una cultura de manejo "práctico" fundamentada empíricamente, y que debe su enorme expansión al fracaso de la aplicación de los métodos y sistemas científicos, generalmente vistos como demasiado complejos para poder ser manejados por gente no especialista.

La aparición de las computadoras, y su utilización en el trabajo de control de Producción e inventarios, representó un repentino incremento en el poder de las herramientas de proceso de información y de cálculo. Aunque en un principio se utilizaron los mismos modelos que en el pasado para resolver los problemas, pronto se hizo evidente que aunque se podían resolver los cálculos más rápidamente, no se mejoraban los resultados operativos.

La validez de los viejos modelos quedó en entredicho.

La esencia del problema de control de producción e inventarios no estriba en la complejidad del manejo de las ecuaciones requeridas, sino en el enfoque que se le ha dado. Más que un problema solucionable usando ecuaciones matemáticas debe considerarse como un problema manejable en términos de procesamiento de información.

Los modelos anteriores son esencialmente teóricos. Han sido desarrollados desde un punto de vista puramente matemático. La Demanda y el Tiempo de Entrega, dos pilares

de la teoría clásica de inventarios, requieren exactitud y validez. Sin embargo su efectividad se ve afectada porque en la práctica estos valores han sido, son y serán inherentemente volátiles. Estos modelos no fueron desarrollados para poder adaptarse a situaciones cambiantes. Aunque pudieran ser efectivos para una planeación primaria, son "insensibles" para responder a los cambios, es decir, no fueron diseñados para replanear los inventarios.

La oportunidad de actualizar los datos con que trabajará un modelo, de una manera rápida, fácil y correcta, es ahora posible gracias a las computadoras. También se han desarrollado técnicas que permiten responder a los cambios y que efectúan el trabajo de replaneación de los inventarios de forma automática.

La capacidad de replanear, como respuesta a cambios imprevistos, es un arma indispensable para subsistir en el medio manufacturero mexicano actual, que será cada día más duramente competido todavía, debido al Tratado de Libre Comercio con EUA y Canadá.

En la práctica los sistemas basados en explosiones de materiales son factibles gracias a los avances tecnológicos en materia de computación, bases de datos y sobre todo por los algoritmos y técnicas que han sido desarrolladas para este propósito.

Los principales elementos de los nuevos modelos son: los pronósticos de ventas y planes de producción, las estructuras de productos y el estatus de los inventarios. Nuevos algoritmos son usados para formar relaciones dinámicas entre el flujo de materiales, la colocación de ordenes de producción y de compras, y la actualización de las estructuras de los productos.

El trabajo de tesis está dividido en 4 capítulos e incluye un extracto del glosario de términos de APICS (Sociedad Americana para el Control de la Producción e Inventarios).

El capítulo I presenta algunos antecedentes del problema del manejo de los inventarios, la visión que los responsables de las principales funciones de una compañía tienen sobre sus objetivos particulares, y se presentan los modelos más conocidos de la teoría clásica de inventarios, y algunos modelos para efectuar pronósticos de ventas.

El capítulo II presenta los fundamentos que dan cabida al análisis de inventarios ABC (el teorema de Pareto). Se presenta un desarrollo de los métodos matemáticos

usados para calcular el punto de reorden y el lote económico de compra (EOQ). Se discute muy brevemente los fundamentos de la Administración de inventarios en forma agregada y se muestran varias técnicas de cálculo de lote de compra. Finalmente se cuestiona la validez de los modelos resultantes al ser sometidos a situaciones cambiantes.

El capítulo III inicia con una discusión acerca de las diferencias de los inventarios de manufactura con respecto a los inventarios de distribución, se hace hincapié en la naturaleza de la demanda como el principal factor que determina las políticas y métodos adecuados para cada tipo de inventario. Se presentan los requisitos y principales supuestos para el manejo de un modelo de planeación de materiales. Se muestran las técnicas necesarias para la definición adecuada de estructuras de producto, misma que será la "materia prima" del modelo. Se explican los conceptos de explosión e implosión de materiales, programa maestro de producción y horizonte de planeación. Finalmente se consideran los conceptos elementales de las bases de datos.

En el capítulo IV se considera el modelo conceptual, y los elementos básicos que lo integran. Se define la base de datos que será usada. Se presentan los algoritmos de cambio neto para el cálculo dinámico de requerimientos, y el algoritmo de Wagner-Whitin para el cálculo del lote de compra con costo mínimo. Se presentan algunas adecuaciones necesarias para su utilización en la industria de proceso. Se hacen algunos comentarios sobre el modelo y su utilidad práctica.

Como trabajo de investigación ha sido muy importante para mí, ya que me ha permitido renovar conceptos teóricos muy importantes y fundamentales para la práctica profesional. Sin embargo es lo aprendido durante la experiencia de trabajo, el trato con la gente, lo que me ha parecido más enriquecedor, dado que se han enfrentado situaciones que de ninguna manera se pueden plantear en un trabajo puramente teórico.

Capítulo I. Principales conceptos de inventarios

1. Objetivos del mantenimiento de Inventarios	8
2. El dilema del nivel de inventario	8
3. Conceptos y Modelos más usuales de la Teoría clásica de inventarios	9
3.1 Costos asociados a los inventarios	10
3.2 Tamaño del Lote	11
3.3 El tiempo de entrega	17
3.4 El Punto de reorden	18
3.5 La administración agregada de Inventarios	22
4. Pronósticos de ventas	23

1. Objetivos del mantenimiento de Inventarios

Uno de los problemas más difíciles de manejar en la manufactura y venta de bienes es el control de inventarios. Para nuestros propósitos, *consideraremos en inventario a los artículos que están esperando a ser usados o vendidos*. Por lo general representan la partida más grande del activo, y también en la mayoría de las ocasiones, la de mayor versatilidad a excepción del manejo de caja. Para situar el problema en el marco de las operaciones del negocio diremos que, la dinámica de la empresa se mide, básicamente, por su capacidad para generar dinero en caja y por lo atractivo que sea el rendimiento sobre la inversión, usándose las siguientes ecuaciones para medir estos parámetros:

Flujo de caja = Utilidades ± Cambios activo circulante ± Cambios pasivo circulante *

$$\text{Rendimiento sobre la inversión} = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Activos empleados}} \quad (1)$$

Ciertamente, las utilidades que se generen poco pueden aprovecharse si se consumen en un inventario incrementado o en las cuentas por pagar de ese inventario. La adquisición, distribución y mantenimiento de los inventarios se pueden convertir, en muchas ocasiones, en la partida más importante de los costos. Hay grandes oportunidades para realizar mejoras, puesto que el inventario es la partida más propicia a ser manejada con facilidad comparativamente a otros activos del negocio. Puede "eliminarse" y volver a crearse con relativa facilidad. Una primer pregunta podría ser: *¿Realmente es necesario?*

Muchas compañías invierten enormes cantidades de dinero cada año intentando mantener un adecuado nivel de sus inventarios. No importando si son materias primas para manufacturar un producto, o productos terminados esperando ser vendidos, los problemas aparecen cuando hay insuficientes artículos, o por el contrario, demasiados en inventario.

* Se entiende por *activos* a los valores que un negocio posee o tiene derecho a percibir, siendo *activos circulantes* los valores que se caracterizan por su naturaleza transitoria, sujetos a constante transformación; convertibles en efectivo y que constituyen el núcleo principal de las operaciones del negocio. Se entiende por *pasivos* a los valores que un negocio debe a terceras personas, siendo *pasivos circulantes* las deudas a corto plazo originadas por la adquisición de valores del activo circulante.

(1) Louis M. Kilien, *Técnicas de Administración de Inventarios*, 1971.

El mayor número de problemas ocurren cuando hay demasiados artículos en el inventario. Se aumenta el nivel de inventario a los artículos que frecuentemente están fuera de existencia (generalmente artículos con una gran actividad). Por otro lado, los artículos con una demanda menor tienden a ser olvidados (artículos con mínima actividad), lo que a menudo obliga a tenerlos siempre en existencia. La combinación de estos factores genera el *problema de sobreinversión*, en cuyo caso:

- El dinero está invertido en un inventario excesivo.
- El espacio de almacenamiento, escaso y costoso, se usa innecesariamente.
- Los artículos se pueden depreciar, deteriorar o volver obsoletos.

Por otro lado si son demasiado pequeñas las existencias de los artículos se dará el *problema de insuficiencia*, en cuyo caso:

- Habrá una pérdida de ventas y de utilidades por las demandas no cubiertas.
- Ocasionará costos mayores por los gastos asociados a la escasez.
- El costo de reemplazar inventario aumentará porque se tendrá que colocar un mayor número de pedidos.
- La planta de manufactura tendrá que detenerse por falta de materias primas. ⁽¹⁾

El problema de la administración de inventarios se presenta como una oportunidad para balancear el conjunto de costos asociados a la sobreinversión e insuficiencia de inventarios, los cuales están básicamente en conflicto. La pregunta es *¿cuales son los indicadores precisos que determinan el manejo adecuado de estos costos?*

La manera más o menos obvia de reducir los inventarios consiste simplemente en suprimirlos, de tal forma que se ahorran los gastos relativos a su administración, almacenamiento y conservación, permitiendo que las enormes cantidades invertidas en ellos fueran utilizadas para financiar otras partidas más importantes del negocio. *¿Cuál es entonces su importancia?* Aunque no agrega valor al producto, el hecho de que esté presente un artículo en el momento preciso, en la cantidad que se necesita, permite su uso inmediato, por lo tanto, y sólo en cierto sentido, los inventarios agregan a los productos valor de tiempo, lugar y cantidad.

(1) Billy E. Gillet, Introduction to Operations Research: A Computer Oriented Algorithmic Approach, 1976.

Aquel artículo que no está en un lugar determinado, en el tiempo requerido y en las cantidades solicitadas tiene pocas posibilidades de ser consumido o vendido.

El objetivo que persigue la administración de inventarios consiste en establecer, poner a disposición, y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas, materiales y productos, empleando para tal fin las técnicas, los procedimientos y los programas más convenientes a las necesidades de la empresa. Algunos de los objetivos relativos al control de inventarios, comunmente encontrados en las empresas de manufactura son, de acuerdo con Alfonso García Cantú, los siguientes:

"...

- a) Tener el mínimo de inversión en existencias, en materias primas, partes componentes, en materiales en proceso y en productos terminados.
- b) Mantener el nivel de existencias de materias primas y partes componentes de manera tal que las operaciones de producción no sufran demoras por faltantes.
- c) Mantener el nivel de existencias de productos terminados de acuerdo con las demandas de los clientes, para dar así un servicio de entrega oportuno.
- d) Descubrir a tiempo los materiales o productos que no tienen movimiento, y los que se han deteriorado o son ya obsoletos en el mercado...". (1)

En general, los objetivos de la administración de materiales deberán ser enfocados de acuerdo a la orientación del giro de la empresa. La administración de los inventarios de manufactura representa todo un apartado especial dadas sus características. Sólo de una manera parcial coincide con los términos usados en la literatura general sobre inventarios, ya que es un problema único gobernado por leyes diferentes a los demás tipos de inventario.

Muchos de los enfoques tradicionales de administración no pueden ser aplicados propiamente, ya que, cuando se tratan de aplicar, su resultado es relativamente ineficiente. Definimos como inventario de manufactura al compuesto por:

- *Materias primas* en existencia. Son los materiales usados para hacer los componentes de los productos terminados, por ejemplo: Acero, harina, madera, tela, etc.
- *Componentes semiterminados* en existencia Son las partes, subensambles o fórmulas preparadas que no están completas o que les hace falta algún proceso, por ejemplo: Lotes de tableros para circuitos, pastas preparadas congeladas, etc.

(1) Alfonso García Cantú, *Enfoques Prácticos para planeación y control de inventarios*, 1978.

- *Componentes terminados y subensamblables en existencia.* Son aquellos artículos listos para ser usados en el ensamble final de los productos terminados, por ejemplo: Tableros automotrices, cremas pasteleras, etc.
- *Componentes y subensamblables en proceso.* Son las partes y subensamblables que todavía se encuentran en la línea de producción, y que no han sido entregadas a un almacén.

Nótese que los artículos embaucables (aquellos que están terminados, listos para enviarse a los clientes) han sido excluidos de la lista anterior, ya que pueden ser tratados como inventarios de distribución. Más adelante, en el capítulo III, trataremos nuevamente este tópico, con el fin de establecer aquellos atributos que diferencian a los inventarios de manufactura, por el momento señalaremos que a lo largo del presente trabajo nos enfocaremos exclusivamente a este tipo de inventario.

En el siguiente apartado trataremos acerca de las áreas involucradas en la administración de inventarios y muy particularmente del "enfoque" que tienen sobre los mismos.

2. El dilema del nivel de inventario

Los tres grandes objetivos perseguidos por las empresas de manufactura y con los cuales pretenden aumentar o mejorar sus ingresos son :

1. Maximizar el servicio al cliente.
2. Minimizar la inversión en inventarios.
3. Una operación eficiente de la planta (bajo costo). ⁽¹⁾

El mayor problema para alcanzar estos objetivos es que ellos están básicamente en conflicto.

(1) G.W. Floss, D.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques, 1963.*

Un máximo servicio al cliente puede ser logrado si los inventarios son aumentados y mantenidos en altos niveles y la planta de producción es lo suficientemente flexible para poder variar los programas de producción y cubrir las demandas cambiantes de los clientes. Los objetivos 2 y 3 entonces no podrían ser alcanzados.

Los inventarios se pueden mantener bajos si los clientes están dispuestos a esperar por sus productos y si forzamos a la planta a reaccionar rápidamente a los cambios en los requerimientos de los clientes y está dispuesta a tener innumerables interrupciones en la producción.

Una operación eficiente de la planta se puede lograr si los niveles de producción raramente cambian, no se paga tiempo extra y las máquinas trabajan por largos períodos una vez que ellas han sido adecuadas a un producto particular. Esto sin embargo genera grandes inventarios sin garantizar un buen servicio a los clientes, aunque se alcanza el objetivo de maximizar la eficiencia de la planta.

En el mundo de los negocios de la vida real pocas compañías pueden permitirse trabajar con uno sólo de estos objetivos excluyendo a los otros. El control de producción e inventarios esta básicamente comprometido con la provisión de la información necesaria para tomar las decisiones requeridas en el trabajo del día a día y reconciliar estos objetivos en las operaciones de la planta. En las grandes compañías de manufactura la responsabilidad por el servicio al cliente recae en el grupo organizacional de ventas, el cual raramente reconoce alguna responsabilidad por los niveles de inventario y mucho menos por la eficiencia de la planta. Su visión particular de los inventarios es de un "recurso ilimitado", y siente que el departamento de Producción falla cada vez que un artículo no está en existencia. Muy poca gente de ventas es juzgada por su contribución a la rentabilidad de la compañía. Más bien son calificadas únicamente por su habilidad para vender productos.

Por otro lado la gente de manufactura usualmente está poco preocupada por los inventarios y quizás menos por el servicio a los clientes. En efecto, muchos gerentes de planta y superintendentes nunca han pensado en sus actividades desde el punto de vista del cliente. Frecuentemente, la eficiencia de esta gente es medida, no en base a su contribución a los objetivos generales de la compañía, sino más bien a obtener buenas notas en sus propias metas limitadas. Muy pocos superintendentes, por ejemplo, serán calificados por su habilidad para controlar los tiempos de entrega de los productos o por tenerlos siempre en existencia, más bien sus carreras dependen, en gran medida, de su habilidad para sacar la producción y mantener bajos sus costos.

La gente de finanzas siente que los inventarios son un mal necesario, que ata recursos financieros necesarios para otros fines. Reconciliar estos objetivos en conflicto en una compañía moderna, en donde las responsabilidades han sido claramente divididas y donde los gerentes han sido obligados a suboptimizar sus funciones, es realmente un reto. Intentar resolver este problema es la función básica del control de producción e inventarios.

3. Conceptos y Modelos más usuales de la Teoría clásica de inventarios

En este apartado comentaremos algunos de los conceptos y elementos más conocidos en materia de inventarios, como son los costos asociados, el tamaño del lote, el tiempo de entrega, el concepto de punto de reorden, y la administración agregada de inventarios.

3.1 COSTOS ASOCIADOS A LOS INVENTARIOS

En las decisiones de inventarios se involucran las siguientes clases de costos: ⁽¹⁾

3.1.1 Costos por ordenar: Son los que se generan al colocar una orden para la compra de un material a un proveedor, o aquellos asociados con una orden de producción de un lote de ese material a la planta. Se incluyen conceptos tales como: Costo de la papelería, costo del proceso del pago al proveedor, costo de la inspección del lote, costo del transporte si va por nuestra cuenta, costo de preparación de equipos y líneas de producción, desperdicio por calibraciones iniciales, etc.. La suma de estos costos, cuando existen, representa el costo por ordenar un lote.

3.1.2 Costos por manejar inventarios: Estos costos incluyen todos los gastos incurridos por la compañía debido al volumen de inventario manejado. Podemos identificar los siguientes elementos:

- a. *Obsolescencia* - Costos generados por un inventario que ya no es aprovechable, posiblemente debido a cambios en la integración de los productos, en su diseño o simplemente por cambios en la moda, las costumbres o la tecnología.

(1) G.W. Plossl, G.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques, 1963.*

- b. *Deterioro* - Material que estando en inventario se daña, se echa a perder, o caduca, de tal manera que ya no es posible utilizarlo.
- c. *Seguros* - En algunos casos los inventarios deben estar cubiertos por seguros, especialmente cuando son artículos de frágil manejo y alto costo.
- d. *Almacenamiento* - Son los costos de tener una cuadrilla de operarios, incluyendo a un supervisor, para las labores de manejo y mantenimiento de un almacén. Se incluyen costos tales como nómina, depreciación de equipos de manejo y conservación, costos de oficinas, papelería, manejo de kardex, etc..
- e. *Capital* - El dinero invertido en inventario no está disponible para otro uso en la compañía, y en ocasiones este dinero es prestado por un banco, lo que genera intereses que también suelen ser cargados como un costo adicional.

3.1.3 **Costo por escasez:** Son los costos asociados a la falta de disponibilidad de los materiales, ya que genera pérdida de ventas y sobrecostos como son: el manejo "urgente" de embarques, facturación, tiempo extra, y posibles cambios de última hora en programas de producción, falta de inspección y costos asociados a un tamaño de lote demasiado pequeño o incosteable para la producción.

Es difícil determinar con certeza la aplicabilidad de cada uno de los tres costos mencionados anteriormente. Al considerar los *costos por ordenar*, el problema básico se da al tratar de aislar aquellos elementos de costo que varían con el número de ordenes colocadas. Igualmente, el *costo por manejar inventario*, siendo el concepto más ampliamente utilizado, requiere de muchos elementos para integrarlo. Y tales conceptos no son aplicables al mismo tiempo en todos los casos. En el caso de los *costos por escasez*, el problema estriba en la dificultad de asignar un costo al retraso o a la insatisfacción de los clientes. Lo que no hay que perder de vista es la importancia que asume, la determinación de estos costos, en los modelos matemáticos que se estudiarán a continuación.

3.2 TAMAÑO DEL LOTE

En los últimos años, se ha enfocado el problema de determinación de la cantidad a pedir de muy variadas formas, desde las de tipo intuitivo, hasta las más sofisticadas que incluyen programación lineal, haremos un repaso sobre algunas de estas técnicas.

3.2.1 Sistema de reposición por cantidad fija: Este es un sistema de tipo eminentemente "intuitivo". Los elementos básicos de control son los siguientes:

- Se fija el tiempo para surtir cada artículo. Este tiempo puede ser calculado por pronóstico, o en base a su consumo histórico.
- Se fijan las existencias de seguridad requeridas. Para calcularlas se emplean técnicas muy variadas, que van desde la apreciación hasta las matemáticas.
- Se fija el punto de reposición de cada artículo, empleando el tiempo para surtir y las existencias de seguridad.
- Se establece una cantidad fija como cantidad a reponer, la cual se pide cuando se llega al punto de reposición. Tal vez esto sea o no sea el llamado Lote económico de compra, pero carece de importancia por lo que a este sistema se refiere.

Las principales desventajas de este sistema son:

- Las actividades de pedir no reflejan las verdaderas necesidades de ensamble de un artículo. Los pedidos se generan donde no existe una necesidad actual y quizás, ni exista durante algún tiempo.
- Al no haber una vinculación con las estructuras de los productos que se elaborarán, es desconocido el momento en que se requerirán los artículos, por lo que suele suceder que, los primeros que se requieren llegan como si se necesitaran al final y viceversa. En los artículos de niveles múltiples y de utilización común, la complejidad de hacer una identificación de los déficits se convierte en un trabajo abrumador.
- Se pierde la habilidad para asignar prioridades cuando hay necesidad de hacer un pedido urgente, puesto que se asigna un tiempo para surtir independientemente de cuan escaso sea el material. (1)

Lo más lamentable de este sistema es que quizá sea, todavía, uno de los más comunmente encontrados en el medio mexicano. El único caso que justificaría su utilización sería cuando los costos por ordenar fueran tan altos que debiera definirse una cantidad mínima de pedido. En la práctica se encuentra "justificada" por varias razones que van desde las consideraciones del empaque, del embarque, la vida útil (principalmente en artículos perecederos como los alimenticios), de almacenamiento y conservación, etc.

(1) Louis M. Killen, *Técnicas de Administración de Inventarios*, 1971.

A continuación se presenta un modelo en donde se simulan los requerimientos netos de un material para nueve periodos de consumo, y donde se ilustra cómo funcionaría el sistema de reposición por cantidad fija, si esta fuera determinada en 60 unidades:

Periodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	60			60					60	180

3.2.2 Lote Económico de Compra: Este método facilita la determinación del tamaño del lote más económico que se puede comprar y la frecuencia o número de veces que hay que colocar pedidos en el transcurso del año. El sistema usa la demanda futura en unidades, en lugar de la demanda histórica. Si no se conoce el uso anual, se puede inferir como una función de la demanda futura. Se asumen para su integración valores conocidos y constantes: demanda, precio unitario, costo por ordenar un lote, y costo anual por manejar el inventario durante el período que se trate. Aquí se aplica la ecuación general: ⁽¹⁾

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{IC}}$$

Donde:

A = Demanda anual en unidades.

S = Costo por ordenar un lote.

EOQ = Es el lote económico de compra.

I = Costo anual por manejar inventario.

C = Costo unitario.

Quando la cantidad de los lotes de compra y los lapsos de consumo entre pedido y pedido son iguales a lo largo del año, el inventario promedio es la mitad del lote de compra. Una entrada al almacén de un lote completo es seguida del consumo calculado durante el tiempo entre pedido y pedido. Para ilustrar su funcionamiento asumiremos los siguientes costos asociados:

$$S = \$100, \quad C = \$50, \quad I = \$0.24 \text{ (anual)}, \quad A = \frac{(150)(12)}{9} = 200$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(200)(100)}{(0.24)(50)}} = 58$$

(1) Billy E. Gillet, *Introduction to Operations Research: A Computer Oriented Algorithmic Approach*, 1976.

La cobertura para el mismo ejemplo usado anteriormente es la siguiente:

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	58			58				58		174

Como se indicó anteriormente se asumen valores conocidos y constantes, nótese que la demanda anual en unidades se tuvo que "proyectar", dado que sólo se conocían los requerimientos de nueve períodos, y que el consumo no es constante en cada período. La eficacia de la fórmula para cantidad económica de pedido, en el medio ambiente de manufactura, se disminuye sensiblemente entre más discontinua y no uniforme sea la demanda.

Por el momento baste con mencionar esta fórmula, una de las muchas que se pueden usar, en el capítulo II se hará un resumen de su derivación.

3.2.3 Lote a lote: Esta técnica algunas veces conocida como *ordenación discreta*, es la más simple y directa de todas. Provee cobertura de los materiales en forma dinámica, ya que debe ser recalculada cada vez que halla cambios en los requerimientos. Al usar esta técnica se minimiza el costo de llevar inventario. Es usada muy frecuentemente para artículos de alto costo, y para artículos con una demanda altamente discontinua. Asimismo los artículos con un alto volumen de producción o que tienen que pasar por procesos altamente especializados, o de producción continua, (equivalente a una adecuación permanente de la línea de producción), son candidatos a usar esta técnica. A continuación se detalla un ejemplo del uso de esta técnica. (1)

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	35	10		40		20	5	10	30	150

En pocas palabras, no es necesario manejar más que la cantidad mínima indispensable para cubrir el requerimiento del artículo solicitado.

(1) W. L. Berry, Lot sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis, 1972.

3.2.4 Cantidad por periodo fijo: Esta técnica es equivalente a la antigua regla de ordenar "X meses" de consumo, tan frecuente en los sistemas de reemplazo de existencias, con la sola excepción de que aquí la cantidad a reemplazar es determinada, no por pronóstico, sino por utilizar los requerimientos futuros en forma discreta. El comprador especifica que tantos periodos de cobertura deben considerarse en cada orden. En el sistema de reposición por cantidad fija, la cantidad es constante y se puede variar el intervalo de ordenación, inversamente en el sistema de cantidad por periodo fijo, el intervalo de ordenación es constante y lo que varía es la cantidad a ordenar. Por ejemplo si se especifican dos periodos de requerimientos por cada orden colocada, esta técnica se vería de la siguiente manera:

Periodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	45			40		25		40		150

Nótese que, en el caso de que el requerimiento para un periodo sea cero, entonces se extiende el número de periodos incluidos en cada orden.

3.2.5 Cantidad a ordenar por periodo (POQ): Esta técnica popularmente conocida como POQ, está basada en el EOQ clásico (lote económico de compra), modificado para usarse en un medio ambiente de periodos con demanda discreta. Usando la demanda futura en un programa de requerimientos netos, se calcula el EOQ a través de la fórmula estándar, para determinar el número de ordenes anuales que deberán ser colocadas. El número de periodos de planeación que constituyan un año deberá dividirse por esta cantidad para determinar el intervalo de ordenación. La diferencia básica con el sistema de cantidad por periodo fijo es que el intervalo de ordenación es calculado. Ambas técnicas evitan los remanentes, de tal forma que se disminuyan los costos asociados al manejo de existencias. Con respecto al sistema de lote económico de compra (EOQ) es más efectivo, ya que aunque tienen ambos el mismo costo por pedir, el costo por llevar inventario es menor con el sistema de cantidad a ordenar por periodo. La siguiente figura muestra el comportamiento de esta técnica: ⁽¹⁾

Periodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	85					35			30	150

(1) W. L. Berry, Lot sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis, 1972.

La principal desventaja estriba en que, si coincidieran varios períodos con demanda cero, situación nada extraordinaria, entonces se fuerza a la técnica a pedir menos veces que las consideradas originalmente.

3.2.6 Costo mínimo unitario (LUC): Esta técnica y la siguiente tienen varias cosas en común, ambas permiten que el intervalo de ordenación y la cantidad a pedir varíen, comparten también la premisa de que el inventario se consume en forma discreta y *al principio de cada período*, lo que significa que una porción de cada orden es consumida al momento de llegar al almacén por lo cual no incurrir en el costo de llevar inventario. El cálculo del costo de llevar inventario, por esta razón, no se calculará en base al inventario promedio. El método, que se explica de una manera muy simplista como de "prueba y error", consiste en sumar los requerimientos netos de dos o más períodos contiguos, tomándose la decisión en base al costo unitario calculado para cada una de las cantidades sucesivas. El que tenga el costo unitario menor es considerado como el tamaño de lote. A continuación se muestra un ejemplo de la operación de esta técnica:

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	45			60			45			150

La principal desventaja de esta técnica estriba en el hecho de que se considera solamente un lote a la vez, y en la práctica es muy frecuente que el costo unitario varíe ampliamente de un lote al siguiente.

3.2.7 Costo mínimo total (LTC): Esta técnica está basada en el razonamiento de que la suma de los costos de colocar y llevar inventario para todos los lotes sean tan iguales como sea posible, de la misma manera que en el enfoque usado para el EOQ. Se intenta alcanzar este objetivo ordenando cantidades de tal forma que la suma del costo por ordenar se asemeje lo más posible a la suma de los costos por llevar el inventario, esto es logrado a través del cálculo de un factor conocido como período-artículo económico, o EPP. Este factor es equivalente a los medidores tales como kilómetros recorridos por persona o años-hombre, pero aplicado a unidades de un artículo llevado en inventario por un período. Se obtiene dividiendo el costo por ordenar entre el costo unitario por período de un artículo mantenido en inventario. Usando los datos del ejemplo tendríamos:

$$EPP = \frac{S}{I_p C} \quad EPP = \frac{\$100}{(0.02)(50)} = 100$$

$$\text{Donde: } I_p = \frac{1}{\text{periodos por año}} = \frac{\$0.24}{12} = 0.02 \text{ si cada periodo es un mes.}$$

Revisando en el modelo la cantidad que se aproxima más a *EPP* se tienen que sumar los requerimientos netos de cada periodo por el número de periodos en que se mantendrán en inventario, acumulando los resultados hasta que la cantidad sea lo más parecida al *EPP*. En el ejemplo esto sucede en el cuarto periodo, donde con un tamaño de lote de 85 se tienen 130 periodos-artículo acumulados (1).

El modelo resultante se muestra a continuación:

Periodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	85					65				150

La única consideración que debe tener en mente el planeador al usar esta técnica es si efectivamente se tendrá el mínimo costo cuando son iguales el costo de ordenar y el de llevar inventario, ya que se asume que los consumos son efectuados al principio de cada periodo y esto provoca que en el primer periodo no se incurra en ningún costo por llevar inventario, lo cual "mueve" el costo por llevar inventario un periodo adelante y posiblemente sólo alcance un costo relativamente bajo, pero no el más bajo o mínimo.

3.2.8 Algoritmo de Wagner-Whitin (W-W): Esta técnica utiliza un procedimiento de optimización basado en un modelo de programación lineal (2). El procedimiento completo no se describirá aquí, sino una versión muy simplificada, la cuál será detallada en el capítulo IV.

(1) W. L. Berry, Lot sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A Framework for Analysis, 1972.

(2) H.M. Wagner, T.M. Whitin, Dynamic Version of Economic Lot Size Model, 1958.

Básicamente, se evalúan todas las posibles formas de ordenar para cubrir los requerimientos netos en cada período, logrando una estrategia de ordenación óptima para el programa completo. Lo más importante es que en realidad no tiene necesidad de evaluar todas las posibilidades, sino que alcanza la mejor estrategia de una manera más directa. El modelo asociado a la aplicación de este algoritmo se detalla a continuación:

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tota
Requerimientos Netos	35	10		40		20	5	10	30	150
Cobertura Planeada	45			65				40		150

El costo total combinado de ordenar y de llevar inventario es mínimo con este método. Se mencionan como desventajas importantes para su utilización, la complejidad de los cálculos, lo que obliga a usar computadoras para su solución y sobre todo lo difícil de explicar a los planeadores de Compras ⁽¹⁾. En nuestros tiempos la primer desventaja ha desaparecido totalmente. Es posible hallar en el mercado una gran diversidad de computadoras, y por otro lado nunca antes como ahora había existido la enorme cantidad de programas listos para usarse. La segunda desventaja ha sido más difícil de eliminar. En este trabajo mencionaremos un enfoque que simplifica ampliamente el modelo original logrando resultados similares ⁽²⁾.

En resumen... Hemos presentado algunas técnicas que ayudan a resolver el problema del tamaño del lote. Su aplicación práctica depende de las necesidades específicas del tipo de inventarios que se manejen. Un punto importante es que se ha usado un modelo muy simple para evaluar cómo se vería su funcionamiento en la práctica. Los costos totales calculados para cada una de las técnicas, asumiendo \$1 por período-parte, son:

Método	Órdenes colocadas	Costo de colocar	Costo por mantener inventario	Costo Total
W-W	3	300	95	395
LUC	3	300	120	420
LTC	2	200	245	445
POQ	3	300	155	455
EOQ	3	300	206	506

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, Production and Inventory Control. Principles and Techniques, 1963.

(2) J.M. Fordyce, F.M. Webster. The Wagner-Whitin Algorithm made simple, 1984.

Es importante mencionar que la eficacia de estas técnicas se ve afectada por factores tales como: la variabilidad de la demanda, el tamaño del periodo de planeación, el número de periodos considerados, los costos unitarios por artículo y los costos por ordenar. Al determinar cuales de estas técnicas se usarán debe tenerse en mente que su efectividad real sólo puede ser medida en forma retrospectiva.

3.3 EL TIEMPO DE ENTREGA

En las industrias de manufactura, los inventarios existen como un resultado de los procesos de producción o para soportar la producción. No importando si son manufacturados o comprados, los artículos que integran estos inventarios deben estar presentes en el momento en que sean requeridos. Uno de los factores críticos a considerar para que lleguen a tiempo los materiales es el *tiempo de entrega* (Lead time). En palabras simples es *el tiempo que lleva reemplazar los inventarios*.

En el caso de productos manufacturados, los elementos que lo componen son los siguientes: ⁽¹⁾

- a) Tiempo necesario para el arranque de la línea de producción (Setup time).
- b) Tiempo indispensable para el proceso de producción (Running time).
- c) Tiempo de formación esperando servicio de algún equipo (Queue time).
- d) Tiempo necesario para transportación entre equipos (Move time).
- e) Tiempo gastado en esperar a ser movido (Wait time).

El conocimiento real de estos tiempos es un factor de la mayor importancia para efectos de la planeación de los niveles de inventario. En estudios realizados en algunas empresas norteamericanas, se obtuvo que el 10% del tiempo de entrega correspondió a la suma de los tiempos de arranque de las líneas de producción a) y el indispensable para el proceso de producción b). El elemento más difícil de controlar, fue identificado como el tiempo de formación esperando servicio de algún equipo ocupado c), ya que, usualmente, es donde se consume la mayoría del tiempo de entrega.

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, *Production and Inventory Control Principles and Techniques*, 1963.

La falta de control y de atención en este importante factor genera los problemas de exceso de inventarios de subensambles y componentes en proceso, generando que los espacios dentro de la planta continuamente estén ocupados por componentes incompletos, y en consecuencia la gente de producción suela aumentar innecesariamente los tiempos de entrega de sus productos. La resolución de este tipo de problemas recae en la función de Planeación de Capacidades de Producción, y es un punto que no se tratará en este trabajo. Únicamente indicaremos que el tiempo de entrega de manufactura debe ser conocido para la mayoría de los artículos que se produzcan.

En el caso de artículos comprados el tiempo de entrega es el número de días, semanas o meses que tarda un pedido de compra en llegar al almacén, después de haber sido solicitado al proveedor ⁽¹⁾.

En ambos casos el conocimiento del tiempo de entrega debe estar basado en datos reales, no únicamente en los tiempos estimados tanto por producción como por los proveedores. El registro de eventos, tales como la colocación de las ordenes de producción o de compra a los proveedores, como de la fecha de recepción en el almacén, en los casos que sea posible, permitirá tener bases estadísticas para determinar los tiempos de entrega confiablemente.

3.4 EL PUNTO DE REORDEN

En los apartados anteriores se presentaron algunas técnicas que nos ayudan a responder *Cuánto* ordenar. En este apartado trataremos de presentar el enfoque más conocido para determinar *Cuándo* ordenar. El primer enfoque estadístico del punto de reorden fue presentado por R.H.Wilson en 1934 ⁽²⁾, en esa época no tenían posibilidades prácticas para sacar algún provecho, y no fue sino hasta después de la segunda guerra mundial que se empezó a utilizar con mayor frecuencia. En términos generales se ha planteado que se debe ordenar basándose en el nivel de servicio que se desee tener. Si las ordenes de compra o producción no son colocadas a tiempo es probable que no se mantengan los artículos cuando se necesiten

(1) Alfonso García Cantu, Enfoques Prácticos para planeación y control de inventarios, 1978.

(2) R.H.Wilson, A Scientific Routine for Stock Control, Harvard Business Review, Vol. 13, 1934.

Por otro lado, si se colocan demasiado temprano, se llevarán inventarios altos durante mucho tiempo, aumentando los costos por este concepto. En la práctica, y basta con asomarse a cualquier empresa de manufactura mexicana, se tiende a trabajar de una manera muy conservadora, prefiriendo soportar los costos de grandes inventarios a disminuir el nivel de servicio al cliente. Quizá parte de esta sensación de "cubrirse las espaldas" es debido a la inconsistencia de los proveedores para entregar a tiempo sus artículos. Sin embargo, frecuentemente, también sucede lo contrario, se deja agotar al máximo el inventario, ya que se puede obtener el artículo en un lapso de tiempo muy breve, o los costos por agotamiento son muy bajos (no hay penalización por no entregar a tiempo). Dejaremos de lado estos importantes detalles para ser analizados en el capítulo IV, por el momento nos enfocaremos a la presentación de algunas técnicas para determinar el momento adecuado para ordenar.

Sistema de doble almacén: Es una cantidad predeterminada de inventario para cada artículo puesta en un almacén aparte, o en un rincón, y que no es tocada sino hasta que la existencia normal ya ha sido agotada. Cada vez que se inicia el consumo de este segundo almacén se notifica al comprador para que coloque una orden de compra o de producción.

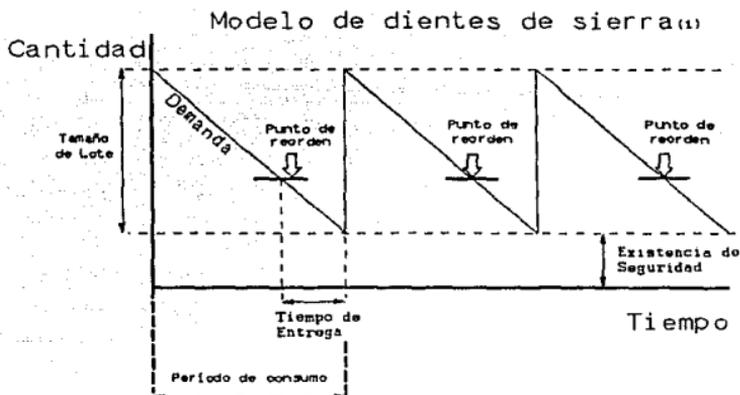
Sistema de revisión visual: El nivel de existencia es checado en forma periódica por medio de un inventario físico del artículo, comparándolo contra una existencia "mínima" y si es menor a esta existencia entonces se coloca un a orden para reemplazar el inventario hasta llegar a una cantidad fija predeterminada conocida como un "máximo". Este es el sistema más utilizado en México, y muy ampliamente explotado por los desarrolladores de "Sistemas de Control de Inventarios".

Sistema de Punto de reorden (Cantidad fija - Ciclo variable): Se considera un consumo constante y un tiempo de entrega bien conocido, de tal manera que basado en el tiempo de entrega se define un nivel de inventario tal que, al ser alcanzado, se dispara una orden de reemplazo por una cantidad predeterminada, generalmente el lote económico de compra (EOQ).

Sistema de revisión periódica (Ciclo fijo - Cantidad variable): Los registros de inventario son checados periódicamente, quizás una vez a la semana o al mes, y se determina la cantidad necesaria para alcanzar un "máximo" predeterminado, que sirve para colocar la orden de reemplazo de existencias

Sistema de Planeación de requerimientos de materiales: Los artículos son ordenados en cantidades y tiempos programados de acuerdo a un plan de producción.

Todos estos sistemas, salvo el último, son variantes de un mismo concepto: determinan una cantidad a colocar una vez que se ha alcanzado un nivel de inventario. El modelo asociado a este enfoque es conocido como *modelo de dientes de sierra* y es el siguiente:



Los factores que afectan más a este tipo de modelo son: la demanda y el tiempo de entrega. Conocemos como *Demanda* a los requerimientos totales de un artículo en un período de tiempo dado. El *tiempo de entrega* (lead time) es el tiempo que transcurre desde que se coloca una orden de compra o producción, hasta que el artículo está disponible para su uso en el almacén. El *punto de reorden* consiste en una estimación de la demanda durante el tiempo de entrega, más una *existencia de seguridad*, que es una cantidad de reserva para protegerse de la eventualidad de que ni el tiempo de entrega, ni la demanda sean estimados con certidumbre. Algunas características importantes de estos sistemas son:

- Las cantidades ordenadas (EOQ o tamaño de lote) son usualmente fijas y recalculadas solo cuando hay cambios significativos en la demanda.

(1) Alfonso García Cantú. Enfoques Prácticos para planeación y control de inventarios, 1978.

- El punto de reorden es fijo y checado ocasionalmente, solo cuando hay variaciones importantes en los tiempos de entrega.
- Los intervalos entre ordenes sucesivas no son constantes sino que varían inversamente con respecto a la tasa de consumo: a mayor demanda será más corto el intervalo entre las ordenes.
- El inventario promedio anual es igual a la mitad de la cantidad ordenada más la existencia de seguridad.

El punto de reorden es la suma de dos elementos: La demanda anticipada durante el tiempo de entrega y la existencia de seguridad. Mientras que la determinación de puntos de reorden por inspección parece una idea atractiva y simple, su aplicación práctica resulta sumamente engorrosa. Se requieren grandes cantidades de datos históricos para determinarlo. Sin embargo en una situación típica de negocios, mientras más datos históricos se tengan, menos representativos son de lo que sucede en estos momentos, y menos aún de lo que sucederá en el futuro.

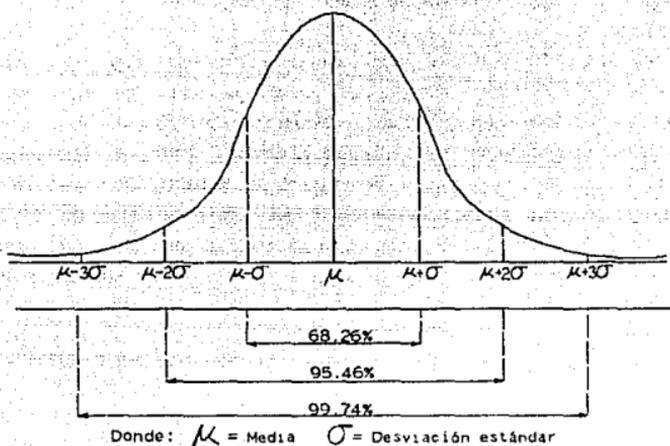
La determinación del punto de reorden requiere la evaluación de ambos factores: La demanda durante el tiempo de entrega y la existencia de seguridad. La demanda durante un periodo de tiempo debe ser determinada por algún tipo de pronóstico, del cual se presentará un ejemplo en el siguiente apartado. La existencia de seguridad requiere calcularse en función de la habilidad para pronosticar la demanda con precisión, la duración del tiempo de entrega, el tamaño de la cantidad ordenada y el nivel de servicio requerido.

Un método que tiene gran aceptación es el que supone que la demanda está distribuida normalmente, es decir que sigue una distribución normal. En esta se asume que la media, una medida de tendencia central, se encuentra en el punto medio de una campana y es el valor más probable que ocurra, además de que la variación de los valores a los lados de la media son conocidos por medio de la desviación estándar, medida de dispersión, concentrándose más en el centro y dispersándose hacia los lados.

En la siguiente página se muestra un ejemplo de la distribución normal: (1)

(1) W. Merrill, K. Fox, Introducción a la estadística económica, 1972.

Distribución Normal



Para aplicar adecuadamente este concepto se asumen las siguientes condiciones:

La distribución de la demanda es unimodal. Esto significa que existe un único valor más frecuente (la moda), coincidente con la demanda promedio.

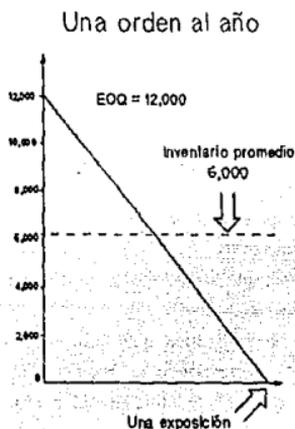
La distribución de la demanda es simétrica. Esto es, que los valores de la demanda se distribuyen en proporciones iguales a los lados de la media.

La media de la demanda es pronosticable. Lo que significa que para usar la distribución normal el promedio real de la demanda corresponde al promedio del pronóstico, (el pronóstico es exacto). Para mayor seguridad se utiliza la técnica de suavización exponencial simple (simple exponential smoothing) para detectar variaciones aleatorias, y poder afinar el pronóstico regularmente.

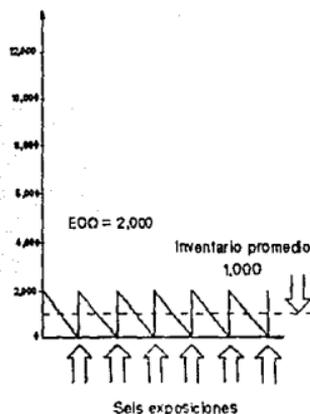
La existencia de seguridad calculada deberá ser mayor para los artículos que tengan una desviación estándar alta, es decir, artículos con mayor variabilidad. Inversamente, la existencia de seguridad deberá ser menor para aquellos artículos con una demanda más estable, es decir cuya desviación estándar es menor. Habiendo hecho estos comentarios acerca de las características de la distribución normal el cálculo del punto de reorden y de la existencia de seguridad es directo. Se debe definir la demanda esperada durante el tiempo de entrega y el factor de seguridad deseado, por ejemplo, añadir una vez la desviación estándar provee una seguridad del 68% en el nivel de servicio (véase la figura

anterior), añadir 2 veces la desviación estándar provee una seguridad del 95%, y así sucesivamente.

En resumen, podemos afirmar que el punto de reorden está diseñado para cubrir la demanda durante el tiempo de entrega, de forma tal que, una orden de producción o compra sea colocada a tiempo para que el material sea recibido en el almacén antes de que la existencia sea consumida en su totalidad. El tiempo de entrega es el tiempo crítico en que puede suceder un agotamiento del material, por lo tanto debe considerarse que cada vez que se activa el punto de reorden se está expuesto a quedar sin existencias (agotamiento), el tamaño del lote puede ser un elemento útil para evitar esta situación. Los siguientes diagramas presentan gráficamente el caso de una sola exposición al agotamiento, y el de tener seis exposiciones (1):



Seis ordenes al año



Se puede ofrecer el nivel de servicio, calculándolo como una función del número de veces que se puede permitir el quedar expuesto al agotamiento.

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, Production and Inventory Control Principles and Techniques, 1963.

Al planear el número de recambios de inventario (exposiciones al agotamiento) que se desea tener, o se puede permitir, a lo largo del año, debe tomarse en consideración la relación entre la cantidad ordenada y la existencia de seguridad. Como se puede notar en el ejemplo la cantidad más pequeña en el lote económico (EOQ) genera seis exposiciones y requerirá por lo tanto una existencia de seguridad más grande. Por el otro lado, la cantidad grande del lote económico genera solamente una exposición y podría considerarse innecesario el manejo de una existencia de seguridad. Posteriormente, en el capítulo II se detallarán el método estadístico-matemático que se usa para el cálculo del punto de reorden.

3.5 LA ADMINISTRACIÓN AGREGADA DE INVENTARIOS

Más que una técnica o conjunto de ellas la Administración agregada de inventarios es un concepto, a continuación trataremos de definirlo y ejemplificar con algunas técnicas que son comúnmente aplicables. Los inventarios representan uno de los activos más importantes de la empresa, por tal razón, el interés de la alta Dirección está centrado en los inventarios como un todo. La administración agregada de inventarios se ocupa de las políticas y procedimientos generales para el control de los grandes números. Se puede estimar conveniente la fijación de una cifra máxima de inversión en el inventario total y derivar de ella las políticas aplicables a la inversión que corresponderá a cada artículo en particular. Con tal restricción, los resultados obtenidos al aplicar las técnicas, revisadas en los apartados anteriores, se verán afectados por las políticas que se fijen sobre la inversión en inventarios. El propósito de las técnicas de inventario agregado es aplicar un criterio uniforme a los artículos que son agrupables por tener características comunes, es decir, que son adquiridos a un solo proveedor, que se obtienen de un mismo equipo de producción, artículos que comparten una misma área de almacenamiento, etc. Los elementos usados para definir estas políticas, generalmente están referidos a los costos. Al aplicar una técnica que proporciona un costo mínimo para un artículo, sólo se está logrando una mejora parcial, el enfoque de la administración agregada de inventarios es considerar a los artículos que comparten características comunes buscando lograr una mejora global. Las áreas en que se ha desarrollado más este enfoque son las que se refieren al tamaño de lote total y la relación entre la inversión en inventario total y el nivel de servicio al cliente. A continuación se presentan sus aspectos más relevantes.

Con respecto al *tamaño de lote total* empezaremos afirmando que, la falta de una política establecida no logrará obtener resultados satisfactorios, los métodos intuitivos

raramente son económicos y la aplicación inadecuada de las fórmulas de lote económico de compra tampoco logrará ningún beneficio tangible. Como se mencionó en el apartado 3.1 el costo de llevar un inventario no siempre se integra de la misma forma, y dependiendo de su magnitud afectará el tamaño del lote reduciéndolo o aumentándolo. Consideremos la siguiente fórmula simplificada del EOQ ⁽¹⁾:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{I}}$$

En 1961 R.G. Brown ⁽²⁾ sugirió que el costo de llevar inventario *I* debería ser considerado como un elemento variable de las políticas de administración de inventarios, con el fin de controlar el tamaño del lote. Esta interpretación del significado real de *I* ha sido considerada la clave del manejo del EOQ para la administración del tamaño del lote. Pero este es un enfoque puramente teórico, otras consideraciones, y limitantes, de la vida real que tienen que ser tomados en cuenta son:

1. El espacio disponible en los almacenes.
2. El número de ordenes de compra o producción que manejará el planeador del inventario.
3. El número máximo de cambios que pueden ser efectuados en las líneas de producción.
4. El tiempo improductivo del equipo al permanecer detenido entre cambios de línea.
5. El dinero disponible para invertir en inventarios.

El balance entre el servicio al cliente y la inversión en inventarios raramente será resultado de una política bien pensada por la Dirección de una empresa, ya que no siempre es reconocida su interrelación, más bien se les considera variables independientes.

(1) G.W. Floss, O.W. Wight, *Production and Inventory Control. Principles and Techniques*, 1963.

(2) R.G. Brown, "Use of the Carrying Charge to Control Cycle Stocks", *APICS Quarterly Bulletin*, July 1961.

En la mayoría de las empresas la inversión en inventarios ha sido determinada intuitivamente, y el uso de los métodos estadísticos podría mejorar notablemente la relación entre la inversión en inventario y el servicio al cliente. El número de artículos manejados en inventarios puede llegar a miles en la mayoría de los negocios, y no es práctico ni significativo, desarrollar y analizar datos estadísticos generados para cada artículo en particular. Aunque el departamento de producción pueda determinar el nivel de inventario requerido para cada artículo, esto no debiera ser hecho sino hasta después de que la Dirección del negocio haya establecido el nivel de servicio que será ofrecido. La determinación del nivel de inventario para cada artículo individual es indispensable para apoyar el trabajo que desempeña el planeador del inventario, pero, en los altos niveles de administración, el principal interés está centrado en la inversión total en inventarios.

4. Pronósticos de ventas

Toda la planeación de una compañía está enfocada hacia el futuro. Lo pasado está fuera del alcance para poder hacer algo al respecto, sin embargo, los datos que han sido registrados de los sucesos pasados, pueden orientarnos con respecto a lo que puede suceder en el futuro inmediato. El punto de partida de las operaciones de un negocio está en los pronósticos de ventas, y hay uno para satisfacer diferentes objetivos: el departamento de mercadeo requiere uno para determinar la potencialidad de los mercados, el departamento de ingeniería de planta desea conocer los requerimientos por un período de al menos 5 años para determinar la capacidad de la planta, adquirir nuevas naves industriales, desarrollar nuevos procesos de producción, etc.

En la figura de la siguiente página se presenta un sumario de los muchos pronósticos que pueden ser manejados por una compañía de manufactura (1):

(1) G.W. Ploss, O.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques*, 1963.

Pronóstico	Requerido por:
1. Del incremento en los ingresos familiares.	- <i>Mercadeo</i> para determinar el potencial total del mercado
2. De requerimientos para los próximos 5 años.	- <i>Producción</i> para planear las expansiones futuras la planta.
3. Del número de horas de ocupación de equipos por los próximos 2 años.	- <i>Producción</i> para definir su gasto total en activos fijos (bienes de capital).
4. De ventas para el próximo año.	- <i>Ventas</i> para fijar sus metas de venta. - <i>Finanzas</i> para fijar presupuestos de gastos. - <i>Producción</i> para calcular capacidades de planta y requerimientos de mano de obra.
5. De ventas para el próximo cuatrimestre.	- <i>Producción</i> para definir sus requerimientos de mano de obra, planeación de artículos component y de manufactura.
6. De ventas para la próxima semana.	- <i>Producción</i> para preparar sus programas de ensamble y prioridades de despacho.

A pesar de que todas las áreas pueden usar un pronóstico, hay ocasiones en que estos pueden estar en conflicto, por ejemplo, la gerencia general puede estar preocupada por el pronóstico de embarques, dado que estos generan los ingresos de la compañía, y sin embargo el gerente de ventas puede estar más interesado en un pronóstico excesivamente optimista, pensando en establecer metas retadoras para sus vendedores. Entre las muchas clasificaciones de pronósticos que pueden hacerse está la siguiente:

Pronósticos a largo plazo: Necesarios para planear la capacidad de planta y las expansiones del negocio. Deben efectuarse con al menos cinco años de anticipación.

Pronósticos de alcance medio: Util para planear adquisiciones de materiales con extenso tiempo de entrega. Permiten tomar en cuenta los elementos cíclicos y estacionales del consumo de los productos.

Pronósticos a corto plazo: Para planear requerimientos con una anticipación de tres a seis meses, por ejemplo: colocar ordenes de compra de componentes.

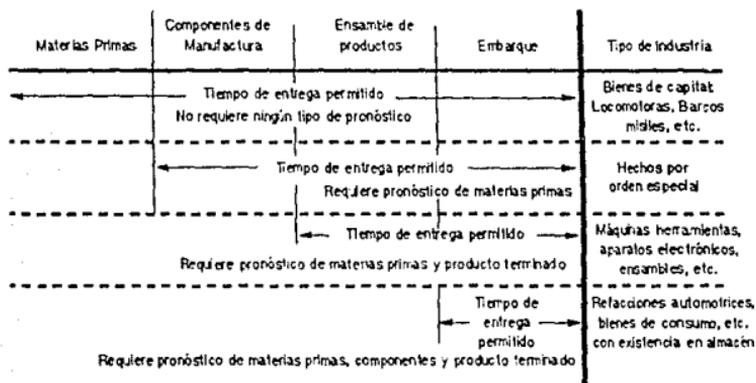
Demandas para el futuro inmediato: Permite definir los programas de ensamble, distribución de productos terminados en una base semanal o diaria.

Los pronósticos de largo plazo no se incluirán en este trabajo, ya que incluyen factores muy complejos y que desviarían nuestra atención. Nos enfocaremos más bien al tipo de pronósticos que permiten a una compañía planear sus inventarios.

Los pronósticos que necesita un negocio dependen de la relación entre la duración del ciclo de manufactura y el tiempo de entrega al cliente. Si los clientes pueden esperar a

que la compañía determine qué materiales son necesarios, los adquiera, los procese y finalmente los entregue, entonces no hay necesidad de efectuar ningún tipo de pronóstico. Pero la realidad del medio de manufactura es totalmente diferente, pocos clientes pueden esperar por los artículos que necesitan, la ventaja competitiva de un negocio se encuentra entonces en la disminución de sus tiempos de entrega. Una clasificación que ejemplifica esta relación es la siguiente (1):

Tiempo de entrega permitido vs. Pronóstico requerido

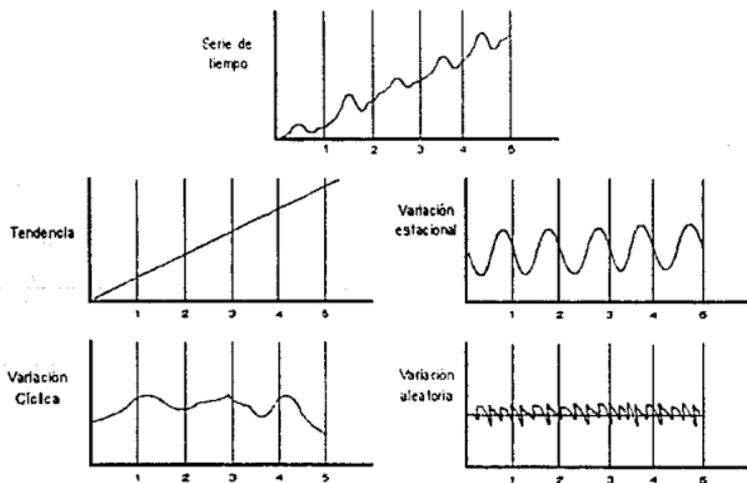


Ya sea en forma directa, con productos similares a los nuestros, o indirecta, con otros productos que demandan la disponibilidad de efectivo de nuestros clientes, los factores relativos a la competencia siempre deberán ser tomados en cuenta. Ningún negocio puede ver con negligencia lo que están haciendo sus competidores, por lo que debería efectuar evaluaciones del impacto que las acciones de ellos tendrán en los propios productos. Las tendencias en el mercado, incluyendo los cambios en los gustos y deseos de los clientes, los cambios en la moda, en la tecnología, etc. son otros factores que deben considerarse como elementos que inciden en las ventas. Ningún pronóstico será válido si no toma en consideración todos estos factores.

(1) G. W. Plossl, O. W. Wight, *Production and Inventory Control. Principles and Techniques*, 1963.

Algunos principios básicos para elaborar pronósticos son: Los pronósticos son más exactos para grandes grupos de artículos, y cortos periodos de tiempo, deben incluir una estimación de error y los métodos a usar deben estar probados suficientemente. Deliberadamente dejaremos de lado los pronósticos basados únicamente en elementos de "juicio", como pueden ser las opiniones expertas de individuos con muchos años en el negocio, ya que por el momento no es posible manejar, en forma simple, tales elementos. Lo que no debemos perder de vista es que muy pronto será posible combinar los métodos matemáticos y estadísticos con estos elementos de juicio convertidos en *sistemas expertos*.

En este trabajo examinaremos dos de las herramientas de pronóstico más usuales, la primera es una técnica de *análisis de regresión simple* (mínimos cuadrados) útil para extrapolar la demanda futura del próximo periodo, calculada a partir del registro de datos históricos, sin importar los sucesos del pasado inmediato. La segunda es la técnica de *análisis de series de tiempo**, la cual permite conocer los elementos principales de una serie de demanda como son los factores de tendencia, variación ciclica, variación estacional y otras variaciones aleatorias. Un diagrama que permite ver la diferencia básica entre estos factores es el siguiente (1):



(1) G.W. Flossl, G.W. Wight, Production and Inventory Control, Principles and Techniques, 1963.

La *tendencia* es el comportamiento general de una serie de tiempo, y se caracteriza por proyectar los valores, en una gráfica, hacia arriba, hacia abajo, o permaneciendo estático en un determinado nivel a lo largo de un periodo de tiempo. La *variación cíclica* se presenta en forma impredecible e irregularmente, no tienen una tendencia definida y se puede observar en largos periodos de tiempo. La *variación estacional* se refiere a los valores que se presentan siempre en la misma época del año, ejemplos de este tipo son la venta de artículos navideños, de productos agrícolas de temporada, etc. La *variación aleatoria* se debe a la combinación de otras influencias como los sucesos económicos o políticos.

Cuando no se dispone de otros indicadores confiables y se tiene que establecer un pronóstico a la mayor brevedad, el método más apropiado, por la sencillez de su cálculo, es el de mínimos cuadrados.

El método de mínimos cuadrados permite minimizar la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los puntos observados en una serie y los puntos pronosticados en la recta denominada línea de ajuste. La ecuación establecida para el pronóstico de la demanda es:

$$Y_p = a + bX \quad \text{Donde:}$$

Y_p = Valor pronosticado de la tendencia,

X = Período de tiempo,

a = Valor de Y_p en el origen (abcisa),

b = Pendiente o tasa de aumento o disminución en Y_p por cada cambio unitario en X .

* El *análisis de regresión simple* está enfocado a estimar la relación que existe entre dos variables X y Y . Una de las técnicas más usadas en temas administrativos y científicos, para encontrar la recta de regresión es la de *mínimos cuadrados*, la que esencialmente permite establecer un modelo lineal ajustando los valores de una variable a una recta. Una *serie de tiempo* es una secuencia de valores para una variable, tomados cada uno de un número sucesivo de periodos de tiempo. El *análisis de series de tiempo* se enfoca a identificar el patrón de los cambios que ocurren en los valores de una variable en el tiempo (horas, días, semanas, meses o años) ⁽¹⁾.

(1) W. Merrill, K. Fox, *Introducción a la Estadística económica*, 1972.

Las ecuaciones necesarias para determinar los valores de a y b son:

$$\sum Y_i = na + b \sum X_i \quad \text{de donde } a = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\sum X_i Y_i = a \sum X_i + b \sum X_i^2 \quad \text{de donde } b = \frac{n \sum Y_i X_i - \sum Y_i \sum X_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Donde n es el número de parejas de datos que se están considerando para los cálculos.

Por otro lado tenemos que para el análisis de series de tiempo hay varias técnicas que van desde las muy elementales, como la de promedios móviles, hasta las más elaboradas de ajuste exponencial ponderado y cuya finalidad es eliminar el factor aleatorio de una serie. La técnica de *promedios móviles* se basa en la suavización de los efectos provocados por las variaciones aleatorias, creando una serie de tiempo artificial calculada a partir del promedio de una observación anterior y la observación siguiente, de tal forma que se generan puntos intermedios entre las observaciones reales, los cuales disminuyen las desviaciones. Entre sus desventajas están que se requiere conservar todas las observaciones efectuadas, no se puede calcular valores para el primer periodo ni el último, y que sus resultados no son muy útiles para pronosticar sino a muy corto plazo. Con el método de promedios móviles las observaciones son calculadas dando la misma importancia a cada valor. Un método que permite dar mayor peso a las observaciones que se considere más conveniente es el de promedio ponderado, el cuál supera las desventajas del promedio móvil ya que es fácil de usar y no requiere conservar todos los datos históricos. El método para controlar la variación aleatoria de una serie de tiempo es llamado ajuste exponencial simple y puede ser establecido de la siguiente manera.

nuevo pronóstico = pronóstico anterior + α (valor último - pronóstico anterior)

En términos matemáticos la fórmula sería la siguiente:

$$\hat{X}_n = \hat{X}_{n-1} + \alpha (X_n - \hat{X}_{n-1}) \quad \text{Donde:}$$

\hat{X}_n = El valor promediado de la variable X en el n -ésimo periodo.

\hat{X}_{n-1} = El promedio exponencial ajustado de los valores al final del periodo anterior.

α = La constante de suavización (alpha), que significa el peso que tendrá el valor de

X_n

Para ilustrar gráficamente el uso de las técnicas de mínimos cuadrados y de promedio exponencial ponderado para efectos de pronóstico se presenta a continuación un ejemplo:

Período Demanda

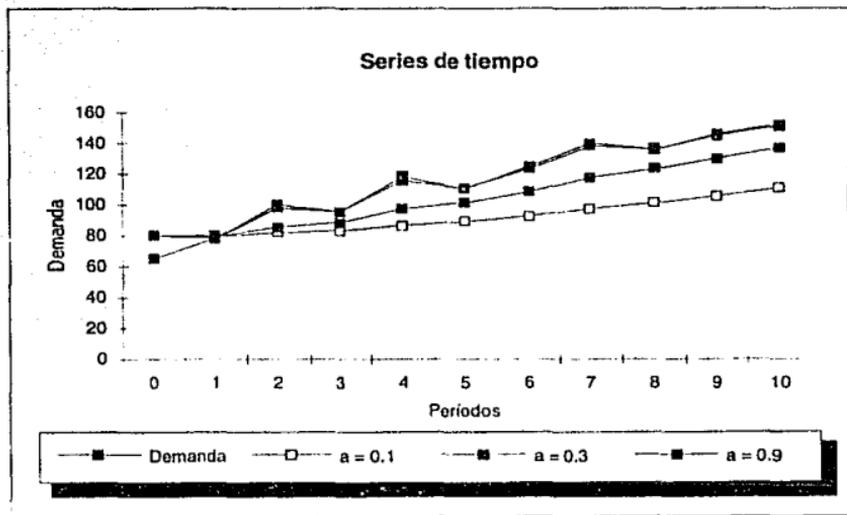
X	Y
0	65
1	78
2	100
3	95
4	118
5	110
6	125
7	140
8	136
9	146
10	152

Serie de tiempo

$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.9$
80.0	80.0	80.0
79.8	79.4	78.2
81.8	85.6	97.8
83.1	88.4	95.3
86.6	97.3	115.7
89.0	101.1	110.6
92.6	108.3	123.6
97.3	117.8	138.4
101.2	123.3	136.2
105.7	130.1	145.0
110.3	136.7	151.3

Mínimos cuadrados

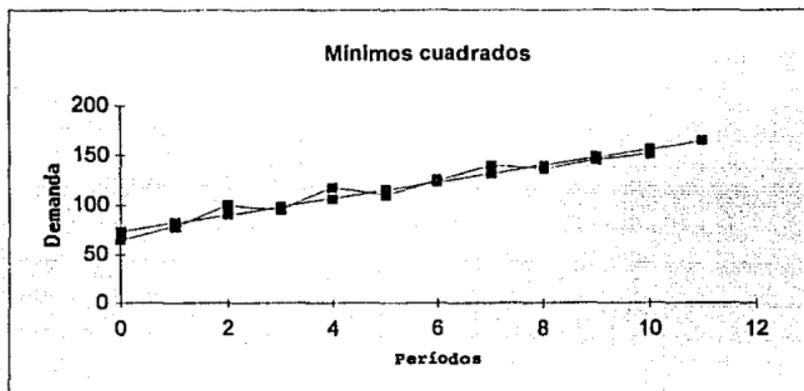
X^2	XY	Y_p
0	0	73.55
1	78	81.84
4	200	90.13
9	285	98.42
16	472	106.71
25	550	115.00
36	750	123.29
49	980	131.58
64	1088	139.87
81	1314	148.16
100	1520	156.45



Es de notarse el efecto diferente del factor α usado para cada una de las series de tiempo. Brevemente se puede indicar que, si el factor α es más cercano a cero entonces

la serie tendrá un efecto similar a la técnica de mínimos cuadrados ya que se da el mismo peso a todos los valores. Inversamente si el valor α es más cercano a uno la serie tendrá un efecto más parecido a las últimas observaciones.

En el caso de la técnica de mínimos cuadrados la gráfica sería la siguiente:



Se está graficando el valor pronosticado para el siguiente periodo.

Algunas consideraciones que se deben tener presentes al utilizar las series de tiempo para pronóstico son:

- Debido a que se proyectan tendencias pasadas y variaciones estacionales hacia el futuro, se debe preguntar, "¿qué tan regulares y confiables fueron las tendencias pasadas? ¿cuales son las posibilidades de que esas tendencias estén cambiando?"
- ¿Qué tan precisos son los datos históricos usados para el análisis de las series?

Se debe tener en cuenta que la aproximación mecánica de análisis de series de tiempo está sujeta a error y cambio considerable. Es necesario para la administración combinar estas técnicas con el conocimiento de otros factores con el fin de desarrollar pronósticos útiles.

En resumen, en este capítulo se presentaron los conceptos más representativos de la teoría clásica de inventarios, la intención no ha sido, en ningún momento, profundizar ampliamente en cada método, sino más bien presentar de una manera general los supuestos más importantes de cada sistema. En el siguiente capítulo se revisarán los conceptos matemáticos que sustentan la teoría clásica de inventarios.

Capítulo II. Conceptos estadístico-matemáticos que sustentan la teoría clásica de Inventarios

1. La clasificación ABC	40
2. Principales elementos	44
2.1 Punto de reorden	44
2.2 Lote económico de pedido	50
2.3 Administración de inventarios en forma agregada	55
3. Evaluación de las premisas y requisitos de validez	55

En este capítulo se presentarán los principios matemáticos que han permitido desarrollar la teoría clásica de inventarios, se detallará cada una de las técnicas con referencias a los fundamentos que las soportan.

1. La clasificación ABC

Uno de los conceptos más útiles en los negocios, que puede ser aplicado al control de inventarios, control de producción, control de calidad y muchos otros problemas administrativos, es el teorema de Pareto. En un estudio sobre distribución de ingreso y salud realizado en Italia en 1897, Wilfredo Pareto observó que un gran porcentaje del ingreso nacional estaba concentrado en un pequeño porcentaje de la población. Creyendo que esto representaba un principio universal, formuló un axioma que indica que, los factores significativos en un grupo, normalmente constituyen una porción muy pequeña de la población, y que la mayoría de los integrantes del mismo grupo, suman en términos agregados una cifra pequeña del total. Aunque Pareto representó esta relación en forma matemática, es empíricamente conocida por el principio 80-20, lo cual significa, que el 80% de los valores de un total, normalmente están concentrados en sólo el 20% de los integrantes de un grupo, y que el 20% restante del total, está concentrado en el 80% de los integrantes del grupo.

Aplicado a la administración de inventarios, este concepto es conocido como clasificación ABC ⁽¹⁾. Cualquier inventario puede separarse en tres partes distintas:

1. Artículos "A". De alto valor, aquellos pocos artículos cuyo valor representa entre el 75 y 80 % de los consumos en el periodo. Usualmente entre el 15 y 20 % de los artículos se clasifican en este grupo.
2. Artículos "B". De valor medio, un número mayor en la mitad de la lista usualmente entre el 30 y 40 % de los artículos y cuyo valor representa el 15 % de los consumos en el periodo.
3. Artículos "C" De bajo valor, la mayoría de los artículos del inventario, usualmente entre el 40 y 50 % de los artículos, cuyo valor de consumo es casi insignificante ya que representa no más del 5 %.

(1) H. Ford Dlekle, ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars. *Factory Management and Maintenance*, July 1951.

La división exacta para determinar el porcentaje que deberá ser tipo "A" o "B" es una decisión arbitraria, hay empresas que hacen esta división en más segmentos incluyendo un grupo "D", o doble "A", etc.

En el ejemplo de la siguiente tabla podemos identificar los primeros 6 como artículos tipo "A" representando el 75.2% del valor del consumo, los siguientes 9 serían artículos tipo "B" integrando el 20% del total, los restantes artículos serían clasificados como tipo "C". En la gráfica de la siguiente página se puede apreciar con mayor claridad la participación de cada uno de los artículos al valor total del consumo.

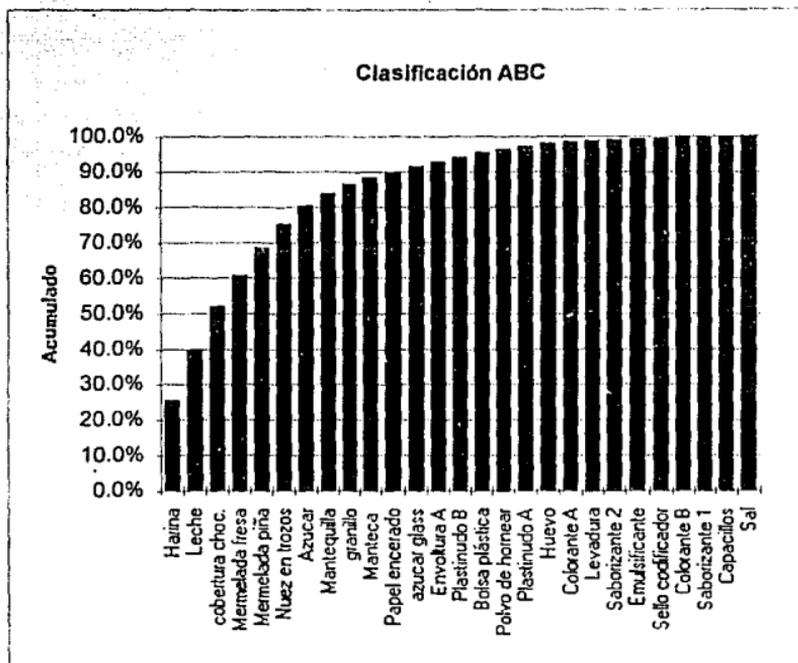
Artículos	kilos Consumo	Costo unitario	Valor total	Valor acumulado	% parcial	% Acum.	Clas. ABC
Harina	7850	2855	21840750	21840750	25.5%	25.5%	A
Leche	650	22500	12375000	34215750	14.4%	39.9%	A
cobertura choc	190	55000	10450000	44665750	12.2%	52.1%	A
Mermelada fresa	534	14180	7572120	52237870	8.8%	60.9%	A
Mermelada piña	530	12550	6651500	58889370	7.8%	68.6%	A
Nuez en trozos	285	19900	5671500	64560870	6.6%	75.2%	A
Azúcar	1250	3550	4437500	68998370	5.2%	80.4%	B
Mantequilla	600	5000	3000000	71998370	3.5%	83.9%	B
granillo	465	5000	2325000	74323370	2.7%	86.6%	B
Manteca	500	3000	1500000	75823370	1.7%	88.4%	B
Papel encerado	100	15000	1500000	77323370	1.7%	90.1%	B
azúcar glass	250	5000	1250000	78573370	1.5%	91.6%	B
Envoltura A	65	17500	1137500	79710870	1.3%	92.9%	B
Plastinado B	65	17000	1105000	80815870	1.3%	94.2%	B
Bolsa plástica	90	12000	1080000	81895870	1.3%	95.5%	B
Polvo de hornear	40	20000	800000	82695870	0.9%	96.4%	C
Plastinado A	40	18000	720000	83415870	0.8%	97.2%	C
Huevo	200	3500	700000	84115870	0.8%	98.0%	C
Colorante A	4	97000	368000	84503870	0.5%	98.5%	C
Levadura	200	1500	300000	84803870	0.3%	98.8%	C
Saborizante 2	5	38500	192500	84996370	0.2%	99.1%	C
Emulsificante	5	35000	175000	85171370	0.2%	99.3%	C
Sello codificador	5	35000	175000	85346370	0.2%	99.5%	C
Colorante B	2	85000	170000	85516370	0.2%	99.7%	C
Saborizante 1	3	50000	150000	85666370	0.2%	99.8%	C
Capacillos	30	3000	90000	85756370	0.1%	100.0%	C
Sal	35	1190	41650	85798020	0.0%	100.0%	C
			85798020				

Un error cometido por algunos analistas inexpertos es utilizar los valores de la existencia en una fecha determinada como base de los cálculos para el análisis ABC, sin considerar que es el valor de los consumos en un período predeterminado la base

correcta para el cálculo. Las políticas de manejo de materiales derivadas de la aplicación de este concepto pueden resumirse de la siguiente manera:

Grado de control:

Artículos A - El mayor control posible, incluyendo los registros más completos, exactos, con supervisión estrecha, manejadas con ordenes abiertas y múltiples entregas por parte de los proveedores, seguimiento cercano en las líneas de producción a fin de minimizar el tiempo de entrega.



Artículos B - Controles normales, buenos registros y atención regular, pedidos frecuentes a proveedores.

Artículos C - Controles muy simplificados, revisiones periódicas principalmente basadas en inventarios físicos, quizás sin registros, usando más bien anotaciones con las cantidades de reemplazo que históricamente han sido ordenadas. Inventarios para largos períodos de tiempo. Baja prioridad en su producción.

Tipo de registros de inventario:

Artículos A - Los más exactos y completos, con frecuentes revisiones. Control estricto de pérdidas por manejo, rechazos, bajas de producción.

Artículos B - Normales, suficientes para registrar las actividades habituales de cada artículo.

Artículos C - Si es posible evitar los registros, en todo caso deben simplificarse extremadamente.

Prioridad:

Artículos A - Alta prioridad en todas las actividades, especialmente las que ayudan a disminuir los tiempos de entrega y los inventarios.

Artículos B - Proceso normal adquiriendo prioridad sólo cuando se alcanza el punto de reorden.

Artículos C - La prioridad más baja.

Procedimientos de ordenación:

Artículos A - Determinación cuidadosa y exacta del punto de reorden y el lote económico de compra, frecuente revisión para disminuirlo.

Artículos B - Buen análisis para determinar el punto de reorden y el lote económico de compra, pero revisado sólo trimestralmente, o cuando ocurren cambios importantes.

Artículos C - No requieren cálculo de lote económico de compra. ni determinación de un punto de reorden. Si el tipo de artículo lo permite, es decir que no es caducable u obsolecente, debe pedirse lo suficiente para tener a mano todo el año.

Aunque se pueden definir muchas políticas basadas en esta clasificación, debe tenerse en mente que cada empresa tiene condiciones de operación muy particulares.

por lo que es una decisión de la gerencia la definición de los rangos de clasificación y el alcance de las políticas.

2. Principales elementos

En el capítulo anterior ya se mencionaron algunas de estas técnicas, sin embargo es importante conocer las razones que permitieron que se hayan mantenido vigentes durante tanto tiempo. Especialmente nos interesa hacer hincapié en los supuestos fundamentales de estas técnicas a fin de evaluar su validez.

2.1 PUNTO DE REORDEN

En el capítulo I se mencionaron las técnicas de doble almacén, revisión visual, revisión periódica, y punto de reorden de una manera muy simple, en este apartado consideraremos algunos detalles de su aplicación práctica.

El sistema de doble almacén puede ser usado para artículos de muy bajo valor tipo "C" y como ya se mencionó consiste básicamente en establecer, de una manera arbitraria una cantidad de existencia, que puede estar almacenada en un contenedor o segundo almacén, y que es usada únicamente cuando la existencia normal se agota. Lo importante de este sistema es que debe notificarse a la gerencia de materiales, que se está usando el segundo almacén, en el momento que suceda, y esta acción dispara la colocación de una orden de producción o de compra para reemplazar la existencia del material. Este sistema no requiere del manejo de ningún registro de inventario. El sistema de doble almacén trabaja mejor cuando una sola persona está a cargo del mismo, se maneja un almacén cerrado y no hay demasiados artículos "C". Los problemas más comunes de su uso son:

- El sistema se deteriora muy rápidamente cuando la responsabilidad, de indicar en qué momento se está comenzando a usar el segundo almacén, no está claramente definida. Las personas que no entienden la finalidad del sistema, habitualmente dejan de informar de manera precisa cuándo se inicia el consumo del segundo almacén, y por lo tanto se está expuesto al agotamiento del material.

- Al recibirse el material no siempre es claro que cantidad es para uso normal y cuál es para conservar en un segundo almacén.
- Una vez que es determinada, raramente se revisa la cantidad que debe manejarse en el segundo almacén, provocando que no se registren los cambios en la demanda, por lo tanto puede quedarse expuesto a la escasez o por el contrario manejar un inventario excedido.

En el *sistema de revisión visual* la existencia es periódicamente chequeada, quizá una vez a la semana o a la quincena, y cada artículo es ordenado para reestablecer un nivel predeterminado de existencia. Esta técnica es mucho más conveniente que el sistema de doble almacén, cuando la responsabilidad del manejo del almacén no puede ser asignada a una sola persona, o cuando la cantidad de transacciones de almacén hace que no sea económico y práctico llevar un registro de inventario para cada artículo. Trabaja particularmente bien donde los tiempos de entrega son cortos y los proveedores "embarcan o cancelan", es decir se permite el retraso en las ordenes o es poco penalizado. Sus principales deficiencias son:

- La revisión de los niveles de existencia se efectúa con demasiada frecuencia o por el contrario es olvidada.
- Debido al escaso espacio disponible, los artículos no son colocados en un solo lugar, por lo que la revisión periódica se vuelve un juego de "escondidas", provocando que frecuentemente se pida un material que no se encontró, a pesar de haber en existencia.
- Los máximos preestablecidos no se revisan con regularidad, por lo que no se consideran los cambios en la demanda, y quedan desactualizados rápidamente.

En el *sistema de revisión periódica* o de ciclo fijo, los registros de inventario son revisados en forma regular y las ordenes de reemplazo son puestas para cada artículo cada vez que se revisa. Esta revisión puede ser cada semana, cada quincena o cada mes según se considere más conveniente y la cantidad pedida debe ser suficiente para alcanzar un nivel predeterminado. Este sistema es usado donde:

- Hay un gran número de salidas, cada una por una cantidad pequeña de los artículos.
- Los costos de ordenar son relativamente bajos.
- Se desea ordenar muchos artículos a la vez ya que esto representa economías de escala, ejemplos clásicos serían: cambios en los procesos de arranque de líneas de

producción aplicables a un grupo de artículos manufacturados, obtener de un proveedor descuentos por cantidad en ordenes de compra combinadas, o reducir costos de fletes al embarcar un transporte de carga a su capacidad total.

El sistema de *punto de reorden* está basado en un modelo estadístico conocido como distribución normal, se comentó en el capítulo I que para ser usado se asumen las siguientes características: Demanda unimodal, distribución de la demanda simétrica y exactitud del pronóstico. Se explicarán muy brevemente los conceptos estadísticos usados para la determinación del punto de reorden. Se conoce como *media* aritmética o promedio aritmético al resultado de la sumatoria de los datos de un grupo dividido entre el número total de datos. ⁽¹⁾

Suponiendo que X_1, X_2, \dots, X_n son un conjunto de datos, la media será:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i) \quad (2.1)$$

Donde: n = número de datos, y X_i = cada uno de los datos. *

Este valor toma en cuenta cada número del conjunto de datos con igual ponderación y es único, en el sentido de que un conjunto de números solamente tiene una media. Es sumamente útil para conocer la posición central de un grupo de datos. La principal desventaja es que la media se ve afectada por números muy grandes o muy pequeños, por lo que no siempre resulta la medida más representativa de la posición central, particularmente cuando se trabaja con conjuntos de datos muy poco numerosos. Para conocer efectivamente qué tan grande es la dispersión de los datos que se están usando, es necesario el cálculo de la *desviación estándar*, valor que puede definirse como "... la raíz cuadrada del promedio de las distancias de las observaciones a la media" ⁽²⁾. Usando la misma notación que (2.1)

* El símbolo Σ (sigma) es una notación matemática que significa <suma>.

Por lo tanto $\sum_{i=1}^n X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ significa sumar todas las X_i para las i de 1 a n .

(1) W. Merrill, K. Fox, *Introducción a la estadística económica*, 1972.

(2) R.L. Levin, *Estadística para Administradores*, 1978.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2.2)$$

Donde n y \bar{x} son, respectivamente, el número de observaciones y la media. Si el tamaño del conjunto de datos es muy grande, se puede usar la variante:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n^2}} \quad (2.3)$$

A continuación presentamos un ejemplo del cálculo de estas dos importantes medidas de tendencia central y de dispersión. Tomaremos los mismos datos de la tabla y los graficaremos en un histograma de frecuencias, herramienta que nos permite agrupar en rangos la frecuencia de aparición de los datos, la siguiente figura muestra una tabla de distribución de frecuencias y en la página siguiente el histograma asociado:

Datos

n	X	X ²
1	1.20	1.44
2	1.55	2.40
3	1.35	1.82
4	1.45	2.10
5	1.05	1.10
6	1.75	3.06
7	2.00	4.00
8	2.10	4.41
9	1.65	2.72
10	1.75	3.06
11	1.60	2.56
12	1.40	1.96
13	1.65	2.72
14	2.20	4.84
15	1.30	1.69
16	1.65	2.72
17	1.55	2.40
18	1.50	2.25
19	1.60	2.56
20	1.90	3.61
Σ	32.20	53.45

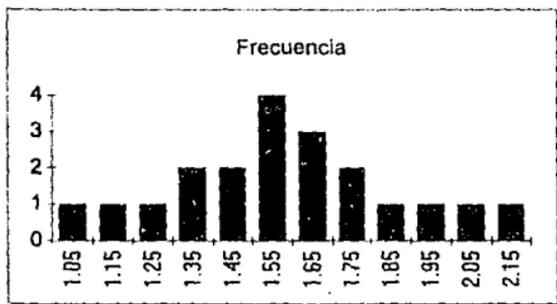
Tabla de distribución de frecuencias

Límites	Punto medio	Frecuencia
1.01 - 1.10	1.05	1
1.11 - 1.20	1.15	1
1.21 - 1.30	1.25	1
1.31 - 1.40	1.35	2
1.41 - 1.50	1.45	2
1.51 - 1.60	1.55	4
1.61 - 1.70	1.65	3
1.71 - 1.80	1.75	2
1.81 - 1.90	1.85	1
1.91 - 2.00	1.95	1
2.01 - 2.10	2.05	1
2.11 - 2.20	2.15	1

Aplicando las fórmulas (2.1) y (2.3) se tiene:

$$\bar{x} = \frac{1}{20}(32.2) = 1.61 \quad s = \sqrt{\frac{(20)(53.45) - (32.2)^2}{(20)^2}} = 0.28$$

Estas dos medidas son el fundamento de la *distribución normal*, que es una de las distribuciones teóricas más importantes para el estudio científico de una amplia gama de situaciones. Nos dice lo que podemos esperar del universo (o variable aleatoria) si este se comporta como suponemos que lo hace. Sirven como puntos de referencia para comparar distribuciones observadas, y operan en lugar de las distribuciones reales cuando éstas son difíciles o imposibles de obtener, como puede ser el caso de la demanda de algunos productos. Suministran a quienes deben tomar decisiones un fundamento lógico para hacerlo, y permiten formular predicciones sobre la base de información limitada o consideraciones teóricas. En la práctica, las observaciones de las poblaciones con las que se puede usar la distribución normal, no representan casos perfectos para su aplicación, pero cumplen con las características comentadas al inicio de este apartado, es decir los valores se agrupan alrededor de la media y se distribuyen en forma simétrica a los lados.



Como podemos observar en el ejemplo se distribuyen los datos en forma simétrica a los lados y tienen una sola moda * en el rango 1.51 - 1.60 con punto medio 1.55. Al utilizar la distribución normal se toma en consideración los valores de la media y la desviación estándar para predecir los porcentajes de seguridad con que se presentarán los valores en una población.

* Se conoce como moda al "... valor que se repite con mayor frecuencia en un conjunto de datos"
 (1), esta es también una medida de tendencia central y se puede conocer con facilidad ya que será el valor más repetido.

Al aplicar los conceptos de media y desviación estándar, para el cálculo del punto de reorden, se debe considerar el nivel de servicio que se requiera y para determinarlo se utiliza un factor de seguridad. Este factor de seguridad está dado por agregar "n" veces la desviación estándar a la media. La siguiente tabla presenta la relación entre el nivel de servicio y la desviación estándar. ⁽¹⁾

Nivel de servicio (Probabilidad de que no se agote en el ciclo)	Factor de seguridad usando la Desviación estándar
50.00%	0.00
84.13%	1.00
90.00%	1.28
94.52%	1.60
97.00%	1.88
98.61%	2.20
99.38%	2.50
99.70%	2.75
99.90%	3.09

Nivel de servicio (Probabilidad de que no se agote en el ciclo)	Factor de seguridad usando la Desviación estándar
75.00%	0.67
85.00%	1.04
93.32%	1.50
95.00%	1.65
97.72%	2.00
99.00%	2.33
99.50%	2.57
99.80%	2.88
99.93%	3.20

Nivel de servicio (Probabilidad de que no se agote en el ciclo)	Factor de seguridad usando la Desviación estándar
80.00%	0.84
89.44%	1.25
94.00%	1.56
96.00%	1.75
98.00%	2.05
99.18%	2.40
99.60%	2.65
99.86%	3.00
99.99%	4.00

Conociendo la relación entre el nivel de servicio y la desviación estándar el cálculo de la existencia de seguridad es directo ya que se obtiene multiplicando la desviación estándar por el factor de seguridad de acuerdo al nivel de servicio deseado, por ejemplo, si se requiere un nivel de servicio del 95% se debe multiplicar la desviación estándar por 1.65 (véase la tabla anterior), si se desea un nivel de seguridad del 99% se debe multiplicar la desviación estándar por 2.33, etc. Igualmente el punto de reorden se calculará sumando la demanda pronosticada durante el tiempo de entrega más la existencia de seguridad, esto es:

Existencia de seguridad = Factor de seguridad x desviación estándar

Punto de reorden = Demanda durante el tiempo de entrega + existencia de seguridad.

Estas fórmulas no son otra cosa que un ejemplo de la aplicación de la distribución normal al problema de la determinación del punto de reorden, dicho de otro modo, la demanda durante el tiempo de entrega es la media registrada en consumos históricos, y la existencia de seguridad, representa "n" veces la desviación estándar.

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, Production and Inventory Control, Principles and Techniques, 1967.

El uso de técnicas estadísticas puede lograr mejoras sustanciales en las compañías donde predominan las técnicas de tipo "intuitivo", sin embargo, tales técnicas deben ser aplicadas discretamente y con sentido común.

2.2 LOTE ECONÓMICO DE PEDIDO

Este es uno de los conceptos más importantes de la teoría de inventarios, en él se establece que, la cantidad a pedir es la que mejor balancea los costos relacionados al número de ordenes colocadas con los costos relacionados al tamaño del lote pedido. Cuando estos costos están balanceados el costo total es mínimo y la cantidad resultante es conocida como lote económico de compra (Economic Order Quantity o EOQ). Las condiciones que se asumen para usar este concepto son, de acuerdo con Plossl y Wight ⁽¹⁾, las siguientes:

- El artículo es reemplazado en lotes, ya sean comprados o manufacturados, y no son recibidos continuamente.
- La tasa de utilización o ventas es uniforme y es menor que la tasa en la que el artículo es producido o comprado, de tal forma que se produce un inventario.

La fórmula para encontrar el Lote Económico de Compra (EOQ) es válida tanto para artículos comprados como manufacturados. A continuación se expone el razonamiento que integra los elementos de la fórmula y se explican las condiciones que le dan validez.

La tasa diaria de recepción de un artículo es p y la tasa diaria de consumo es u , y se asume que son uniformes durante el ciclo completo de recepción y consumo. Para producir un lote de q piezas se requieren q/p días. La tasa de crecimiento del inventario es $p-u$, y la máxima cantidad que se suma al inventario es:

$$(2.4) \quad (q/p)(p-u)$$

La "existencia" del inventario de reserva es R , y asumimos que es constante durante el año. el inventario máximo total es $R + (q/p)(p-u)$.

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques*, 1967.

Asumiendo que los cargos por almacenamiento y manejo son directamente proporcionales al máximo inventario y son medidos en w pesos anuales por pieza, el costo anual de almacenamiento será:

$$(2.5) \quad w[R + (q/p)(p-u)]$$

Asumiendo tasas uniformes de recepción y emisión, el valor promedio del tamaño del lote será la mitad del máximo dado en la ecuación (2.4), es decir: $(q/2p)(p-u)$.

El inventario total promedio incluirá también una "existencia" de inventario de reserva R quedando:

$$(2.6) \quad R + (q/2p)(p-u)$$

El costo unitario por pieza es C e incluye mano de obra, materiales y la porción de sobresueldo que varía en relación al tamaño del lote producido, pero que no incluye cargos asociados con cada lote entregado.

El costo de ordenar es S e incluye cargos de preparación tales como, escribir las ordenes de compra, preparar máquinas de producción, inspección de la preparación y otros cargos incurridos cada vez que un lote es preparado.

El costo total de una pieza es $C + (S/q)$, y el costo total de los requerimientos para un año con una tasa de consumo diario u y con N días de trabajo, asumiendo el uso del mismo tamaño de lote q a través de todo el año, será:

$$(2.7) \quad Nu[C + (S/q)]$$

Aplicando el costo total por pieza a la cantidad de inventario promedio total dado en (2.6), el valor del inventario será $[C + (S/q)] \times [R + (q/2p)(p-u)]$.

El costo total de llevar este inventario (expresado como I pesos por cada peso de inventario) incluye elementos tales como costo del dinero, desuso, deterioro, impuestos, y seguros; otros factores no incluidos en esta fórmula se consideran costos separados.

El costo promedio anual de llevar el inventario será:

$$(2.8) \quad I \times [C + (S/q)] \times [R + (q/2p)(p-u)]$$

El gran total T de los costos de la operación durante un año será la suma de:

- El costo de almacenamiento, ecuación (2.5).
- El costo directo, ecuación (2.7).
- El costo de llevar el inventario, ecuación (2.8).

$$T = w[R + (q/p)(p-u)] + Nu[C+(S/q)] + I \times [C+(S/q) \times [R + (q/2p)(p-u)]]$$

Esto se expande a:

$$T = wR + (wq/p)(p-u) + NuC + (NuS/q) + ICR + (ICq/2p)(p-u) + (ISR/q) + (IS/2p)(p-u)$$

El mínimo valor de T resultará cuando el tamaño del lote q tenga el más "económico" tamaño, el EOQ. Esto es logrado si se efectúa el proceso de derivación de la fórmula con respecto a q y se iguala la ecuación a cero:

$$\frac{dT}{dq} = (w/p)(p-u) - (NuS/q^2) + (IC/2p)(p-u) - (ISR/q^2) = 0$$

Combinando términos: $(NuS + ISR)/q^2 = [(IC + 2w)/2] \times [(p-u)/p]$

Del que se obtiene: $q^2 = \frac{2(NuS + ISR)}{(IC + 2w)(1-u/p)}$

De tal forma que:

$$(2.9) \quad EOQ = \sqrt{\frac{2NuS + 2ISR}{(IC + 2w)(1 - u/p)}}$$

En la práctica el uso anual es expresado por un factor simple A en lugar de la tasa diaria u que multiplica al número de días N . Asimismo, el cargo de almacenamiento w no es manejado como un factor separado sino que es considerado como parte del costo de llevar el inventario I . Esto reduce la ecuación (2.9) a:

$$(2.10) \quad EOQ = \sqrt{\frac{2AS + 2ISR}{IC(1 - u/p)}}$$

Si la existencia de reserva es un factor relativamente pequeño, cuya influencia no justifica las complicaciones de incluirlo en los cálculos, el factor de la existencia de reserva ($2ISR$) puede ser omitido, y la ecuación (2.10) se reduce a:

$$(2.11) \quad EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{IC(1 - u/p)}}$$

Esta es la forma más comúnmente usada donde la tasa p a la cual el artículo es recibido no es mayor a la tasa de emisión u , esto es denominado caso de recepción no instantánea. Cuando la proporción de estas tasas " u/p " es lo suficientemente pequeña para ser considerada insignificante (lo cual sucede muy a menudo en la práctica) la forma más frecuentemente usada de la ecuación EOQ queda de la siguiente manera:

$$(2.12) \quad EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{IC}}$$

En resumen los símbolos significan:

EOQ = El número de piezas del lote económico de compra.

A = El número de piezas consumidas en el año.

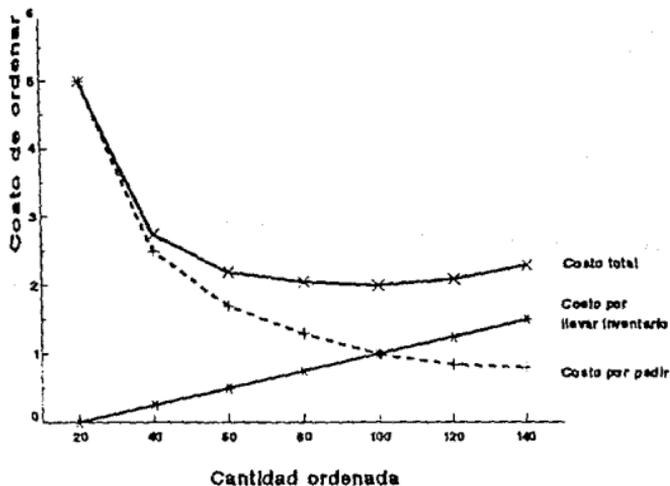
S = El costo en pesos para ordenar un lote.

I = El costo de llevar inventario dado en pesos por cada peso de inventario.

C = Costo unitario, pesos por pieza, sin incluir costos por arranque de líneas.

El siguiente diagrama presenta la relación de los costos de una manera gráfica ⁽¹⁾.

Costos por unidad



(1) (2) G.W. Plossl, O.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques*, 1967.

Nótese que los costos totales son mínimos cuando el costo por llevar inventario se cruza con el costo por pedir, es decir cuando estos costos son iguales. Es importante mencionar que se está representando uno de varios modelos para calcular el lote económico de pedido, otras variantes son (1):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \text{ Fórmula adecuada cuando no se conocen las unidades.}$$

Donde: A = uso anual en pesos, S = costo por pedir, e I = costo de llevar inventario, expresado como una fracción decimal en pesos del inventario promedio anual.

$$EOQ = \sqrt{\frac{24MS}{I}} \text{ adecuada para cuando se conoce el consumo mensual.}$$

Donde M = uso mensual en pesos, S = costo por pedir, e I = costo de llevar inventario, expresado como una fracción decimal en pesos del inventario promedio anual.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{I(1 - s/p)}} \text{ usada cuando se recibe durante el periodo de consumo.}$$

Donde A = uso anual en pesos, S = costo por pedir, I = costo de llevar inventario, expresado como una fracción decimal en pesos del inventario promedio anual, s = tasa de uso, y p = tasa de producción expresado en las mismas unidades que la tasa de uso.

Hay también variantes para cuando se permiten retrasos en las entregas de los proveedores (backorders), variantes para descuentos por cantidad, etc., sin embargo, para efectos de este trabajo, únicamente queremos señalar que todas estas variantes están sustentadas por los mismos principios, y que han sido desarrolladas para tratar de minimizar los costos totales generados por el manejo de inventarios.

(1) G.W. Plossl, O.W. Wight, *Production and Inventory Control, Principles and Techniques*, 1967.

2.3 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS EN FORMA AGREGADA

En el capítulo I se hizo mención de la administración de inventarios agregados, indicando que es un conjunto de políticas inherentes a la totalidad de los inventarios, que tiene un enfoque hacia el control de las inversiones, y que pone especial énfasis en el cálculo de un lote económico de compra para un conjunto de artículos que comparten ciertas características comunes. El principal razonamiento que apoya las técnicas de administración de inventarios agregados es que, se pueden manejar miles de artículos en un inventario, y no sería práctico ni significativo desarrollar estudios, analizar datos y generar estadísticas para cada artículo en forma individual. Esto debería llevar a la aplicación de políticas que permitieran obtener economías de escala al agrupar artículos que comparten, una misma línea de producción, un mismo transporte de carga, el ser adquiridos a un único proveedor, etc. Sin embargo, en la práctica se han dejado de lado las técnicas estadísticas y se ha dado mayor énfasis a la aplicación de políticas generales, las que principalmente tienden a limitar la inversión total en inventarios.

3. Evaluación de las premisas y requisitos de validez

Como se ha señalado anteriormente, el medio ambiente de manufactura tiene algunas particularidades que requieren ser comentadas con cierto detenimiento, a fin de que se clarifiquen los puntos que diferencian la aplicación de los conceptos tradicionales tan útiles para otro tipo de inventarios. Específicamente los siguientes puntos requieren un examen especial:

1. El concepto de reemplazo de existencias.
2. Las técnicas basadas en puntos de reorden.
3. La ecuación clásica del lote económico de compra (EOQ).
4. La administración de inventarios en forma agregada.
5. La clasificación ABC.

El *reemplazo de existencias* es un concepto injertado a la fuerza en el medio ambiente de manufactura. Está en conflicto con los objetivos básicos de bajos

inventarios y alto retorno de la inversión. Inclusive el término reemplazo, significa restaurar a un estado original de completitud. Los sistemas de reemplazo de existencias están basados en el principio de tener artículos en existencia todo el tiempo, de tal manera que estén disponibles en el momento en que se vayan a necesitar. De esta manera se intenta compensar la falta de habilidad para determinar la cantidad precisa y el momento en que se requerirán los artículos en el futuro inmediato. En el medio de manufactura, la idea es tener los artículos disponibles justo en el momento en que se deben usar, ni antes ni después, en lugar de llevarlo en inventario ignorando si se requerirá en la misma cantidad existente y sin conocer durante cuánto tiempo se mantendrá sin uso.

Las *técnicas de punto de reorden*, en sus varias formas, representan la implantación del concepto de reemplazo de existencias. Tales técnicas, incluidas las de punto de reorden estadístico, máximos y mínimos, mantener "n" meses de consumo en existencia, etc., representan variaciones de un tema común. En forma explícita o implícita tienen como objetivo pronosticar la demanda durante el tiempo de entrega, y todas ellas proveen de una existencia de seguridad adicional para compensar la fluctuación de la demanda. Las suposiciones que asume acerca del consumo uniforme, tasa de reposición constante, etc., son totalmente inaplicables al medio ambiente de manufactura, y si se intentan aplicar llevan a una interpretación equivocada de la demanda, y a proyectar, por lo tanto, erróneamente las futuras demandas. Estas deficiencias, inherentes a los sistemas de este tipo, se manifiestan claramente en aspectos tales como altos niveles de inventario, y agotamientos repentinos de existencias causados por el mismo sistema.

El *lote económico de compra (EOQ)*, al ser usado en el medio de manufactura, tiene una pobre actuación, ya que es totalmente insensible a la ubicación de los requerimientos, en el transcurso del tiempo. Para su cálculo se utiliza el consumo anual promedio, y se asume que este consumo es uniforme y constante. Consideremos el siguiente ejemplo donde se proyecta la demanda de tres artículos para nueve semanas:

Artículo A										
Periodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Requerimientos Netos	20		20					20		60

Artículo B

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Requerimientos Netos	20		40							60

Artículo C

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Requerimientos Netos	20								40	60

Asumamos también que se determina el EOQ en 50 unidades. Analizando cada caso tendremos que para el artículo A se cubren adecuadamente los primeros 3 períodos, y se lleva una existencia de 10 unidades durante 7 períodos, cantidad que, al final, resulta insuficiente para cubrir los requerimientos del período 8. En el caso del artículo B se cubriría solamente la necesidad del período 1, se llevará existencia de 30 unidades durante dos períodos y no se cubrirán los requerimientos del período 3. Por último en el caso del artículo C se cubriría el período 1, se llevará existencia de 30 unidades durante 8 períodos y no se cubrirán los requerimientos del período 9. En cualquiera de los casos el lote económico de compra es determinado únicamente con base en los costos de ordenar, unitario, de llevar inventario y el uso anual en unidades. Al derivar la fórmula para el lote económico de compra se asumió demanda uniforme, por lo que se consideró que el costo de llevar inventario se podría calcular dividiendo a la mitad la cantidad ordenada. Esta consideración básica es totalmente irreal en los inventarios de manufactura, por lo que le resta validez y descarta su uso.

La *Administración de inventario agregado* es un concepto, y un conjunto de técnicas, usadas para manipular y controlar inventarios en forma global. Como lo implica el término, el nivel de inversión total en inventarios está sujeto al control administrativo a través de ciertas políticas variables. Bajo el enfoque convencional los elementos más susceptible de ser controlados por políticas variables son: el tamaño del lote de compra y la existencia de seguridad. Al determinar una política para definir el tamaño del lote, el factor que se considera con mayor frecuencia es el costo de llevar inventario, más que nada por su arbitrariedad, ya que no siempre es posible determinarlo con claridad. Lo que es importante mencionar es que, el costo de llevar inventario tiene un efecto directo en el tamaño del lote. Al incrementarlo en la fórmula del lote económico de compra, se obtienen lotes más pequeños, y viceversa. Lo que lleva a la conclusión de que las políticas de administración de inventario agregado, se establecen en función de la importancia que la Dirección dé a la conservación del

efectivo, y por lo tanto es inexacto que, tales políticas, tengan importancia como factores de mejora en la eficiencia de la operación de los sistemas, más bien actúan como restricciones que regulan los resultados económicos.

Por otro lado el nivel de servicio es usado para el cálculo de la existencia de seguridad. En el sistema de reemplazo de inventarios, la existencia de seguridad es calculada individualmente para cada artículo y su principal determinante es el número de veces que la desviación estándar se desvía de la media observada en la demanda de los periodos pasados. A mayor nivel de servicio deseado mayor existencia de seguridad tendría que establecerse, ya que su función principal es absorber la fluctuación de la demanda. La inversión en existencias de seguridad también pierde importancia en los inventarios de manufactura, ya que sólo debe ser establecida para los artículos de primer nivel, o productos terminados. Todos los demás artículos varían en función de los primeros. Esto significa que debe quedar muy clara la diferencia entre artículos terminados y artículos para la manufactura, los primeros son los que deberán tener una determinada política aplicable a la existencia de seguridad, los segundos no requieren tal política, ya que sus requerimientos serán calculados a partir de los primeros. En resumen, para los inventarios de manufactura no deben aplicarse las mismas políticas generales correspondientes a los inventarios de distribución. Este mismo concepto será discutido a detalle en el capítulo 3.

La idea principal detrás de *la clasificación ABC* es aplicar los recursos limitados de planeación y control hacia los artículos tipo "A" (donde está el dinero), en detrimento de la atención que se le dedicará a los demás artículos del inventario. En los días anteriores a la aparición de las computadoras la capacidad de procesamiento de información estaba restringida al tiempo que era posible dedicar a la revisión de tarjetas de inventario. El grado de control se igualaba con la frecuencia de las revisiones que se podían hacer. En este sentido controlar "estrechamente" significaba revisar frecuentemente, y la frecuencia de la revisión determinaba la cantidad a ordenar. En las empresas donde se sigue usando este sistema los artículos "A" se revisan frecuentemente y se ordenan en pequeñas cantidades para mantener el inventario tan bajo como sea posible. Los artículos "B" se revisan con menor frecuencia y se ordenan en cantidades mayores, etc. La siguiente tabla muestra una típica implantación de las políticas que se pueden definir:

Clase de Artículo	Frecuencia de revisión	Cantidad ordenada
"A"	Mensual	Para un mes

"B"	Trimestral	Para tres meses
"C"	Anual	Para doce meses

La limitación de poder dar la misma atención a todos los artículos de un inventario, desaparece cuando se utiliza una computadora. Con ella se puede dar el mismo grado de atención a todos los artículos integrantes de un inventario, independientemente de su costo o volumen. Puede haber algunas excepciones para los artículos de costo extremadamente bajo que sean ordenados en grandes cantidades y que no representen problemas para su adquisición. Pero tales excepciones no son efectuadas por la incapacidad de controlarlas en una computadora, sin más bien por lo impráctico que puede ser su control físico.

A manera de resumen diremos que, se han hecho evidentes las deficiencias de cada una de las cinco técnicas mencionadas anteriormente, cuando se tratan de aplicar a inventarios de manufactura. Es necesario recordar que estas técnicas evolucionaron en una época, en la que la capacidad de procesar información estaba muy restringida, los requerimientos de cada artículo no podían ser calculados con precisión, ni se podía reaccionar con la suficiente agilidad a los cambios. El enfoque implícito en estos conceptos refleja la imposibilidad de manejar toda la información disponible, y las técnicas fueron resultado de los intentos por compensar estas deficiencias. Al momento de la aparición de las computadoras, la aplicación de los mismos conceptos no ha mejorado los resultados operativos, en nuestros días podemos encontrar muchas empresas utilizando sus computadoras con aplicaciones de inventario que manejan los mismos controles que antes de tenerlas, los resultados de este enfoque de utilización hablan por sí solos, se automatiza la ineficacia. Es precisamente con la ayuda de las computadoras que ha sido posible plantear nuevos modelos para atacar el problema del manejo de los inventarios de manufactura. En los siguientes capítulos se plantearán las técnicas y conceptos que permiten explotar, de una manera más eficiente, estas herramientas.

NO
EXISTE
PAGINA

Capítulo III. El Modelo de explosión de materiales

1. Demanda independiente vs demanda dependiente	62
2. Requisitos y principales supuestos	68
3. Estructuras de producto	73
3.1 Asignar identificación a cada artículo de inventario.	74
3.2 Diseño de "modelos" de productos.	76
3.3 Listas de materiales modulares.	77
3.4 Creación de pseudo-listas de materiales.	81
4. Explosiones e implusiones de materiales	82
5. Estatus del inventario	88
6. El Programa Maestro de Producción y Horizonte de Planeación	90
7. Conceptos elementales de bases de datos	94

El objetivo que se persigue en este capítulo es, determinar y definir los conceptos principales que dan sustento a los nuevos modelos, así como sus características y requisitos de funcionamiento.

1. Demanda independiente vs demanda dependiente

En el capítulo anterior se comentó que los inventarios de manufactura tienen características muy especiales, por lo que su tratamiento debería ser diferente de los inventarios de distribución. En este apartado se comentarán algunas de estas características, subrayando las principales diferencias para cada una de las funciones de inventario.

La administración de inventarios en general comprende las siguientes funciones y subfunciones:

Planeación. En la que se abarcan las políticas de inventario, la definición de los niveles de inventario y los pronósticos. No hay necesidad de una política especial que abarque los artículos del inventario de manufactura como un todo. El nivel de inventario debería ser siempre el mínimo posible, consistente con los requerimientos de producción. Los pronósticos son usados exclusivamente para los inventarios de producto terminado, es decir, no se necesita hacer un pronóstico por cada artículo integrante del inventario de manufactura.

Adquisición. Incluye las acciones concretas de colocación e incremento de pedidos o las acciones contrarias de decremento o cancelación del pedido. Los materiales, en el proceso de manufactura, van siendo colocados y reprogramados de una forma dinámica, dependiendo del grado de avance en la transformación de materias primas a productos terminados. De tal forma que una orden de compra o producción, una vez iniciado su proceso, no puede ser cancelada ya que se puede incurrir en un costo alto, desperdicio o reproceso. Asimismo no puede incrementarse o decrementarse sin incurrir en estos mismos inconvenientes, ya que está sujeta a consideraciones de capacidad y tiempo de proceso en la planta de producción.

Almacenaje. Incluyendo las subfunciones de recepción, control físico del inventario, y el registro contable. Aunque se pueden considerar básicamente como las mismas subfunciones que en cualquier otro tipo de inventario, el enfoque debe

dirigirse a lograr una mayor automatización de la operación e integración con la función de planeación de producción.

Consumo o disposición. Que incluye las acciones de entrega a la fuente de demanda y la eliminación de desperdicios, bajas de almacén y obsoletos. En todos los casos se considera que la fuente de demanda es interna, es decir, se da en la misma planta de producción, y está representada por una orden o un programa de producción.

Bajo este enfoque el término *Administración de inventarios de manufactura* es ya erróneo. En el medio ambiente de la manufactura, la administración de inventarios no puede estar desligada de la planeación de la producción ⁽¹⁾.

La función de un sistema de inventario de manufactura es convertir el plan total de producción en requerimientos detallados de materiales y ordenes de producción. El sistema determina, artículo por artículo, qué va a ser comprado y cuándo, así como lo que va a ser manufacturado y en qué momento. El principal "producto" del sistema es el manejo de las funciones de compras y manufactura, ya que planea y dirige sus actividades por medio de ordenes de compra o manufactura generadas por el sistema mismo.

Una característica que nos ayuda a distinguir claramente la diferencia entre inventarios de distribución y de manufactura es su *propósito*. El propósito de un inventario de distribución es tener existencia suficiente para cubrir las demandas de los clientes, mismas que tienden a ser erráticas, por lo cual es sumamente difícil predecirlas. El nivel de inversión en inventarios es gobernado por consideraciones de mercadotecnia.

En contraste, el propósito de un inventario de manufactura es satisfacer los requerimientos de producción. La disponibilidad de los artículos se genera a partir de los planes de producción, lo que significa que la demanda es predecible, es decir calculable. El plan de producción es la fuente de la demanda, y esta demanda es finita, a diferencia de la demanda aleatoria de los inventarios de distribución. El nivel de inversión en inventarios es gobernado por consideraciones del proceso de manufactura.

(1) J.A. Orlicky, *Requirements Planning Systems: Cinderella's Bright Prospects for the Future. APICS, 1970.*

Dados estos antecedentes podemos señalar que siendo tan fundamental la diferencia entre los inventarios de manufactura y los de distribución, consecuentemente, deben ser diferentes los enfoques de sistemas y técnicas a utilizarse para cada uno, pero sobre todo la filosofía de su administración. Bajo el enfoque del nivel de servicio, propio del ambiente de los inventarios de distribución, el máximo nivel de servicio, teóricamente, requiere de un inventario muy grande, mucho muy grande si se quiere garantizar el 100% de nivel de servicio, lo que puede representar una inversión "infinita". En contraste, el inventario de manufactura únicamente requiere un nivel mínimo suficiente de existencia que garantice la elaboración de los productos incluidos en el plan de producción, en este sentido la inversión en el inventario de manufactura es "finita".

En el inventario de distribución los artículos deben ser, implícita o explícitamente pronosticados, y es aplicable el principio de reemplazo a fin de conservar la disponibilidad de los artículos. Inversamente, los inventarios de manufactura deberían estar disponibles sólo cuando se necesiten. Idealmente deberían estar siempre en proceso, es decir, que al llegar al almacén inmediatamente fueran consumidos, ya que no sirve de nada el tenerlos en existencia prematuramente, ya que no serán usados sino hasta que se requiera, en este sentido su disponibilidad puede representar un costo innecesario.

Las preguntas cruciales en los inventarios de distribución son: *Cuándo* ordenar, *qué* ordenar y *qué nivel de inventario* mantener. Al revisar estas preguntas para los inventarios de manufactura es evidente que las respuestas pueden ser encontradas en la planeación de la producción, cuándo ordenar es una función de los tiempos de entrega y el programa de producción, qué ordenar es una función de los requerimientos de producción y los componentes de los productos, la tercer cuestión se responde sola, la inversión en inventario debe ser mínima y congruente con los objetivos y metas de producción, sin perder de vista las restricciones que el proceso de manufactura imponga.

Las técnicas de control de inventario que revisamos en los capítulos anteriores, popularmente conocidas como control estadístico de inventarios, sistemas de punto de reorden o sistemas de reemplazo de existencias, pueden ser definidas como *un conjunto de procedimientos, reglas de decisión, y registros enfocados a asegurar la continua disponibilidad física de todos los artículos en inventario, a fin de enfrentar la incertidumbre de la demanda*. El consumo de cada artículo es monitoreado cercanamente a fin de conocer el momento en que se alcanza un nivel predeterminado de existencia conocido como punto de reorden.

Esta cantidad es determinada para cada artículo de inventario separadamente, basándose en la demanda pronosticada para cubrir el tiempo de reemplazo conocido como tiempo de entrega y considerando una cantidad adicional al pronóstico. Tal cantidad excedente, que es incluida a fin de compensar el error del pronóstico, es denominada existencia de seguridad. Como se recordará es calculada a partir de la demanda histórica del artículo que se está pronosticando y considera el nivel de servicio deseado. En resumen, las técnicas asociadas a este modelo consideran los atributos de costo, tiempo de entrega, y consumo histórico, pero dejan de lado un aspecto de suma importancia, *la naturaleza de la demanda*.

El principio fundamental que diferencia la aplicabilidad de estas técnicas es el que establece que hay una demanda independiente y otra demanda dependiente. Se dice que la demanda de un artículo en inventario es independiente, cuando tal demanda no tiene ninguna relación con la demanda de ningún otro artículo, es decir cuando no es una función de la demanda de algún otro artículo. En tal caso, la demanda debe ser pronosticada. Por otro lado, la demanda es conocida como dependiente cuando está relacionada directamente con, o está en función de, la demanda de algún otro artículo en inventario. Tal dependencia puede ser "vertical", si el artículo es parte de un ensamble o producto terminado, u "horizontal" si el artículo va adjunto de un ensamble o producto terminado, como puede ser el caso de un manual de instrucciones de uso. En la mayoría de los negocios de manufactura la mayor parte del inventario total está formado de materias primas, partes componentes, y subensambles, todos ellos sujetos a demanda dependiente. Tal demanda, por supuesto, puede ser calculada como una función de las etapas del proceso de manufactura de los productos terminados. Son las etapas de conversión de materiales las que crean la relación entre materias primas, partes semiterminadas, componentes, subensambles y ensambles, cada uno de los cuales representan un artículo en inventario que debe ser planeado y controlado.

La demanda para los artículos terminados seguramente tendrá que ser pronosticada, pero ninguno de los componentes de estos artículos, incluyendo las materias primas, deben pronosticarse por separado. Abundan los ejemplos de las compañías que han pasado por alto estos principios elementales, y que siguen efectuando pronósticos, por intuición o con métodos estadísticos, para cada uno de sus materiales.

Quizás baste el siguiente ejemplo para demostrar la inaplicabilidad de las técnicas de punto de reorden para un inventario de manufactura. Cuando los artículos componentes son pronosticados y ordenados en forma independiente, sus inventarios

tienden a no corresponder con los requerimientos de ensamble. El nivel de servicio con el que son planeados, es significativamente más bajo entre mayor sea el número de componentes necesarios para integrar un producto o ensamble. Esto es debido a la suma de los errores de pronóstico de cada artículo componente. Si la probabilidad de tener cada artículo en existencia, en el momento en que se vaya a necesitar, es del 90%, entonces la probabilidad combinada de tener al mismo tiempo dos artículos es sólo del 81% (0.9×0.9). Si se tienen que integrar diez artículos esta probabilidad combinada cae dramáticamente al 34.8%. Aún si el nivel de servicio fuera establecido en un ambicioso 95%, la probabilidad de tener disponibles, al mismo tiempo, los diez artículos sería solamente del 60%. La siguiente tabla ⁽¹⁾ muestra las probabilidades combinadas para 25 artículos, cantidad usualmente encontrada en componentes de productos.

Probabilidades de disponibilidad simultánea

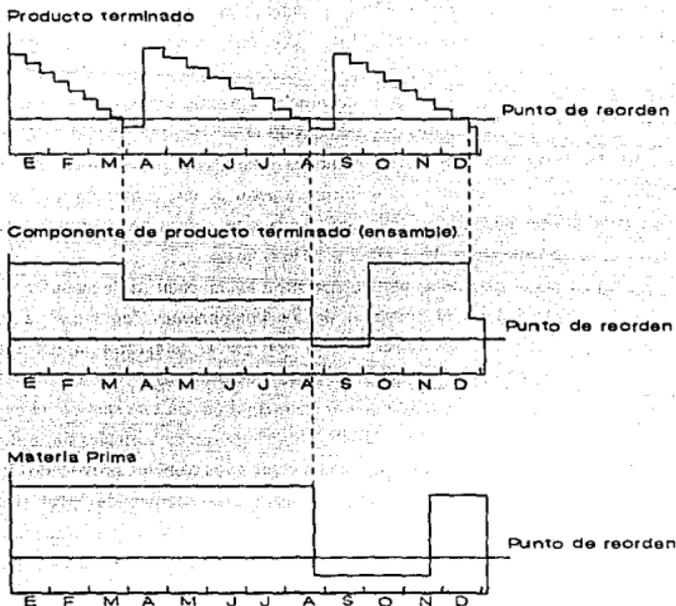
Número de artículos	90%	95%	Número de artículos	90%	95%
1	0.900	0.950	2	0.810	0.902
3	0.729	0.857	4	0.656	0.814
5	0.590	0.774	6	0.531	0.735
7	0.478	0.698	8	0.430	0.663
9	0.387	0.630	10	0.348	0.599
11	0.313	0.569	12	0.282	0.540
13	0.254	0.513	14	0.228	0.488
15	0.206	0.463	20	0.121	0.358
25	0.071	0.260			

Estas probabilidades combinadas hacen evidente que cuando un ensamble requiera de 20 o más componentes y se utilice el sistema de punto de reorden para satisfacer tales requerimientos, la probabilidad de que los componentes se encuentren al mismo tiempo disponibles es muy baja, y lo más importante, no es debido a eventos imprevisibles el que se tenga una probabilidad tan baja, sino más bien, esto es un resultado del sistema. ¿ Como se maneja esto en la vida real ? Es obvio, aumentando los niveles de inventario.

Otra dimensión a considerar acerca de la demanda es su continuidad y uniformidad. Las técnicas de punto de reorden, como ya ha sido mencionado, asumen un consumo uniforme, con pequeños incrementos del tamaño de lote de reemplazo.

(1) J.A.Orlicky, Material Requirements Planning, 1975.

Nada más irreal e inválido para el medio de manufactura, donde el consumo es esporádico y no uniforme. Considérese el ejemplo que nos ofrece el Dr. Orlicky (1):



En el ejemplo, la demanda para cada uno de los artículos en inventario, desde la materia prima hasta el producto terminado, muestra una marcada discontinuidad. El nivel promedio de inventario es considerablemente mayor que la proyección convencional de la mitad del tamaño del lote de reemplazo más la existencia de seguridad. El sistema solicita prematuramente reemplazar las cantidades consumidas y un exceso de inventario está siendo mantenido por largos periodos de tiempo, aunque no hay necesidad del mismo. Este fenómeno de demanda discontinua ilustra el problema de identificar el *tiempo* de los requerimientos.

(1) J.A.Orlicky, Material Requirements Planning, 1975.

La mayor parte de la literatura sobre administración de inventarios presenta soluciones para atacar el problema de determinación de la cantidad, mientras que en el mundo real de la manufactura el problema de determinación del tiempo, más que de la cantidad, es de primordial importancia. En el ejemplo se muestra gráficamente que el sistema de punto de reorden, esencialmente, asume continuidad en la demanda sujeta únicamente a variación aleatoria, consecuentemente asume también que es deseable tener el mismo nivel de inventario disponible todo el tiempo, por lo cual se genera la reposición del inventario tan pronto como es consumido. Esta situación, que el inventario sea mantenido en un nivel uniforme, a pesar de que el artículo esté sujeto a una demanda discontinua, no es sólo innecesaria sino indeseable, porque causa un inventario "inflado" que atrapa los recursos de la empresa.

Un último aspecto que afecta particularmente a los inventarios de manufactura, es la falta de uniformidad en el consumo de los componentes "comunes" a varios productos terminados o a los subensamblables, ya que al integrarse al proceso de producción variarán, no sólo de acuerdo al número de productos, sino a la mezcla de productos que usen el mismo subensamblable o materia prima. En este sentido, el modelo de punto de reorden no tiene forma de integrar los consumos variables día a día, ya que no está diseñado para reaccionar inmediatamente a los cambios provocados por la mezcla de productos. El enfoque necesario para los sistemas de inventario de manufactura no descansa en pronósticos para cada artículo, sino que es dinámico y esencialmente reactivo, es decir, es lo suficientemente flexible para reaccionar a las demandas cambiantes del medio de manufactura, donde la discontinuidad y no uniformidad de la demanda son los factores predominantes.

¿Cuales son entonces las herramientas o modelos a usar?, de esto trataremos en el siguiente apartado.

2. Requisitos y principales supuestos

Es importante mencionar que las herramientas y técnicas desarrolladas no se inventaron o fueron descubiertas en un proceso único, sino que han derivado de la práctica en el medio de manufactura en Estados Unidos y Japón principalmente. En términos generales podríamos resumir la evolución de los sistemas de administración de inventarios (y producción) en las siguientes etapas:

Punto de reorden estadístico. Caracterizado por el uso de pronósticos para determinar la demanda.

Planeación de requerimientos por lotes. desarrollado por algunas compañías de manufactura en la era del procesamiento de datos basado en tarjetas perforadas, es decir a finales de los 50's y principios de los 60's. Introduciendo el concepto de plan de producción para determinar la demanda de los componentes en forma agregada.

Punto de reorden ubicado en el tiempo. Esta técnica de planeación y control de inventarios de artículos sujetos a demanda independiente, es muy usado para producir refacciones y partes automotrices. Con esta técnica se ideó el concepto de horizonte de planeación, en el cuál se integra el tiempo de necesidad de los materiales en forma discreta.

Planeación de requerimientos de materiales (MRP). Técnica que, basada en la demanda y el tiempo en que se necesitarán los materiales, utiliza los datos de estatus del inventario, la composición de la estructura de los productos y los tiempos de entrega de cada artículo, tal como lo requiera el usuario, para calcular los requerimientos de materiales. Desarrollado a principios de los 60's, este sistema de planeación y programación de prioridades en el tiempo sugiere un programa de abastecimiento que cambia dinámicamente conforme cambie la demanda de los productos. En términos simples el inventario es "empujado" a través de la planta de acuerdo con el programa maestro de producción (1).

Kanban o técnica de justo a tiempo (Just In Time o JIT). Filosofía de origen japonés que asigna el mayor costo a la existencia de inventarios en cualquier parte del proceso, y tiende a eliminar la existencia de "colas de espera" en todas las etapas de la producción. Fue desarrollada por Toyota a finales de los 70's y ha sido adoptada por muchas compañías manufactureras en Japón y Estados Unidos durante los 80's. Usando una simple tarjeta (kanban significa tarjeta en japonés), este sistema permite que una máquina produzca una parte sólo cuando se autoriza su producción.

(1) O.W. Wight, *Production and Inventory Management in the Computer Age*, 1974.

La autorización se da cuando el operador de la máquina del proceso precedente toma las partes producidas por una máquina y en su lugar deja una tarjeta. Este método permite que el inventario sea "jalado" a través de la planta, ya que nada se produce sin una tarjeta ⁽¹⁾. El objetivo básico es mantener un inventario reducido a su mínima expresión ⁽²⁾.

Tecnología de optimización de la Producción (OPT por las siglas en inglés de Optimized Production Technology) o Teoría de las restricciones, desarrollada por E. M. Goldratt a finales de los 80's, en la cual se indica que las fluctuaciones normales de la producción, siempre tienen un efecto negativo en los procesos dependientes, provocando "cuellos de botella" en la planta. En síntesis, establece que un pequeño inventario adicional en los equipos que son "cuellos de botella" permitiría minimizar el impacto que las fluctuaciones tienen sobre los procesos siguientes en la producción, de tal forma que el programa maestro de producción se ajusta a los equipos que son "cuellos de botella" y el resto de la planta se maneja basada en el flujo de materiales de acuerdo al ritmo que imponen estos equipos ⁽³⁾.

Las tres últimas etapas, no son necesariamente excluyentes, sino que enfocan de manera diferente los problemas de producción. En términos generales, para la integración del modelo de explosión de materiales, se pueden identificar los siguientes requisitos y supuestos ⁽⁴⁾:

Se supone la existencia de un *plan maestro de producción*, lo que significa que se debe definir la cantidad de artículos que serán producidos y las fechas de entrega de cada artículo.

El plan maestro es susceptible de ser establecido en términos de *listas de materiales*, es decir, que existe una estructura de producto única para cada artículo. Es importante aclarar que no se trata solamente de una lista que mencione los artículos necesarios para elaborar un producto, sino que debe establecer la composición nivel por nivel de cada uno de los artículos, indicando tiempos de elaboración y cantidades.

(1) R.W. Hall, *Zero Inventories*, 1983.

(2) R.J. Schonberger, *Japanese Manufacturing Techniques*, 1982.

(3) E.M. Goldratt y J. Cox, *La Meta*, 1984.

(4) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.

Cada artículo del inventario es conocido de una forma clara e inconfundible a través de un número de parte, no importando el nivel en que aparezca al integrar un producto.

Otro requisito es la disponibilidad de manejar registros de *estatus del inventario* y de los factores de planeación para todos los artículos de manufactura.

Una de las condiciones para la operación efectiva, y requisito fundamental, es la *integridad de los archivos de datos* que manejan los registros de *inventario* y de *las listas de materiales en el momento en que se hará la planeación*. Estos archivos deben ser exactos, completos y deben estar permanentemente actualizados. En los sistemas de punto de reorden suele suceder que aunque se tengan registros de inventario al día, los archivos de listas de materiales estén continuamente desactualizados, y esto se debe principalmente a que no tienen ninguna relación directa, ya que el sistema es insensible a la composición de los productos. Otro factor que se presenta en los sistemas de punto de reorden, es la real coexistencia de dos "sistemas", el sistema formal a través del cual se determinan las necesidades teóricas (push system), y un sistema informal que ajusta sobre la marcha las necesidades operativas (pull system). En otras palabras el sistema formal expide ordenes de compra o producción que pueden estar incorrectas o incompletas, al no conocer cuál es la estructura actual de los productos, pero aún esta circunstancia pierde importancia, ya que el sistema informal se encarga de establecer las cantidades necesarias físicamente; las listas de urgentes, triple A's y fuera de existencia son el verdadero soporte de operación de muchos almacenes todavía.

Otro supuesto importante es el *conocimiento del tiempo de entrega para todos los materiales en inventario*, que puede ser alimentada al sistema como una estimación aproximada incluso, si el dato real no es conocido. Este tiempo de entrega, usado para propósitos de planeación normalmente, debe tener un valor único y puede ser cambiado en cualquier momento que se requiera, lo importante es que para el funcionamiento del sistema no debe quedar indeterminado, es decir, no se pueden tener más de dos tiempos de entrega o ninguno. Se asume que, para cada artículo bajo el control de este sistema, se reportan las entradas y salidas de disponibilidad, no necesariamente de existencia, es decir, es posible establecer si un artículo está "a la mano" o ya ha sido "apartado" para ser usado en alguna orden de producción. En esencia este supuesto significa que *el progreso del proceso de manufactura de una estación a la siguiente puede ser monitoreado*. Esto también implica que para completar un subensamble determinado es necesaria la presencia al mismo tiempo, o disponibilidad, de todos sus componentes (artículos que lo integran).

Otro supuesto de este tipo de sistemas es que tanto *la recepción como el consumo de los materiales se da en forma discreta*, es decir, es posible manejar unidades completas de cada material. Lo que significa que aquellos materiales cuya presentación se da en forma continua (rollos de metal, materiales a granel, etc.), requerirán que las técnicas que se presentan en este trabajo, sean adecuadas y ajustadas para manejar convenientemente estos materiales.

Quizá un último requisito sea que, a fin de simplificar los métodos que se presentarán, *los procesos de manufactura de cada artículo deben ser independientes*, lo cuál significa que una orden de manufactura puede ser iniciada y completada considerando disponibilidad absoluta de los recursos de producción. Nuevamente cabe la aclaración de que, en el caso de que exista efectivamente una dependencia de procesos, las técnicas que se presentan deberán ser adecuadas de tal forma que consideren estas formas especiales de trabajo.

En resumen, los principales requisitos y supuestos implícitos en un modelo de explosión de materiales para apoyar los procesos de planeación de requerimientos de materiales son ⁽¹⁾:

- Existe un programa maestro de producción y puede ser establecido en términos de listas de materiales.
- Todos los materiales están plenamente identificados y tienen un número de parte único.
- En el momento de planeación se dispone de la lista de materiales actualizada.
- Se cuenta con los registros de inventario conteniendo datos del estatus de cada artículo.
- Integridad de los archivos de inventario y de lista de materiales.
- Los tiempos de entrega de cada artículo son conocidos.
- Se conoce la disponibilidad de cada artículo de inventario, es posible monitorear el avance del proceso de manufactura.
- Todos los componentes de un ensamble se requieren al momento de liberarse una orden de manufactura.
- Tanto las entregas como el consumo de los artículos se da en forma discreta.
- Hay independencia entre los procesos de los artículos manufacturados.

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.

Quizás, al ver la lista de requisitos y supuestos, se piense que una compañía que no satisfaga actualmente todos ellos, no pueda implantar este tipo de sistemas. Todo lo contrario. Si alguno de ellos no existe o su estado es verdaderamente pobre, es una buena decisión de la administración superior el establecer los medios para que se vayan cumpliendo estos requisitos. Puede llegar a pensarse que cada uno de estos requisitos es por sí solo difícil de lograr, pero para lograr verdadera competitividad en el medio de manufactura no hay muchas alternativas. Los artículos de inventario *pueden* ser identificados claramente, una lista de materiales realista *puede* ser creada, la integridad de los archivos de inventario y de listas de materiales *puede* ser mantenida, en pocas palabras, más que un conjunto de atributos que debiera cumplir una empresa para poder implantar este tipo de sistemas, usualmente, es más bien un trabajo de creación de condiciones de la administración superior.

3. Estructuras de producto

El primer punto que revisaremos detalladamente es el que se refiere a la estructura de un producto, es decir a la conformación por niveles de la *lista de materiales* que define al producto.

No sólo debe ser suficiente para definir el producto desde el punto de vista de los clientes, sino que debe ser preparado para satisfacer las necesidades de adquisición, fabricación y ensamble. En otras palabras el producto debe estar definido en tal forma que haga posible expresar un programa maestro de producción en términos de listas de materiales, es decir, de números de parte de artículos. Las listas de materiales originalmente fueron diseñadas por los departamentos de ingeniería con fines de establecer las características y especificaciones de los productos. Sin embargo, tales listas son insuficientes para ser usadas con propósitos de planeación de materiales, por lo tanto deben ser adecuadas para cumplir con este fin. Para ser usadas como base de planeación, estas listas requieren ser exactas, estar continuamente actualizadas, no deben ser ambiguas y deben estar estructuradas por procesos de fabricación.

Aunado con la lista, está el *procesador de listas de materiales*, que es un paquete de programas de computadora que sirve para editar, organizar, cargar, mantener, consultar y procesar las listas de materiales. Este programa de computadora no sirve

para dar una estructura lógica a las listas de materiales, por lo tanto es preciso que éstas sean revisadas a la luz de las siguientes premisas:

- Deben facilitar el manejo de características opcionales de los productos.
- Deben permitir que los programas maestros sean establecidos en el menor número de productos terminados posible.
- Deben prestarse para manejar la planeación de prioridades de ensamble.
- Deben facilitar la entrada de ordenes de compra y producción.
- Deben ser útiles para la programación del ensamblado final.
- Deben proveer las bases para el costeo de los productos.
- Deben prestarse para simplificar y eficientar el mantenimiento de los productos.

La revisión puede efectuarse de diversas formas, sin embargo, la complejidad de las estructuras de los productos y la naturaleza del negocio, serán los factores que determinen la profundidad de la revisión y la severidad de los problemas a enfrentar. En términos generales se pueden mencionar las siguientes tareas básicas del proceso de definición de listas de materiales:

- Asignar una identificación única a cada artículo de inventario. Tarea que incluye la eliminación de ambigüedades, la identificación de los niveles de ensamble y el tratamiento especial que requieren los ensambles transitorios.
- Diseño de los modelos de productos.
- Listas de materiales modulares. Clarificar las opciones y combinaciones de productos segregando las partes únicas de las partes comunes.
- Creación de pseudo-listas de materiales.

Estas tareas básicas se explican a continuación.

3.1 Asignar una identificación única a cada artículo de inventario.

Cada artículo en el inventario debe estar identificado plenamente, es decir no debe usarse un mismo número de parte para más de un artículo, esto incluye materias primas y ensambles.

Una práctica habitual, pero errónea, es que dependiendo del usuario de la información se determinen diferentes nomenclaturas para un mismo artículo, generando diferencias que no debieran existir, así tenemos que los departamentos de

diseño de producto, fabricación, planeación de compras, almacenes y contabilidad de costos pueden "ver" de forma muy diferente un mismo producto. Al implantar una nomenclatura única, la gente "habla" el mismo lenguaje, no hay problemas de identificación, los datos y los términos son comparables.

Eliminar ambigüedades. Muchas veces el departamento de ingeniería puede identificar con un mismo plano dos partes cuya única diferencia sea el material con que se producen. Esto puede manejarse así mientras no exista un sistema computarizado de planeación de materiales, sin embargo, cuando se está implantando este tipo de sistemas, es necesario establecer la diferencia, ya que se requiere efectuar la planeación individual de cada artículo por separado y, seguramente, tendrán tiempos de entrega, costos y fechas de utilización diferentes.

Identificar los niveles de ensamble. La lista de materiales deberá reflejar, a través de su estructura de niveles, la forma en que los materiales fluyen hacia dentro y fuera del proceso de manufactura (entendido como un *estado de completación* de cada ensamble). De tal forma que cuando los ensambles van siendo terminados, se consideran disponibles a mano, hasta que sean utilizados por el siguiente proceso en el cual se integrarán al producto del cual forman parte como componentes. Con esta visión la lista de materiales se transforma, de una simple composición de productos, a una herramienta de seguimiento del avance de los procesos de producción de acuerdo a las etapas o estaciones de integración que se hayan definido. Esto es vital para la planeación de materiales debido a que establece, en conjunto con los tiempos de entrega, el tiempo preciso de los requerimientos, la liberación de las ordenes de producción y de pedidos a proveedores y las prioridades de manufactura.

Tratamiento de los ensambles transitorios (o fantasmas). Estas listas se refieren a aquellos ensambles que nunca existirán en almacén o incluso en la línea de producción, sin embargo requieren de la presencia de sus componentes en un momento dado del proceso de producción. Aunque jamás se manejará por sí solo como un artículo de inventario, se requiere su definición a fin de que los artículos que lo componen sean planeados por el sistema. Para ilustrar la forma en que se usan los ensambles transitorios valga el siguiente ejemplo: El ensamble A tiene un subensamble transitorio B como uno de sus componentes, y la parte C es a su vez componente de B. De tal forma que el ensamble fantasma B queda aprisionado entre A y C. La técnica funciona de la siguiente manera:

- a) El tiempo de entrega es cero.
- b) Se define el tamaño de lote igual al lote que se requiera (1).
- c) La lista de material se identifica con un código predefinido que permita al procesador de materiales identificarla como "fantasma" y le aplique un tratamiento especial consistente en "brincar" el registro fantasma permitiendo que sean considerados los componentes del mismo como si fueran parte de la estructura del ensamble "A".

3.2 Diseño de "modelos" de productos.

Esta tipo de lista se requiere cuando hay familias de productos similares o un mismo producto con modelos diferentes. Los departamentos de mercadeo e ingeniería generalmente dan variedad a los productos por medio de modelos, que cuentan con diferentes opciones y características. Tales variantes hacen que la tarea de planeación de materiales se dificulte debido a que normalmente no hay definido un patrón único de combinaciones, sino que, por el contrario, la definición del producto es ambigua y poco precisa.

El resultado es una interminable variedad de productos, con una proporción realmente asombrosa de posibilidades, sólo a manera de ejemplo considérese el caso de un tractor con 5 características, cada una con 2 variantes, supongamos las siguientes: Combustible a gasolina o diesel, con dirección hidráulica o estándar, tipo de transmisión manual o automática, con o sin cabina de operación y con 4 o 3 llantas respectivamente. El número de opciones es: $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$ modelos, supongamos asimismo que el departamento de mercadeo desea impulsar nuevos modelos ecológicos, adicionales a los existentes, entonces muy seguramente podríamos tener que adicionar como combustibles el gas y la energía eléctrica, con lo que las posibilidades serían: $4 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 64$ modelos con al menos una característica diferente.

(1) Utilizando la técnica de lote a lote, mencionada en el capítulo 1.

Parece evidente que efectuar un pronóstico sobre el número de tractores que se espera vender en el próximo mes, sea una tarea relativamente sencilla, sin embargo efectuar tal pronóstico con 64 variantes puede convertirse en un trabajo virtualmente imposible. La solución a este dilema se puede encontrar si se simplifican lo más posible las listas de materiales a usar, de tal forma que se pueda identificar el menor número posible de estructuras básicas, idealmente una sola. Los procesos de planeación de materiales y fabricación se manejarían con estas listas, dejando para el proceso de ensamble final la integración de los componentes específicos que se requieran para los modelos que hayan sido elegidos por los clientes. Debe quedar claro que tal reducción de los modelos para propósitos de planeación de materiales no significa que deban ser eliminados de las listas de precios y la información de ventas. Para implantar el principio de planeación por estructura básica y opciones, la lista de materiales se debe modularizar en forma conveniente de acuerdo con los principios y técnicas de modularización siguientes.

3.3 Listas de materiales modulares.

Una lista modular es un conjunto de componentes que pueden ser planeados como un grupo. El proceso de modularización consiste en desglosar las listas de más alto nivel y reacomodarlas en módulos. Se persiguen dos objetivos primordiales: Desenmarañar las combinaciones generadas por las opciones de los productos y segregare partes peculiares o únicas diferenciándolas de las partes comunes. Si se logra el primer objetivo se facilitará significativamente el trabajo de planeación de materiales. Logrando el segundo objetivo se minimizará la inversión en inventarios de componentes que son comunes a cualquier opción. A continuación se presenta un desglose de una técnica usada para alcanzar estos objetivos.

Clarificar opciones y combinaciones de productos. Cuando un producto tiene muchas características opcionales, sus combinaciones pueden ser astronómicas y el trabajo de pronosticarlas es absolutamente impráctico. Adicionalmente, si se crearan listas de materiales separadas para cada producto posible de manufacturar, los archivos de datos llegarían a ser enormes y demasiado costosos de almacenar y mantener. Lo que es peor, quizá algunas de estas listas nunca sean utilizadas, dado que algunas de estas combinaciones pueden no ser pedidas jamás. Es por esta razón que resulta más conveniente contar con listas de materiales modulares en lugar de listas de materiales de producto terminado.

Aplicada al problema del tractor usado anteriormente, el total de listas modulares a manejar es: $1 + 4 + 2 + 2 + 2 + 2 = 13$, es decir, una lista para el tractor básico, 4 para el tipo de motor dependiendo del combustible, 2 para la dirección, 2 para la transmisión, dos para la cabina de operación y dos para el número de llantas.

Si comparamos el total de 64 listas de materiales bajo el enfoque de una lista por cada producto terminado, contra las 13 listas del enfoque modular, no cabe duda de cuál de ellos es más conveniente de manejar.

¿Cómo se maneja esto en la vida real ?

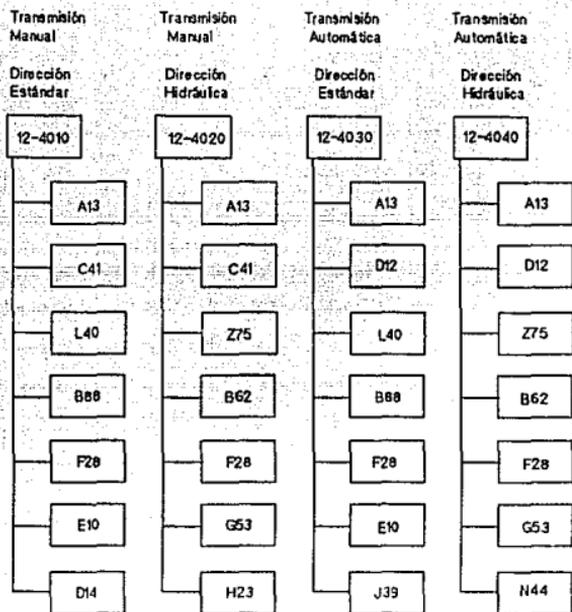
Lo más frecuente es encontrar que los departamentos de ingeniería de producto establecen únicamente las listas de materiales de sus productos líderes, dejando a los sistemas informales la tarea de manejar, manualmente, las variantes que van siendo requeridas por los clientes.

La técnica de modularización consiste básicamente en analizar los componentes en las listas de materiales de los productos terminados, identificando aquellos que son comunes a todas las listas y agrupándolos en una sola lista común. Enseguida se agrupan aquellos que únicamente se utilizan para alguna opción en una segunda lista grupal, y este proceso de análisis de las listas se puede repetir a todos los niveles que sea conveniente a fin de simplificar las listas de materiales.

En el ejemplo de la siguiente página se muestra este proceso. A fin de simplificarlo se consideran únicamente las opciones de la dirección y la transmisión, indicando las listas de producto terminado iniciales, las listas modulares por opción, las listas de segundo nivel necesarias para identificar partes similares y por último las listas de materiales resultantes (1).

En la figura se muestran las cuatro estructuras de materiales de producto terminado. El número de modelo (12-4010) se considera en el nivel más alto de la lista (nivel cero), los demás componentes (A13, C41, L40, etc.) se encuentran en el segundo nivel y los consideraremos también como ensambles aunque en el diagrama no se representen sus componentes.

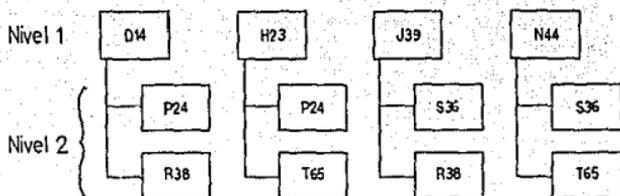
(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.



Si revisamos las cuatro estructuras se encontrará que los componentes A13 y F28 están presentes en todas ellas, por lo que se integrarán en una lista grupal común. El componente C41 se encuentra en los modelos de transmisión manual únicamente, por lo que se integrará en una lista grupal de transmisión manual. Y de la misma forma se van agrupando los componentes en el menor número posible de listas grupales. Sin embargo habrá algunos componentes, como el D14 y N44 entre otros, que no pueden ser integrados, ya que no presentan un patrón único, es decir varían dependiendo de la combinación de factores.

En estos casos el proceso de análisis es llevado un paso adelante, es decir, los subensambles se descomponen en sus partes, tal como se ilustra en el ejemplo de la siguiente página:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



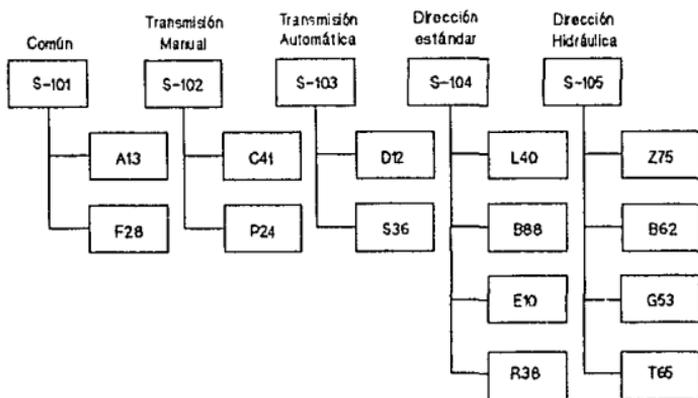
La situación aquí planteada permite una solución factible ya que los componentes corresponden exactamente a las opciones del ejemplo, por lo que el resultado final se puede observar en la figura siguiente:

Común	Transmisión Manual	Transmisión Automática	Dirección estándar	Dirección Hidráulica
A13	C41	D12	L40	Z75
F28	P24	S36	B88	B62
			E10	G53
			R38	T65

Si los componentes D14, N44, etc. no fueran subsambles sino partes simples, entonces no hubiera sido posible desglosarlos en subcomponentes y no se podrían integrar en ninguna lista. En estos casos se debe considerar un rediseño de las partes, y si no fuera posible esto último, entonces se deberán pronosticar estas partes por separado. Queda un último aspecto por mencionar ¿Qué pasa con las listas de materiales de los componentes D14, N44, etc.? Deben conservarse para los procesos de producción, y costeo de productos pero no tendrán utilidad para la planeación de materiales. Esta medida tiene el inconveniente de que la actualización de la lista de materiales de un producto pueda tener que efectuarse en más de un archivo, si es que se manejan listas especiales para planeación y otras listas para manufactura y costeo.

3.4 Creación de pseudo-listas de materiales.

Al terminar el proceso de modularización, varios subensambles han quedado como artículos de primer nivel sin estar integrados a ningún producto terminado. Esto tiende a crear una cantidad muy grande de "artículos terminados", mismos que deben pronosticarse para ser integrados al programa maestro de producción. A primera vista esto puede implicar que se deban pronosticar esos cientos (o miles) de artículos terminados, sin embargo este problema tiene una solución muy simple. Dado que el objetivo es tener el menor número de artículos que pronosticar, se usa la técnica conocida como "pseudo-listas de materiales". Para explicar esta técnica regresaremos al ejemplo del tractor, donde las nuevas listas creadas se agruparon por opción, y no hay ningún obstáculo que impida crear una "pseudo-lista" que integre las opciones que se requieran para un producto. El siguiente ejemplo muestra cómo quedarían las pseudo-listas correspondientes a cada opción:



Estas nuevas estructuras, llamadas superlistas, son un ejemplo de números de producto no creados por el departamento de ingeniería y que conforman una lista de materiales reestructurada para fines de planeación. Otro ejemplo de pseudo-listas de materiales se da cuando existen muchos componentes pequeños, individuales en el nivel uno de una lista de materiales. Tratarlos como unidades de planeación puede ser sumamente engorroso e impráctico, ya que muchas veces se trata de partes útiles para unir conjuntos, como tornillos remaches, etc. Para evitar que se manejen sueltos, son agrupados en una pseudo-lista que contiene todas estas partes, formando un "kit" que

será tratado como ensamble usado para propósito de programación de producción y planeación de requerimientos.

Por el momento basta este primer contacto con las listas de materiales para definir los productos tal como son manejados por los sistemas basados en explosiones de materiales. A continuación se definirán y ejemplificarán las dos funciones básicas del procesador de listas de materiales.

4. Explosiones e implosiones de materiales

En los apartados anteriores se ha mencionado la existencia de un procesador de listas de materiales, este es un conjunto de programas de computadora, cuya finalidad es calcular los requerimientos de materiales para una estructura de producto dada, y tiene la particularidad de presentar los resultados de diferentes maneras, de acuerdo con las opciones que se le soliciten.

Las dos funciones básicas de tal procesador son: la explosión de materiales y la implosión de materiales. En términos muy sencillos una explosión de materiales consiste en el desglose de un producto en sus componentes sin omitir ninguno de ellos, es decir, llevando este proceso hasta dejar únicamente partes que no son manufacturadas. Una implosión de materiales consiste en el proceso contrario, es decir, cuando se indica en qué compuestos se incluye una parte o material determinado. A fin de clarificar estos procesos se presenta a continuación un ejemplo ⁽¹⁾ en el que se hace evidente el grado de complejidad que tiene un cálculo de explosión de materiales.

Supongamos que una empresa vende y fabrica cinco productos distintos, que por brevedad identificaremos con las letras A, B, D, E y G. Los productos A, D, E y G son subensambles o "preparados" que se producen a partir de materias primas y que se utilizan como componentes (ingredientes) en el producto B o pueden ser vendidos como productos terminados a otras empresas. Todos estos productos se fabrican a partir de dos materias primas C y F.

(1) Sistema de explosión de materiales de la Organización Ilmbo, Material del Curso de Introducción, 1983.

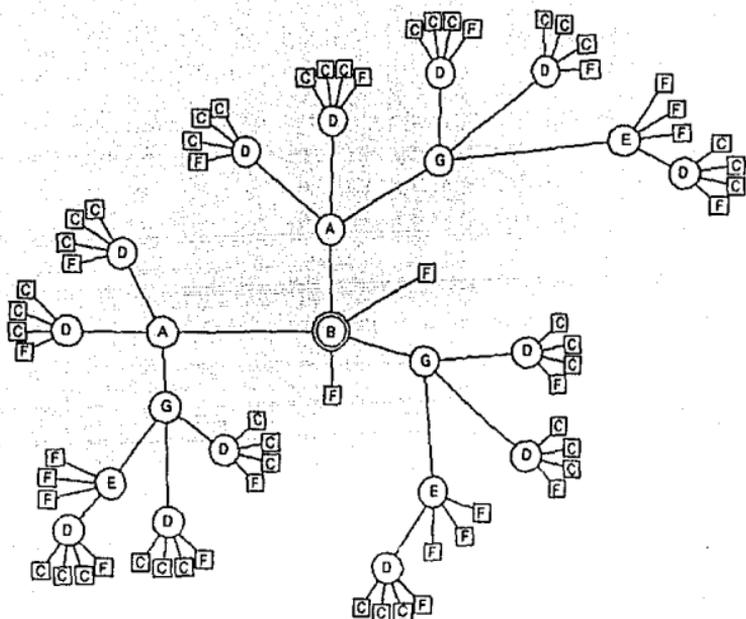
Las estructuras de producto (fórmulas) para producción son las siguientes:

- El producto A requiere 2 Kg. de D y 1 Kg. de G.
- El producto B requiere 2 Kg. de A, 2 Kg. de F y 1 Kg de G.
- El producto D requiere 3 Kg. de C y 1 Kg. de F.
- El producto E requiere 1 Kg. de D y 3 Kg. de F.
- El producto G requiere 1 Kg. de E y 2 Kg. de D.

En forma tabular se puede representar de la siguiente manera:

Materia / Producto prima / terminado	A	B	D	E	G
A	-	2 Kg	-	-	-
B	-	-	-	-	-
D	2 Kg	-	-	1 Kg	2 Kg
E	-	-	-	-	1 Kg
G	1 Kg	1 Kg	-	-	-
C	-	-	3 Kg	-	-
F	-	2 Kg	1 Kg	3 Kg	-

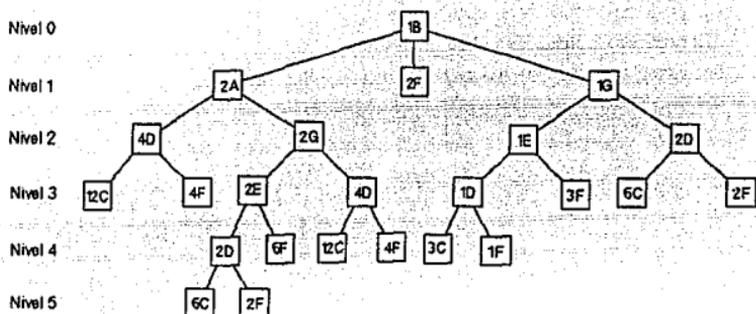
Supongamos que para un lapso determinado, los requerimientos de ventas son: 90 Kg. de A, 100 Kg. de B, 260 Kg. de D, 160 Kg. de E y 150 Kg. de G. Partiendo de estos datos es preciso calcular cuales serán los requerimientos de materia prima y preparados para cumplir con este programa de producción, teniendo como consigna que no hay ni se desea tener inventarios. Si la unidad mínima de medida para las materias primas fuese el kilogramo y quisiéramos saber cuántos kilogramos de material se ocuparían para producir un lote del producto B, tendríamos que calcularlo como se ilustra en el diagrama de la página siguiente:



Como puede observarse, se requieren en última instancia, 39 Kg. de C y 24 Kg. de F, para obtener un lote de 63 Kg. de B. Es evidente que esta forma de cálculo es muy laboriosa, poco práctica y lleva fácilmente a cometer errores. Imaginemos tan sólo el efecto que tendría un cambio en la fórmula del producto: habría que repetir todo el cálculo de nuevo. Existe sin embargo una método manual más sencillo que toma en cuenta tanto los productos, como los niveles de preparación previa de ingredientes. Veamos cómo se procede:

En la terminología usual para problemas de producción, los artículos C y F se llaman partes, el producto D es un ensamble del primer nivel, porque requiere únicamente partes, el artículo E es un ensamble de segundo nivel porque requiere partes y ensambles de primer nivel, el artículo G es un ensamble de tercer nivel porque requiere ensambles de primero y segundo nivel; el artículo A es un ensamble de cuarto nivel porque requiere ensambles de primero y tercer nivel, y finalmente el artículo B es un ensamble de quinto nivel porque requiere partes y ensambles de tercero y cuarto nivel.

Utilizaremos estos conceptos y terminología para determinar el número de partes que se requieren para producir un lote de producto B. Este cálculo se representará gráficamente en la figura siguiente:



En el nivel cero de explosión (inicio), se ha colocado una unidad del producto final, en este caso un lote del producto B.

En el primer nivel se indica cuales son los requerimientos directos (ensambles y partes) necesarios para elaborar esa unidad de producto anotada en el nivel cero. Esto es, esa unidad del producto B anotada en el nivel cero, se ramifica en 2 unidades del ensamble A, 2 unidades de la parte F y 1 unidad del ensamble G.

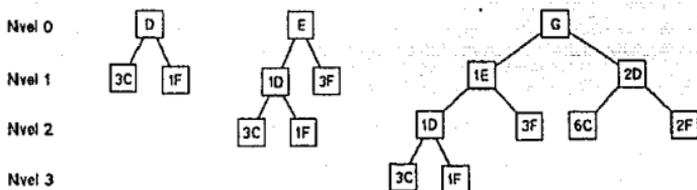
En el segundo nivel de explosión se ramifica cada requerimiento directo anotado en el primer nivel, para indicar a su vez cuales son sus requerimientos propios. Por ejemplo, las 2 unidades del producto A se ramifican en 4 unidades del ensamble D y en 2 unidades del ensamble G. Las 2 unidades de F no se ramifican, porque el artículo F es una parte. Finalmente la unidad del ensamble G se ramifica en 1 unidad de ensamble E y 2 unidades de ensamble D.

En el tercero, cuarto y quinto niveles de explosión ocurre un proceso semejante, se ramifica cada producto de acuerdo con los requerimientos unitarios de cada uno de ellos.

Nótese que el proceso de explosión de materiales del producto B finaliza en el quinto nivel, precisamente porque éste es un ensamble de quinto nivel. Pasando por un momento a los demás artículos, se nota que C y F no se ramifican porque son partes, es decir, porque no tienen requerimientos de otros productos del proceso. Además si efectuéramos la representación gráfica de los procesos de explosión de materiales correspondientes a los artículos restantes, se observaría que:

- El producto D finaliza en el primer nivel.
- El producto E finaliza en el segundo nivel.
- El producto G finaliza en el primer nivel.
- El producto A finaliza en el cuarto nivel.
- El producto B finaliza en el quinto nivel.

Por ejemplo veamos los procesos de los productos D, E y G:



Regresando nuevamente al producto B, se concluye que al cabo de esos cinco niveles de explosión de materiales el producto B requiere 39 partes C y 24 partes F. Esta información nos permite determinar de inmediato cuántas partes se requieren para producir 20 ensambles del producto B, es decir, para satisfacer la demanda pronosticada para el próximo mes. Por simple sustitución algebraica se tiene:

$$20 (39C + 24F) = 780C + 480F$$

Con otros cálculos semejantes podemos determinar el número de partes necesarias para satisfacer los requerimientos de demanda de los productos restantes.

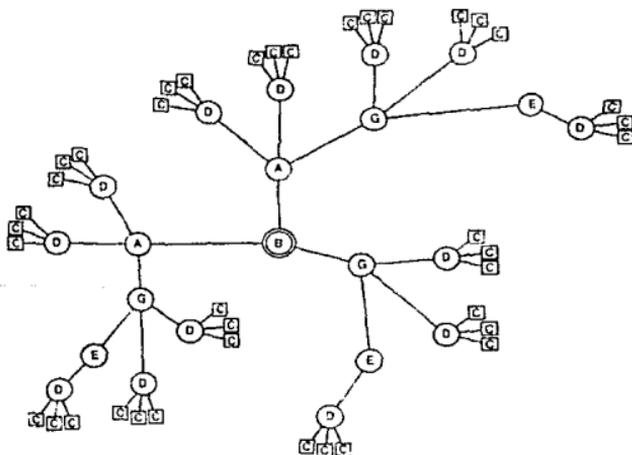
- Los 65 ensambles D requerirán $65(3C + 1F) = 195C + 65F$
- Los 40 ensambles E requerirán $40(3C + 4F) = 120C + 160F$
- Los 50 ensambles G requerirán $50(9C + 6F) = 450C + 300F$

Cabe comentar que el trabajo de graficar el proceso de explosión de materiales de cada producto y calcular el número de ingredientes necesarios para el programa de producción, sigue siendo demasiado laborioso. Más aún, en el caso de productos con más niveles de preparación que los ya representados, el trabajo de graficar el proceso correspondiente sería casi imposible de efectuar con claridad. Por consiguiente se hace necesaria la ayuda de una computadora.

Por otro lado el proceso de imposición de materiales es útil para conocer los productos en que es usado un artículo o material. Regresando a inspeccionar la tabla del ejemplo anterior es posible notar que el artículo C se usa en forma directa únicamente en el producto D, sin embargo también es usado indirectamente por los productos A, E, G y finalmente por el producto B.

Materia / Producto prima / terminado	A	B	D	E	G
A	-	2 Kg	-	-	-
B	-	-	-	-	-
D	2 Kg	-	-	1 Kg	2 Kg
E	-	-	-	-	1 Kg
G	1 Kg	1 Kg	-	-	-
C	-	-	3 Kg	-	-
F	-	2 Kg	1 Kg	3 Kg	-

Ilustrado como diagrama de árbol la estructura de imposición se verá de la siguiente forma:



Con estos datos es posible calcular la utilización del artículo C de la siguiente forma:

- Para cada lote de D se requieren 3 kilogramos del artículo C.
- Para cada lote de A se requieren 15 kilogramos del artículo C (2D y 1G por cada A).
- Para cada lote de E se requieren 3 kilogramos del artículo C (1D por cada E).
- Para cada lote de G se requieren 9 kilogramos del artículo C (2D y 1E por cada G).
- Para un lote de B se requieren 39 kilogramos del artículo C (1G y 2A por cada B).

5. Estatus del inventario

Una de las bases de los sistemas de explosión de materiales es el registro del estatus del inventario. Esto no significa otra cosa más que el conocimiento de la existencia en inventario. Los primeros registros llevados para controlar la existencia mostraban las cantidades "a la mano" y "en tránsito", es decir lo que ya existía en los almacenes y lo que estaba pedido a los proveedores y/o al departamento de Producción. En 1950 con el control de inventarios perpetuos, se introdujo este nuevo concepto que perseguía mantener la información de los inventarios al día, es decir, tal como se iban dando los movimientos de entradas y salidas de materiales en los almacenes. La disponibilidad de tarjetas de control de inventario (Kardex) y la aparición del procesamiento de datos en forma de tarjetas perforadas ayudaron a facilitar esta labor tediosa. La información disponible fue mejorada al integrar datos sobre los requerimientos (demanda) y la disponibilidad (la diferencia entre la cantidad requerida y la suma de las cantidades "a la mano" y "en tránsito"). La ecuación resultante fue muy promocionada en su época y se define como:

$$A + B - C = X$$

Donde: A= Cantidad a la mano
 B= Cantidad en tránsito
 C= Cantidad requerida (demanda)
 X= Cantidad disponible (para futuros requerimientos).

De tal forma que al calcular los requerimientos de un artículo podría obtenerse algo similar a lo siguiente:

Artículos:	A-1	A-2
A la mano:	30	30
En tránsito:	50	25
Requerida:	65	65
Disponible:	15	-10

La cantidad requerida podría ser derivada de los pedidos de los clientes, de los pronósticos o calculadas en forma independiente. La cantidad disponible tenía que ser calculada. En el caso mostrado una cantidad negativa indica falta de cobertura o la necesidad de colocar una orden de compra o de producción. Con este enfoque ya se podía contestar a las preguntas de qué colocar y cuánto colocar. Lo que no se responde con certidumbre es cuándo colocar. Y al respecto se pueden hacer varias preguntas asociadas, por ejemplo: ¿Cuándo llegará la cantidad pedida? ¿Es un solo embarque o la suma de varios embarques? ¿Cuándo se consumirá la existencia en el almacén? ¿Se consumirá en un sólo lote de producción o en varios? ¿Cuándo se agotará la existencia en el almacén? ¿Cuándo debemos colocar un nuevo pedido? ¿Debemos colocar un sólo pedido o varios pedidos? Con los datos que se han mencionado no es posible contestar estas preguntas. Los encargados de compras, incipientes planeadores de inventarios, dependían de su capacidad para estimar y de su experiencia.

Para su utilización en los sistemas de explosiones de materiales, es necesario adicionar el tiempo en forma de períodos y entonces se podrá contestar a las preguntas precedentes.

Es necesario añadir a los registros de inventario los datos para manejar los períodos de tiempo que se requieran. Para ser más explícitos usando los datos para el artículo A-2 del ejemplo anterior tendríamos:

			S	e	m	a	n	a	s		
Artículo:	A-2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A la mano:	30	30									
En tránsito:	25	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
Requerida:	65	0	20	0	35	0	0	0	0	0	10
Disponible:	-10	30	10	10	-25	0	0	0	0	0	-10

De tal manera que las preguntas hechas con anterioridad podrían ser contestadas similarmente:

- ¿Cuándo llegará la cantidad pedida? En la cuarta semana.
- ¿Es un solo embarque o la suma de varios embarques? Un solo embarque de 25.
- ¿Cuándo se consumirá la existencia en el almacén? Durante las semanas 1 y 3.
- ¿Se consumirá en un sólo lote de producción o en varios? En dos lotes de producción.
- ¿Cuándo se agotará la existencia en el almacén? En la tercer semana.
- ¿Cuándo debemos colocar un nuevo pedido? Con anticipación a la tercer semana.
- ¿Debemos colocar un sólo pedido o varios pedidos? Al menos otro pedido de 10.

Como se muestra en este ejemplo, al integrar el tiempo en forma de periodos se está adicionando un invaluable elemento de información. En la tercer semana la cantidad disponible es negativa, lo que indica que aunque pareciera que la cobertura planeada para las primeras 8 semanas es adecuada, en realidad lo que sucede es que en la semana 3 habrá un faltante y que la cantidad pedida para la semana 4 llegará defasada por una semana. Esto implica un retraso en la disponibilidad del material. Lo importante de este enfoque es que el planeador del inventario tiene un horizonte de n semanas de anticipación, lo cual le permite prever las acciones que debe llevar a cabo, en este caso debe adelantar la llegada de las 25 unidades una semana antes de lo planeado.

Considero que, con la ayuda de la presentación anterior, se haga evidente la importancia de establecer los registros que nos permitan conocer claramente el estatus del inventario.

6. El Programa Maestro de Producción y el Horizonte de Planeación

¿ Todas las compañías de manufactura deberían tener un plan maestro de producción ? Sería difícil concebir la operación de una planta sin un programa de producción. En cualquier operación de manufactura, la suma total de lo que será producido en cualquier periodo de tiempo es equivalente a un programa maestro de producción. Lo que algunos gerentes de producción quieren realmente decir, cuando se refieren a que no tienen un programa maestro de producción, es que éste programa no está expresamente establecido en un documento formal. La creación y mantenimiento de un plan maestro de producción es un requisito indispensable, si se

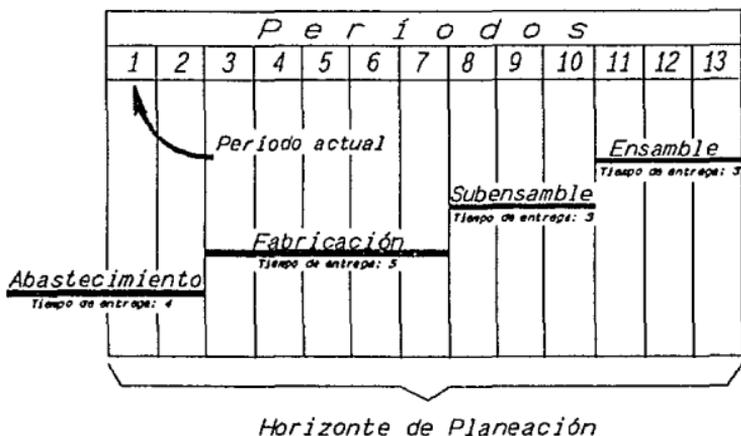
tiene el propósito de usar sistemas de explosiones de materiales como apoyo para la planeación de compras.

En principio es importante aclarar que, un programa maestro de producción no debe ser confundido con un simple pronóstico. Un pronóstico, en sentido amplio, representa una estimación de la demanda, mientras que el programa maestro de producción constituye un plan de producción. Esto no es lo mismo. Se debe mantener una diferencia clara entre las funciones de desarrollo de pronósticos de demanda y las funciones de planeación y programación de la producción. El programa maestro de producción establece los requerimientos de artículos terminados, indicando las cantidades a producir y las fechas precisas (en períodos). En el apartado 3 se estableció que un "artículo terminado" es un artículo de primer nivel que será usado por el procesador de listas de materiales para "explotar" los requerimientos de materiales. Debe haber correspondencia consecuentemente, entre cada artículo en la lista de materiales y los términos en los cuales se establece el programa maestro de producción. Los artículos terminados pueden ser, productos, ensambles mayores, grupos de componentes incluidos en pseudo-listas, o incluso partes individuales usadas en el más alto nivel de una estructura de producto.

Las fuentes para integrar la cantidad a producir de un artículo, en un período dado, pueden ser los pedidos de los clientes, los pronósticos de ventas, los pedidos de partes de servicio (refacciones), los subproductos, las maquilas entre plantas, u otras fuentes externas de demanda. Las ordenes de producción son técnicamente parte del programa maestro de producción, aunque no aparezcan explícitamente en el documento formal, dado que será a través de un programa de requerimientos brutos como serán incluidos finalmente, revisando sus respectivos registros de inventario.

El formato de un programa maestro de producción es normalmente una matriz que presenta cantidades de cada artículo divididas en períodos. El significado de estas cantidades en relación con el tiempo es fijado convencionalmente, en ocasiones puede representar una disponibilidad, en otros casos una producción. Esto dependerá del grado de integración que exista entre el programa maestro de producción y el plan de requerimientos de materiales. La principal dificultad para lograr uniformidad estriba en el hecho de que, generalmente, los pronósticos de ventas y mercadeo que usa la alta dirección están desarrollados y establecidos en términos de meses o trimestres y normalmente por modelos de productos. En principio los períodos deben estar establecidos en las mismas unidades de tiempo, tanto para el programa maestro de producción como para el plan de requerimientos de materiales, típicamente se usan semanas, sin embargo la duración del período debe ser establecido en función del

tiempo de entrega, ya sea por parte de los proveedores o por parte de producción. Para propósitos de Planeación de inventario, el horizonte de planeación debe ser al menos igual al tiempo acumulado del proceso de elaboración de los productos. Si es menor no se tendría la capacidad de colocar, con la anticipación requerida, las órdenes de producción o compras provocando consecuentemente que siempre se tengan retrasos. El siguiente ejemplo nos permitirá ilustrar este caso (1).



En esta figura se puede notar que el tiempo necesario para elaborar el producto es de 15 semanas mientras que el horizonte de planeación es sólo de 13 semanas. La orden para abastecimiento de materiales debió haberse colocado 2 semanas antes del periodo actual. Lo menos que se puede hacer, dadas estas circunstancias, es colocar en el periodo actual la orden de compra, y obviamente el producto estará siendo terminado dos semanas más tarde de lo planeado. El periodo de tiempo comprendido en el horizonte de planeación puede ser dividido en dos porciones, una en *firme* y otra *tentativa*.

(1) J.A.Orlicky, Material Requirements Planning, 1975.

La porción en firme estaría integrada por el tiempo de entrega acumulado (de compra y de manufactura) y representa a los pedidos que están siendo procesados de acuerdo al programa maestro de producción. Mientras que la porción tentativa serviría para preparar las órdenes de compra y manufactura sin que sean "liberadas", es decir, que aún no forman parte del programa maestro de producción y por lo tanto no implican la emisión de ninguna orden de compra o de producción.

Las funciones más importantes del programa maestro de producción son ⁽¹⁾:

- a) *Cubrir el horizonte a corto plazo.* Sirviendo como base para la planeación de requerimientos de materiales a corto plazo, la producción de componentes, la planeación de prioridades en las órdenes de producción y de compras y la planeación a corto plazo de los requerimientos de capacidades de planta.
- b) *Cubrir el horizonte a largo plazo.* Sirviendo como base para estimar las demandas a largo plazo sobre capacidades de planta, requerimientos de espacio de almacenamiento, mano de obra calificada y sobre otros recursos de la compañía.

Básicamente estos objetivos se pueden asociar con las porciones en firme y tentativa del programa maestro de producción mencionado anteriormente. En síntesis podríamos afirmar que, aunque el método para desarrollar un plan maestro de producción varía de compañía a compañía, el procedimiento general incluye los siguientes pasos:

- a) *Identificar las fuentes de la demanda.* Como pueden ser los pedidos de los clientes, pedidos de nuestros distribuidores o agencias de ventas, requerimientos de partes para servicio de nuestros almacenes, pronósticos, existencias de seguridad, maquilas, etc.
- b) *Planear los requerimientos de los recursos de la planta.* Como pueden ser tiempos de procesos en máquinas, capacidades o rendimientos por hora, espacio disponible, capital de trabajo, etc. Para realizar este trabajo son útiles las simulaciones de los efectos que pueden tener diferentes programas maestros alternos.

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.

- c) *Establecer el programa maestro de producción definitivo.* Deberá ajustarse a los límites de carga de la capacidad disponible en la planta productiva. El programa maestro debe estar definido concretamente en términos de lo que puede y debe ser producido. No se debe caer en la tentación de vacilar entre lo que la administración desearía que hubiera sido producido en el pasado o pudiera producirse en un futuro cercano.

Lo que puede ser producido está en función de la disponibilidad de materiales, el tiempo y capacidad de producción. La falta de un material crítico o de tiempo para la entrega o de capacidad en la planta afectan a la producción, y estos factores pueden realmente distorsionar la utilidad del programa maestro de producción. La clasificación de los problemas que se generan por estos factores puede ser la siguiente: problemas en la planeación de los inventarios, problemas en la planeación de las compras y finalmente problemas de producción.

7. Conceptos elementales de bases de datos

Hasta aquí se han descrito algunas características del modelo de explosión de materiales sin efectuar ninguna consideración al hecho de que no es práctico manejarlo manualmente, por sencillas que sean las estructuras de los productos, el programa de producción, el pronóstico de ventas, etc. Este modelo se basa en el uso de las computadoras, y aún estas pueden ser inútiles, o hacemos más complejo el trabajo, si no están debidamente elaborados los programas del procesador de materiales o si no están adecuadamente estructurados los datos. Es importante señalar que la cantidad de datos que se manejan para el modelo de explosión de materiales puede llegar a ser muy grande, tanto que, aún con una computadora muy rápida, los resultados pueden tomar mucho tiempo para calcularse. No es práctico usar cualquier tecnología para efectuar los programas de explosiones e implosiones, es necesario utilizar la tecnología de bases de datos. La pregunta obligada entonces es *¿Que es una base de datos?* En la parte final de este capítulo haremos una revisión de este importante elemento de nuestro modelo.

Una *base de datos* es una colección de datos formateados regularmente a la que más de una persona tiene acceso y/o que emplea para más de un propósito. Las bases

de datos pueden ser o bien una colección grande de datos similares, tales como aquellos relacionados con la reservación de asientos de las líneas aéreas, o bien pueden constar de varios datos relacionados, tales como los que se utilizan en un sistema de contabilidad integrado. Hay varias ventajas al usar una única base de datos compartida en la cuál los datos se almacenan sólo una vez, en lugar de mantener varios archivos separadamente (1):

- a) Se pueden ahorrar recursos si los datos se reúnen y almacenan sin duplicarse. Además podrían aplicarse economías de escala si todos los datos se almacenan en un lugar bajo una sola administración.
- b) Los datos se pueden aprovechar mejor así que si se almacenan separadamente. Si un nuevo usuario o una nueva aplicación requieren emplear datos que ya están en la base de datos, entonces se puede satisfacer tal requerimiento en forma muy simple. Si por el contrario, los datos requeridos se almacenan en varios lugares bajo diversas vías de manejo, entonces acceder a ellos puede requerir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo.
- c) Es probable que los datos contengan menos errores. En particular, las inconsistencias de datos ocurrirán probablemente menos veces. Uno de los problemas de mantener varios conjuntos de datos separados es que algunas copias pueden estar actualizadas mientras que otras pueden quedar pronto obsoletas. Un problema similar nos ocurriría si manejáramos dos agendas de citas. Cuando dos archivos supuestamente idénticos contienen datos contradictorios se dice que son inconsistentes. Este problema ocurre con menos frecuencia si se utiliza una base de datos puesto que, en general, hay menos redundancia (duplicación) de los datos.

Entre los inconvenientes que se podrían argumentar se encuentran:

- a) Los datos deben transmitirse desde las fuentes hasta la base de datos central y desde aquí hasta los usuarios finales.
- b) Las medidas de seguridad y privacidad deben reforzarse en el acceso a las bases de datos para evitar la lectura o actualización de datos no autorizados. Esto es probablemente más complicado que si los datos estuvieran agrupados en varios archivos separados.

(1) C.J.Date, An Introduction to Database Systems. 1981.

- c) Necesitan crearse formatos de datos estándares, y todos los usuarios de la base de datos deben adoptarlos (como puede ser la utilización de identificaciones únicas de producto).

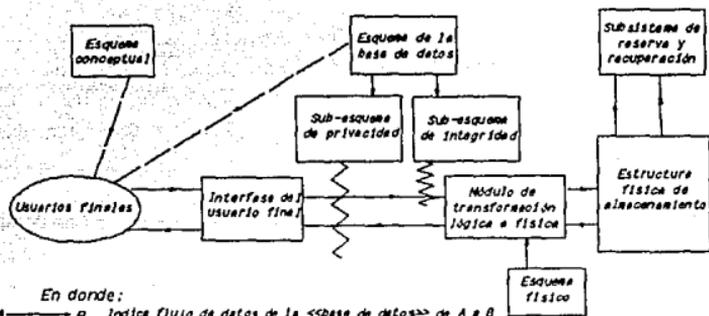
Con respecto a las dos últimas consideraciones, también se puede argumentar que no representan en realidad desventajas, sino que serían las normas que se deben adoptar al utilizar una base de datos, de cualquier forma con o sin una base de datos son medidas que se deberían respetar. Otras tareas que aparecen como consecuencia del empleo de bases de datos, y que integrarán la parte de su administración, son realizadas por un "sistema de bases de datos". Tal sistema es un conjunto de recursos cuya responsabilidad colectiva incluye lo siguiente ⁽¹⁾:

- a) Almacenar los datos.
- b) Mantener la seguridad de la base de datos reforzando las medidas de privacidad e integridad y proporcionando la reserva necesaria para prever fallos en equipos y programas.
- c) Proporcionar las interfaces con las rutinas necesarias de entrada/salida de tal forma que los usuarios puedan acceder a la base de datos cuando lo requieran.

En este trabajo se dará por supuesto que la base de datos reside en un medio de rápido acceso de la computadora.

Otro aspecto importante referente a las bases de datos es su arquitectura funcional. Por "funcional" queremos decir que esa arquitectura indica las diferentes funciones o medios disponibles en los sistemas de bases de datos. La arquitectura no representa necesariamente la construcción física de tales sistemas. Como puede verse en la figura de la página siguiente, la arquitectura de los sistemas de bases de datos puede comprender hasta nueve módulos, mismos que se detallan a continuación ⁽²⁾:

(1,2) R.Frost, Bases de Datos y Sistemas Expertos, Ingeniería del Conocimiento, 1989.



En donde:
 A — B Indica flujo de datos de la «base de datos» de A a B
 A — B Indica flujo de datos de referencia del «esquema» de A a B
 A — B Indica una restricción en el flujo de datos entre A y B

El *esquema conceptual* es el punto de arranque para el diseño de una base de datos, y consiste en una descripción abstracta y general de la parte del universo organizacional que la base de datos va a representar, tiene varios usos en el contexto de diseño del sistema de bases de datos:

- a) Puede emplearse al comienzo del proceso de diseño para integrar los intereses de los diversos usuarios.
- b) Es una descripción útil para la comunicación con los usuarios no técnicos. El área de aplicación está descrito sin hacer referencia a requerimientos de acceso o consideraciones de almacenamiento físico, está por lo tanto libre de la jerga técnica de sistemas.
- c) Ayuda al diseñador a construir un sistema de bases de datos más duradero, ya que se pueden identificar las vías de acceso a los datos que, aunque no se requieran por el momento, pueden ser necesarias más adelante.
- d) Una vez diseñada la base de datos, el esquema conceptual puede utilizarse para presentarlo a usuarios potenciales, aspecto de máxima importancia en grandes empresas que se transfieren tecnología de sistemas. Este mismo esquema conceptual puede ayudar a identificar deficiencias fundamentales de organización o flujo de información.

Un *esquema de base de datos* es una descripción de los datos que están almacenados, especifica qué elementos integran a estos datos y qué caminos de acceso se proporcionan entre estos elementos. Contiene también las especificaciones de las

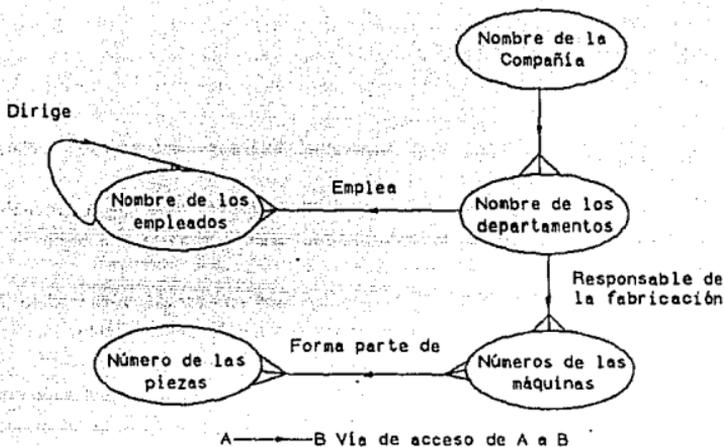
restricciones de privacidad e integridad. De alguna manera es similar al esquema conceptual, pero se trata más bien de una descripción de datos que de la realidad.

Algunos aspectos de la realidad descritos en el esquema conceptual no serán representados por datos en el esquema de una base de datos. Las tareas asociadas al diseño del esquema de la base de datos incluyen:

- a) Identificar los datos requeridos. Tarea que consiste en identificar qué partes del área de aplicación deberían estar representadas por datos y cuándo y cómo deberán presentarse a los usuarios. Esta tarea pertenece al campo de análisis de sistemas y requiere habilidad y experiencia práctica.
- b) Analizar los datos. Implica la definición y clasificación de los datos, integrándolos en un diccionario que contiene una descripción de todos los elementos de datos que el sistema va a procesar. Entre las propiedades que puede contener el diccionario de datos se tienen las siguientes: Nombre del dato, sinónimos, definición o descripción de la entidad del mundo real que representa, tipo de dato (carácter, numérico, alfabético, lógico, etc.), formato, restricciones de acceso, relación con otros elementos de datos, etc.
- c) Especificar los paquetes de entrada / salida. En esta fase del trabajo se determina cómo se deben "empaquetar" los grupos de datos para la entrada y la salida del sistema. Es necesario racionalizar las necesidades del usuario con el fin de construir un conjunto mínimo de requerimientos.

Resulta útil pensar en el esquema de la base de datos como si fuera una red, tal como la que se muestra en la figura de la página siguiente (1).

(1) R. Frost, Bases de Datos y Sistemas Expertos, Ingeniería del Conocimiento, 1989.



Los nodos representan tipos de datos, y los arcos dirigidos vías de acceso entre tipos de datos.

En un esquema completo, los nodos contendrían información que podría incluir:

- El nombre del tipo de datos.
- La definición del dato o una referencia al diccionario de datos donde se encuentre ésta.
- Una lista de los diversos formatos usados para cada paquete de entrada / salida.
- Lista de las restricciones de integridad de los datos, por ejemplo rangos válidos.

Los arcos dirigidos pueden contener etiquetas con la siguiente información:

- El nombre de la vía de acceso o la relación que el arco representa.
- Una definición de la relación o la referencia al diccionario de datos que la contiene.
- Una lista de los usos de la vía de acceso.
- Una lista de las restricciones de integridad que se aplican.

En este esquema no se menciona cómo se van a implantar las vías de acceso, por lo tanto a veces se le conoce como "esquema lógico" para distinguirlo del esquema físico o interno, mismo que se explica a continuación.

El *esquema interno* es una descripción de la estructura física de la base de datos, en esta se indican detalles del tipo de archivos que serán usados, de los formatos de registro, factores de bloqueaje, etc. Es construido como parte del proceso de diseño.

La distinción entre los esquemas conceptual, lógico y físico se puede aclarar mediante el siguiente ejemplo:

Esquema conceptual: El universo consta de 20 compañías, cada una de las cuales emplea entre 50 y 200 trabajadores, cada empleado trabaja para una sola compañía y tiene una edad única.

Esquema lógico: La estructura lógica de los datos está basada en el modelo de datos relacional y consta de una relación única con los dominios "nombres de los empleados", "edad" y "compañía".

Esquema físico: La relación se cumple como un archivo secuencial indexado con el nombre de los empleados como clave, junto con un conjunto de listas invertidas, una para cada compañía.

Se conoce como *estructura de almacenamiento físico* a la estructura en la que realmente reside la base de datos. Normalmente, consta de equipos tales como unidades de discos, cintas o grandes almacenamientos RAM (memorias de acceso aleatorio), junto con programas que manipulan diversas estructuras de datos que están contenidos en estos equipos.

Una estructura de datos es una colección de elementos relacionados de alguna manera, cada uno de los cuales tiene un valor y un conjunto de operaciones válidas de manipulación.

Algunos tipos de estructuras de datos utilizados comunmente son: enteros, reales, de caracteres, booleanos, matrices, tablas, registros, archivos de acceso secuencial, archivos de acceso directo, archivos de acceso secuencial indexado, estructuras de bases de datos jerárquicas, de red, relacionales, relacionales binarias, etc.

Entre las operaciones permitidas en las estructuras de datos se tiene: el acceso directo a un elemento por su posición en su estructura, acceso directo a un elemento por su nombre, cambio del valor de un elemento, eliminación de un elemento, cambio de relación entre elementos, etc.

Para un esquema de bases de datos sencillo podría bastar una estructura de datos elemental. Para esquemas más complicados es probable que se requieran estructuras de almacenamiento más sofisticadas.

La *interfase del usuario final* es aquella parte del sistema de base de datos disponible a los usuarios. Normalmente consta de pantallas, teclados, impresoras y un soporte de programación muy sencillo para ser manejado expresamente por los usuarios. Tal soporte incluye programas de aplicación, generadores de programas de informes y lenguajes de consulta. Las interfase más comunes son conocidas como programas de aplicación, los cuales, cuando son ejecutados, permiten a los usuarios finales, introducir, recuperar y actualizar datos de la base de datos. Lo más importante de un programa de aplicación es que, el usuario, no necesita ser experto en la base de datos, su única preocupación tendría que referirse a las restricciones de integridad que se aplican a los datos y a las acciones que se desprenden del significado de los mensajes "inmediatos" que son proporcionados por los programas de aplicación. Los generadores de programas de informes y los lenguajes de consultas son utilerías que ayudan a los usuarios a crear informes, y requieren, para su uso apropiado, del conocimiento de los contenidos de la base de datos y de los caminos de acceso a los datos.

La privacidad es definida como una propiedad de la base de datos que refleja hasta qué punto los datos están protegidos contra el acceso no autorizado. El *subsistema de privacidad* protege a la base de datos de tales accesos no autorizados. Cuando los usuarios intentan hacer la entrada o recuperación de algún dato, usando los programas de aplicación, el subsistema de privacidad consulta el esquema de la base de datos para ver si tal acceso está permitido, y actuar en consecuencia. Este subsistema es construido a partir de los requerimientos de privacidad que fueron identificados durante el desarrollo del esquema conceptual. En términos simples se identifica a los usuarios que tienen derecho a consultar o actualizar ciertos datos. El esquema conceptual puede contener una declaración similar a la siguiente: A y B son los únicos empleados a quienes se permite conocer los salarios de los otros empleados. Durante el diseño posterior del esquema de la base de datos, tales declaraciones se convierten en las "restricciones de acceso", las cuales son expresadas en función de los elementos de datos y de los caminos de acceso. Se diseñan programas que actuarán como árbitros y cuyas funciones pueden ser las siguientes: Identificar al usuario, listar los nodos y/o arcos del esquema de la base de datos que corresponden a la parte de la base de datos a la que el usuario está intentando acceder, y consultar las restricciones de acceso para ver si tal acceso está permitido.

El *subsistema de integridad* es responsable de mantener la integridad de la base de datos, protegiéndola contra modificaciones no válidas. Se define como "integridad" de una base de datos a la propiedad que refleja hasta qué punto la base de datos es un

modelo preciso de aquella parte del universo que representa. Entre los errores de los datos que éste subsistema trata de evitar se cuentan ⁽¹⁾:

- a) Partes del universo que son observadas incorrectamente antes de ser representadas mediante los datos. Por ejemplo, las mediciones de un termómetro mal calibrado.
- b) Las observaciones que no se efectúan con suficiente frecuencia. Por ejemplo, no registrar el cambio de departamento de un empleado.
- c) Los datos se desvirtúan al hacer la codificación, transcripción y/o transmisión. Por ejemplo, cometer errores durante la captura de los datos.
- d) Se introducen errores a causa de actualizaciones concurrentes. Por ejemplo, al actualizar la existencia de inventarios, un usuario registra una entrada a un material al mismo tiempo que otro usuario registra una salida del mismo material, sin que exista un bloqueo de acceso del registro, en este caso el saldo inicial de cada movimiento es el mismo, y dependiendo de quién haya sido el último en terminar su operación, será como quede registrado el saldo. De cualquier forma siempre será erróneo.
- e) Se desvirtúan los datos por fallas del equipo. Por ejemplo, cuando se dañan los diskettes de respaldos y un grupo de los archivos es actualizada sin afectar a los demás.

El *subsistema de reserva y recuperación* es el módulo que reconstruye a la base de datos después de alteraciones debidas a fallos del equipo o de los programas. La recuperación de tales alteraciones se lleva a cabo mediante el empleo de estrategias de bloqueo, transacciones, archivos de reserva y rutinas de recuperación. En síntesis las estrategias de bloqueo determinan cómo se dividirá la base de datos en unidades para su actualización.

Mientras se actualiza una copia de la unidad, el original está bloqueado para evitar cualquier acceso a él, al finalizar la actualización la nueva versión reemplaza a la antigua. Este proceso sirve para evitar los errores derivados de la actualización concurrente.

(1) R.Frost, *Bases de Datos y Sistemas Expertos, Ingeniería del Conocimiento*, 1989.

Las transacciones son colecciones de accesos a la base de datos en una unidad de procesamiento y es parte del diseño de la unidad de trabajo del usuario. Los archivos de reserva son respaldos de los archivos originales después de haber sido actualizados y son creados periódicamente, en forma habitual se pueden generar diariamente, semanalmente, mensualmente, anualmente, etc. Las rutinas de recuperación determinan cómo puede reinstalarse una versión correcta de la base de datos después de un fallo del sistema. Deberá regresar al estado del sistema previo al fallo.

Se ha descrito qué es un sistema de bases de datos y los elementos que lo componen. Para efecto de nuestro trabajo basta con estas definiciones que se usarán en el siguiente capítulo para integrar el modelo de explosión de materiales.

NO
EXISTE
PAGINA

Capítulo IV. Integración y manejo de los nuevos conceptos

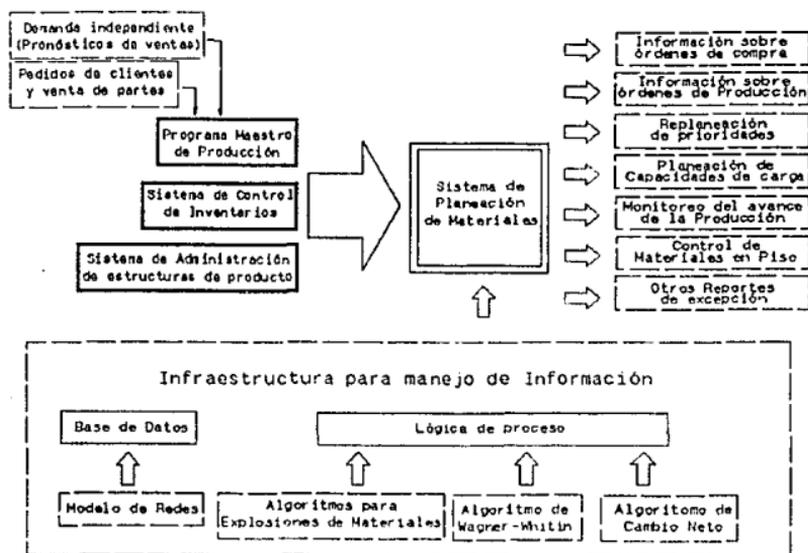
1. Definición del modelo conceptual	106
2. Definición de la base de datos	109
2.1 Consideraciones generales.	109
2.2 La base de datos de red.	111
2.3 Aplicación en el modelo de explosión de materiales.	115
3. Lógica del proceso	122
3.1 El Algoritmo de Wagner-Whitin.	123
3.2 El Algoritmo de Cambio Neto.	128
4. Aplicación en la práctica (Adecuaciones a la industria de proceso).	133
4.1 Fórmulas y preparados.	133
4.2 Precisión de los Inventarios.	134
4.3 Manejo de pérdidas, desperdicios y potencial.	135
4.4 Semi-productos y co-productos.	136
4.5 Manejo de Costos.	136
4.6 Manejo de sucedáneos.	137
4.7 Ejemplos de utilización.	138
5. Comentarios sobre el modelo: Un nuevo enfoque para la planeación	139
5.1 Integrando las funciones de la compañía.	139

En el último capítulo se presenta un modelo que integra los elementos que ya han sido mencionados, un plan maestro de producción, registros de transacciones de inventario en línea, y archivos actualizados de estructuras de producto.

1. Definición del modelo conceptual

Existen varios enfoques para presentar un modelo de explosión de materiales, sin embargo en este trabajo solamente se mostrarán las técnicas que en nuestra opinión tienen mayor aceptación y han sido usadas con mayor éxito en las empresas de manufactura. Lo único que no debemos perder de vista, y que ya ha sido señalado anteriormente, es que este tipo de técnicas no son utilizadas habitualmente en el medio mexicano.

Se ha preparado el modelo conceptual de un sistema para planeación basado en explosiones de materiales, en el que se determinan sus características y especificaciones así como el marco de referencia para una adecuada utilización. Tal modelo se presenta a continuación:



Este modelo contiene las principales funciones de los sistemas para Planeación de Requerimientos de Materiales como son la definición del Programa Maestro de Producción, las interfases con el Sistema de Control de Inventarios, y con el Sistema de Administración de estructuras de Productos, e incorpora algunas técnicas de bases de datos (Modelo de Redes), y de programación entera (Algoritmo de Wagner-Whitin).

La mayoría de estos conceptos ya han sido descritos en el capítulo anterior y por lo tanto no se profundizará más en ellos, sin embargo en el caso de los que no habían sido mencionados anteriormente y dada su importancia para el modelo, se efectuará una explicación detallada.

Algunos comentarios importantes acerca del modelo son:

Es insensible a las restricciones de capacidad de la planta, por lo tanto, tales restricciones deberán ser tomadas en cuenta durante el proceso de definición del Programa Maestro de Producción. En este sentido el modelo depende totalmente de la veracidad del programa de producción, ya que no tiene forma de validar si efectivamente se tiene la capacidad de planta para las cargas de producción que se definan.

El Sistema de Control de Inventario es una parte fundamental de este modelo, por lo tanto no debe ser manejado en forma manual sino que se debe integrar en la base de datos, de tal forma que sus registros puedan ser accedidos automáticamente y aporten la información del estatus de los artículos en todo tiempo. Asimismo se manejan en los mismos archivos los registros de órdenes de compra y de producción que estén colocadas.

Independientemente de su utilización para el área de ingeniería de producto, se debe tener registradas las listas de materiales en un sistema computacional, que pueda ser accedido automáticamente y aporte la estructura de los productos para el proceso de planeación de materiales a todos los niveles.

Se debe incorporar el procesador de listas de materiales, así como otros programas que aporten la lógica de proceso y los controles mínimos de validez de los datos. Todo esto será manejado por medio de una base de datos, ya que las actualizaciones pueden estar dándose con mucha frecuencia y este tipo de estructura de datos permiten la actualización simultánea, pero coordinada, de cada uno de los datos que afectan al proceso.

Se maneja un algoritmo de alta precisión para la determinación del tamaño de lote, en lugar de una aproximación, lo que permite garantizar un costo realmente

mínimo. Para este efecto se presenta el algoritmo de Wagner-Whitin según el modelo desarrollado por Fordyce y Webster (1).

El modelo será gobernado por una lógica de operación "nerviosa", es decir, que permite reaccionar inmediatamente a los cambios que vayan surgiendo, ya sean derivados por cambios en el programa de producción, por transacciones de inventario, por cambios en la estructura de los productos, o aún por cambios en los tiempos de entrega de los proveedores o del área de producción. Tal lógica de operación se conoce como algoritmo de cambio neto, en contraste con la lógica que pospone estos cambios hasta que se efectúa una reprogramación total de los requerimientos de materiales.

Entre las características que hacen de este modelo una herramienta muy efectiva para la administración de inventarios de manufactura se cuentan (2):

- a) La inversión en inventarios se mantiene en un mínimo.
- b) El sistema es sensitivo a los cambios, es decir, reactivo.
- c) Se provee al planeador de inventarios de una visión a futuro, artículo por artículo.
- d) La planeación de inventarios está orientada a la operación, no sólo al registro contable.
- e) Las cantidades ordenadas son generadas a partir de requerimientos.
- f) Se enfatiza el tiempo de los requerimientos, la cobertura y colocación de órdenes.

Debido a su particular enfoque hacia el manejo de los tiempos, este modelo puede generar información de suma utilidad para otras funciones de manufactura, tales como el sistema de compras, sistema de control de piso, sistema de programación de la producción, el sistema de despacho y el sistema de planeación de requerimientos de capacidad, sistemas que unificados dan lugar al concepto de Planeación de Requerimientos de Manufactura (MRP-II), cuyo enfoque abarca todas las funciones de Manufactura y que pretende integrarse a través de un sistema formal de comunicaciones sustentado en una base de datos para uso de la compañía entera. Tal concepto no será tratado en este trabajo, sin embargo es necesario mencionarlo y diferenciarlo ya que suele ser confundido con el concepto, más limitado, de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP-I).

(1) J.M. Fordyce, F.M. Webster *The Wagner-Whitin Algorithm Made Simple, P & Management* . 1984.

(2) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*. 1975.

Con la finalidad de conocer detalladamente las partes del modelo se iniciará definiendo la base de datos que cumpla con los objetivos de integridad de la información, y con las características de rapidez y seguridad en los accesos.

2. Definición de la base de datos

En el capítulo anterior ya se han comentado algunas generalidades sobre las bases de datos, sin embargo en esta sección trataremos detenidamente sobre las características que deberá cumplir la base de datos a utilizar para nuestro modelo.

2.1 Consideraciones generales.

Existen diferentes tipos de organización de datos, como tal entendemos a la forma en que se generan, se organizan y se accesan los archivos que contienen los datos. Entre las organizaciones más comunes que se puede encontrar, podemos mencionar las siguientes:

Archivos de tipo secuencial. Aquellos que se generan, y se accesan con el principio PEPS, (FIFO en inglés), es decir los registros que primero se graban, son los que primero se accesan. Como ejemplo podemos mencionar, los tarjeteros, las cintas magnéticas, etc.

Archivos de tipo relativo o aleatorio. Aquellos que se generan de acuerdo a un algoritmo de acceso directo, es decir que se pueden grabar y acceder en cualquier lugar del archivo, pero conservando una posición que siempre es relativa al principio del archivo.

Archivos de tipo secuencial-indexado. Aquellos que se generan en orden consecutivo de uno de sus campos conocido como llave. Tales archivos se componen de dos partes, una de ellas que contiene las llaves, y la segunda parte que contiene los datos. La forma en que se organiza la parte de datos es PEPS, pero existen apuntadores que las relacionan con la parte de las llaves, la cual es organizada en forma ascendente. De tal forma que por medio de la llave se accesa directamente un registro determinado.

Bases de datos de red. Son estructuras de datos que constan de entidades, atributos y relaciones. Las relaciones entre entidades están representadas por estructuras arborecentes, en donde los nodos son entidades y las ramas son las relaciones. Los atributos son propiedades de las entidades, vgr. si la entidad es una persona: la edad, la altura, etc.

Bases de datos relacionales. Son estructuras de datos integradas por entidades, conjuntos de entidades y relaciones entre estas entidades. Una definición más formal, pero demasiado técnica, puede ser "... una relación es un conjunto de n renglones $\langle e_1, e_2, e_3, \dots, e_n \rangle$ donde la entidad e_1 pertenece al conjunto entidad E_1 , e_2 pertenece al conjunto entidad E_2 , etc. Y estas relaciones están representadas por medio de tablas ..." (1).

Dado que el volumen de datos es verdaderamente alto, el acceso requiere de mucho trabajo, y a que el método de organización de los archivos es demasiado simple, es decir, que requeriría de múltiples operaciones para introducir y acceder cada uno de los datos, no se considerarán los archivos secuenciales para el manejo de este modelo, ya que impone demasiadas restricciones.

Si presentáramos el algoritmo de un sistema regenerativo, que implica básicamente un proceso por lotes (batch), entonces serían opciones aceptables los archivos secuenciales indexados y los relativos, pero como ya se ha indicado anteriormente se utilizará el algoritmo de cambio neto, por lo que se requiere de medios más sofisticados para almacenar los datos y conservar su integridad y confidencialidad. Quizá lo más importante es que este trabajo debe ser efectuado por los usuarios finales a través de transacciones. Una transacción es una característica de la interfase al usuario, diseñada concretamente para los sistemas en línea. Por *sistema en línea* se entiende un sistema estimulado por los usuarios finales, es decir, un sistema que reacciona a los mandatos dados por los usuarios finales desde terminales en línea. Como ejemplo considérese un sistema bancario, donde los usuarios finales son los empleados del banco y los mandatos que pueden emitir son, por ejemplo, "despliegue el saldo en la cuenta A", "deposite x pesos en la cuenta A", "retire x pesos de la cuenta A", y así sucesivamente. El procesamiento llevado a cabo para un mandato de entrada se llama transacción.

(1) R. Frost. Bases de Datos y Sistemas Expertos. Ingeniería del Conocimiento. 1986.

Las características de los manejadores de las bases de datos comerciales, hacen que no sea práctico hacer una diferenciación absoluta entre ellos, quizá y sólo buscando ilustrar la gran variedad existente, sea posible mencionar algunos, incluyendo al fabricante: IMS (IBM-jerárquico), IDMS (CODASYL-DBTG), CULLINET (CULLINANE-red), dBASE IV (ASTHON TATE-relacional), DB2 (IBM-relacional), IFS-TPS6 (HONEYWELL-red), IMAGE (HP-red), ADABAS (¿?-red), etc. Entre ellos se pueden identificar los del tipo relacional, jerárquico, DBTG y de red.

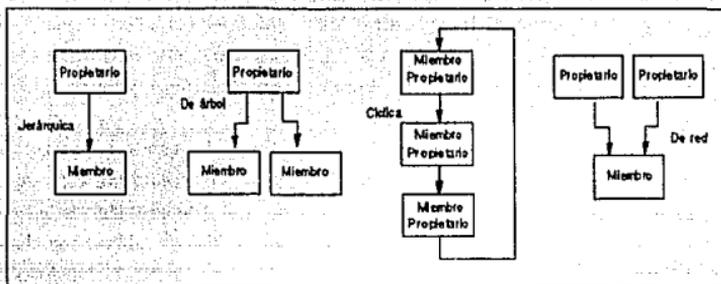
Como conclusión se debe poner de relieve el hecho de que no existe una base de datos o una estructura de almacenamiento "óptima". Lo que sea mejor depende de lo que sea importante para la empresa. Le corresponde al Administrador de la base de datos equilibrar numerosos requerimientos, a veces conflictivos, al hacer su elección. Las consideraciones que se deben tener en cuenta comprenden la rapidez de los accesos, la dificultad de efectuar cambios, la cantidad de espacio de almacenamiento disponible, la facilidad con que la base de datos se pueda reorganizar y la frecuencia deseada de tal reorganización, los problemas de recuperación en caso de daños a la base de datos, etc.

A continuación se presenta el modelo de base de datos de red, misma que ha tenido gran preferencia en macro y minicomputadoras de varios fabricantes, para el manejo de múltiples aplicaciones, entre otras las referentes al área de manufactura. La característica que le confiere mayor ventaja sobre otros tipos de bases de datos es su consumo mínimo de recursos, tales como CPU, memoria y espacio en disco. Es importante mencionar que en la actualidad ya existen microcomputadores que disponen de enormes cantidades de memoria y espacio en disco, y que manejan el modelo relacional. Por lo tanto el consumo mínimo de recursos podría ser visto como una ventaja relativa, sin embargo, los grandes fabricantes no están reescribiendo sus paquetes para ser manejados en bases de datos relacionales ya que actualmente no son eficientes para manejar grandes volúmenes de información.

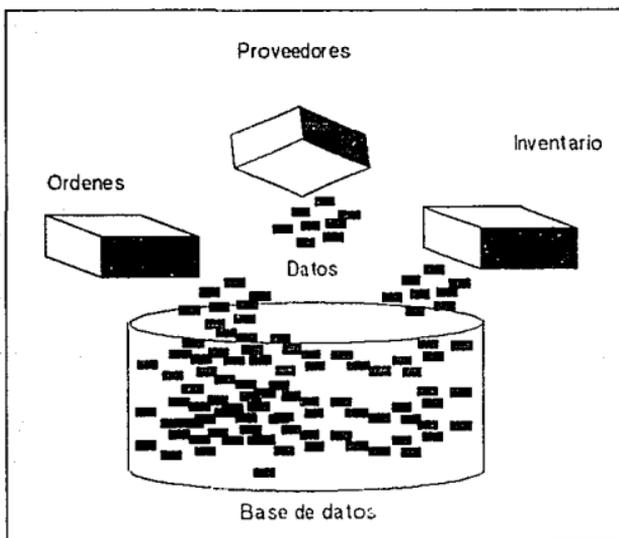
2.2 La base de datos de red.

La mayoría de los paquetes para planeación de materiales fueron diseñados en la pasada década principalmente para ser manejados en macro y minicomputadoras, y han sido bases de datos de red las elegidas para manipular los extensos archivos requeridos. A continuación se presentan algunas características de organización de la base de datos de red.

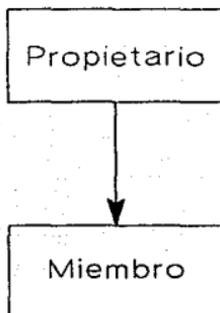
- a) Es posible diseñar diferentes estructuras entre archivos, entre otras de tipo jerárquico, de árbol, cíclicas y de red.



- b) Es posible administrar en forma interrelacionada datos alimentados por diferentes usuarios, logrando la integración y consolidación de información y evitando las redundancias.



- c) Se basa en el manejo de apuntadores, transparente al usuario, lo cual permite acceder en forma directa los registros que están siendo entrelazados. Esto es efectuado por una relación propietario - miembro, en la que un archivo actúa como propietario de una cadena y el segundo archivo es el miembro. En este esquema cada registro del archivo propietario tiene entrelazados, por medio de apuntadores, algunos registros del archivo miembro.



- d) Las relaciones existentes entre un registro del archivo propietario y los registros que tiene entrelazados en el archivo miembro se efectúan por medio de 2 apuntadores en el registro propietario y 3 apuntadores en cada registro miembro. El primer apuntador del registro propietario está dirigido al primer registro miembro de la cadena, el segundo apuntador está dirigido al último registro miembro de éste propietario. El primer apuntador de un registro miembro está dirigido al siguiente registro miembro de la cadena, el segundo apuntador de un registro miembro está dirigido al registro miembro anterior de la cadena, por último el tercer apuntador de un registro miembro está dirigido al registro propietario de la cadena. Véase la figura de la siguiente página:

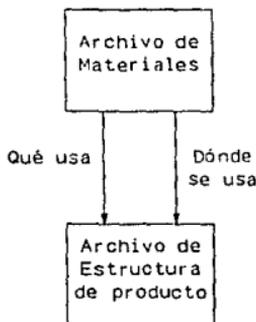
Tal versatilidad de manejo ha impulsado la difusión de las bases de datos de red en el área de manufactura. Pueden usarse para crear fácilmente modelos de la mayor parte de las estructuras de la organización que queramos representar mediante datos. La forma en que es usado más ampliamente es representando entidades en registros, atributos en campos de registros y relaciones entre entidades mediante apuntadores.

2.3 Aplicación en el modelo de explosión de materiales.

Para explicar la forma en que se utiliza esta base de datos se usarán los siguientes conceptos:

- a) Existe un archivo de materiales (o componentes), el cuál contiene los códigos y nombres de cada uno de los artículos que se manejan en inventario. Tal archivo será el propietario.
- b) Existe un archivo de estructura de productos, el cuál contiene únicamente la cantidad que se usará para elaborar un producto. Este archivo será el miembro.
- c) Existen dos cadenas o ligas lógicas entre el archivo de materiales y el archivo de estructura de producto. La primera sirve para accesar las cantidades que son usadas para elaborar un producto. La segunda sirve para accesar las cantidades en que ése material es usado en diversos productos.

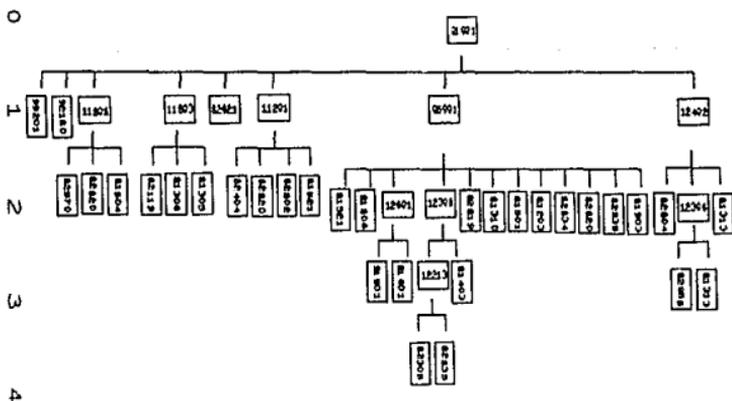
El esquema lógico de esta parte de la base de datos se presenta en el siguiente diagrama:



El archivo de materiales contiene, entre otros muchos datos, los códigos y nombres de todos los artículos del inventario de manufactura, sin embargo no se incluirán en los ejemplos a fin de simplificarlos lo más posible. Cada registro en el archivo de estructura de productos únicamente incluirá las cantidades necesarias para la utilización de un componente en un ensamble o fórmula.

Considérese la siguiente estructura de producto:

Estructura de Producto



En esta figura se presenta un producto con 5 niveles de composición, en el primer nivel se presenta el componente principal, a segundo nivel se encuentran 8 componentes, es decir el primero usa directamente 8 ingredientes. Sin embargo 5 de ellos son preparados, es decir tienen a su vez otros componentes, y así sucesivamente se van desglosando cada uno de los componentes hasta que todos han sido dibujados. Tal como se mostró en el ejemplo del capítulo anterior no es práctico usar diagramas para conocer los materiales a utilizar, ni para calcular las cantidades en que se requerirán. A continuación se explicará cómo se insertan los registros de componentes en los archivos descritos anteriormente.

En los siguientes diagramas se mostrará la interacción entre los apuntadores de los dos archivos: En el primer diagrama está el archivo de componentes, mostrando en la parte izquierda los apuntadores que indican el número de ingredientes usados, dónde está el primero y dónde está el último, y en la parte derecha el número de veces que se usa, dónde se usa por primera vez, y dónde por última vez; En el segundo diagrama está el archivo de estructura de producto, en el que a la izquierda se indica la fórmula o ensamble que es el propietario del registro, la dirección del siguiente registro y la del anterior, y en la parte derecha se indica el componente o material que es usado, el siguiente uso del mismo material y el uso anterior.

Total masa de 1kg. 1kg/1kg			Utl. Pagaré.	NRR	Archivo de componentes	Fórmula ingrediente	Total Usado	kg. Usado	Utl. Usado
8	1	8	1	1	01001-Pastelito		0	0	0
12	12	23	2	2	05001-Batido		1	2	2
4	24	27	3	3	11201-Crema		1	3	3
3	28	30	4	4	11803-Cobertura V.		1	5	5
3	31	33	5	5	11808-Grenke		1	6	6
2	40	41	6	6	12213-Preparado (6)		1	37	37
2	34	35	7	7	12306-Antioxidante preparado		1	10	10
2	36	37	8	8	12308-Esmal "B" (1)		1	20	20
3	9	11	9	9	12402-Desmoldante Panavel y pastel		1	1	1
2	38	39	10	10	12601-Huevo Líquido		1	21	21
0	0	0	11	11	81203-Harina de trigo		1	16	16
0	0	0	12	12	81305-Manteca Tipo (3A)		1	28	28
0	0	0	13	13	81306-Manteca tipo (3B)		1	29	29
0	0	0	14	14	81310-Manteca tipo 7		1	18	18
0	0	0	15	15	81313-Aceite (1)		2	9	34
0	0	0	16	16	81403-Monocelato de Sorbitan		1	36	36
0	0	0	17	17	81501-Azúcar refinada		1	17	17
0	0	0	18	18	81504-Azúcar Glass Estándar		1	31	31
0	0	0	19	19	81521-Jarabe Fructosa (1)		2	23	24
0	0	0	20	20	81601-Huevo fresco (1)		1	38	38
0	0	0	21	21	81806-Texturizante (6)		1	22	22
0	0	0	22	22	81903-Polvo de hornear		1	12	12
0	0	0	23	23	82119-Pasta Cobertura (2)		1	30	30
0	0	0	24	24	82305-Amarillo huevo (1)		1	41	41
0	0	0	25	25	82404-Butterscotch		1	27	27
0	0	0	26	26	82570-Canela (2)		1	33	33
0	0	0	27	27	82621-Mermelada de Fresa		1	4	4
0	0	0	28	28	82802-Acido Citrico		1	25	25
0	0	0	29	29	82804-Acido Sorbico		1	11	11
0	0	0	30	30	82819-Propionato de Sodio		1	19	19
0	0	0	31	31	82820-Sal refinada yodada		3	14	92
0	0	0	32	32	82834-Vitaminas		1	15	15
0	0	0	33	33	82835-Agua		2	13	40
0	0	0	34	34	82856-Antioxidante TBHQ (1)		1	35	35
0	0	0	35	35	91501-Cubeta Plástica		1	39	39
0	0	0	36	36	92180-Felícula Envoltura		1	7	7
0	0	0	37	37	99201-Sello Codificador		1	8	8
			38						
			39						
			40						

La primer columna representa el número de ingredientes, las dos últimas los apuntadores cuando el material tiene componentes, el primer registro propietario tiene 8 registros miembros y son los primeros registros del archivo miembro.

El segundo material tiene 12 ingredientes, el primero está en la dirección 12 y el último en la dirección 23, el tercer material tiene 4 ingredientes, el primero está en la dirección 24 y el último en la dirección 27, y así sucesivamente. Nótese que el material 81203, el registro #11, no tiene ingredientes, por lo tanto están vacíos sus apuntadores. La siguiente columna tiene las direcciones de cada registro en el archivo. La cuarta columna contiene el registro lógico del archivo. Para el usuario final representa el único contenido del archivo, ya que en ningún momento puede tener acceso a la parte invisible del registro físico, que contiene las 2 cadenas de apuntadores.

En la figura de la siguiente página se muestra el archivo de estructura de producto, el cuál básicamente contiene los apuntadores que permiten "generar" la explosión de materiales y que son usados por el programa procesador de materiales.

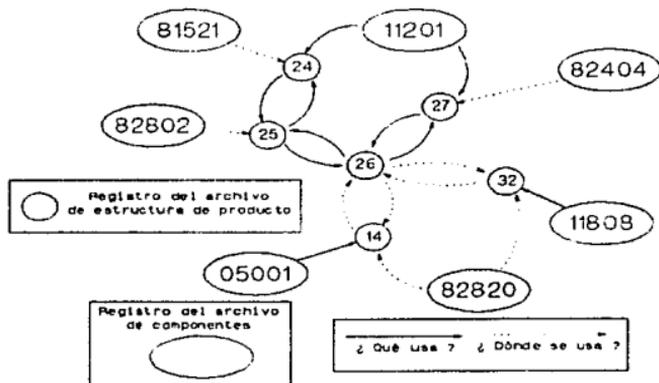
Archivo de Estructura
de Producto

Propiedad Siguiente Anterior			NRR	Cantidad	Propiedad Siguiente Anterior		
1	2	0	1		9	0	0
1	3	1	2		2	0	0
1	4	2	3		3	0	0
1	5	3	4		27	0	0
1	6	4	5		4	0	0
1	7	5	6		5	0	0
1	8	6	7		36	0	0
1	0	7	8		37	0	0
9	10	0	9		15	34	0
9	11	9	10		7	0	0
9	0	10	11		29	0	0
2	13	0	12		22	0	0
2	14	12	13		33	40	0
2	15	13	14		31	26	0
2	16	14	15		32	0	0
2	0	15	16		11	0	0
2	18	16	17		17	0	0
2	19	17	18		14	0	0
2	20	18	19		30	0	0
2	21	19	20		8	0	0
2	22	20	21		10	0	0
2	23	21	22		21	0	0
2	0	22	23		19	24	0
3	25	0	24		19	0	23
3	26	24	25		28	0	0
3	27	25	26		31	32	14
3	0	26	27		25	0	0
4	29	0	28		12	0	0
4	30	28	29		13	0	0
4	0	29	30		23	0	0
5	32	0	31		18	0	0
5	33	31	32		31	0	26
5	0	32	33		26	0	0
7	35	0	34		15	0	9
7	0	34	35		34	0	0
8	37	0	36		16	0	0
8	0	36	37		6	0	0
10	39	0	38		20	0	0
10	0	38	39		35	0	0
6	41	0	40		33	0	13
6	0	40	41		24	0	0

A fin de interpretar correctamente estas interacciones tórnese el caso del preparado 11201, que es el registro # 3, tiene 4 componentes, su primer registro asociado es el # 24 y el último es el # 27. Al revisar el archivo de estructura de producto, y buscar el registro # 24 se encuentra en la columna izquierda la fórmula a que pertenece (3), el siguiente registro (25) y que no hay anterior (0). En la columna derecha se indica el material que lo ocupa (19), que no es usado después (0), y la vez en que fue usado antes (23).

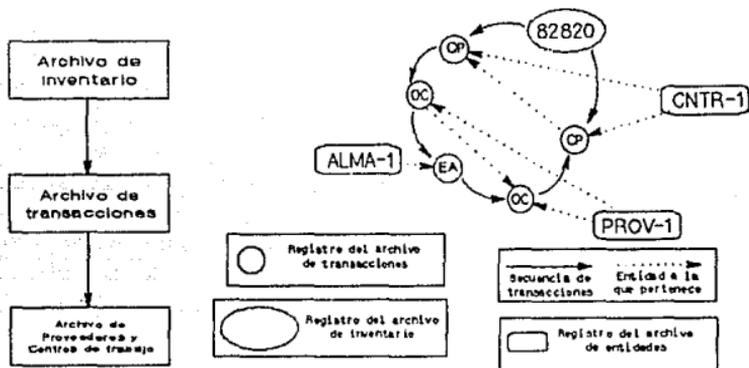
A fin de entender el proceso de explosión de materiales sigamos la secuencia de apuntadores del preparado mencionado anteriormente. Del registro 24 se sigue al 25, después el 26 y por último el 27. Nótese que los propietarios por la parte derecha de la cadena son los registros 19, 28 31 y 25, que corresponden a los materiales 81521, 82802, 82820 y 82404.

Por otro lado, para entender el proceso de implosión de materiales, sigamos la secuencia de apuntadores del material 82820, que es el registro # 31, es usado 3 veces, la primera vez en el registro 14 y la última en el registro 32. Al revisar el archivo de estructura de producto y revisar el registro 14, en la columna de la derecha encontramos que el siguiente registro es el 26, y al último el 31. Los propietarios en la parte izquierda corresponden a los preparados donde se utiliza el material, en este caso, los preparados 05001, 11201 y 11808. Es de esta manera como una computadora puede acceder fácil y rápidamente los registros de los artículos necesarios para una explosión de materiales, de una forma directa y simple. Un diagrama que nos puede ayudar a comprender esta lógica se muestra a continuación:



Se presentan las mismas relaciones explicadas en los ejemplos anteriores. Como es evidente, de esta manera los procesos de explosión e implosión de materiales son resueltos de una forma óptima por el programa procesador de materiales, utilizando la base de datos de red.

De la misma manera se utiliza este tipo de estructura para el registro de transacciones de inventario. Los archivos que se usan son el de artículos de inventario y el de movimientos, que incluye lotes en existencia, órdenes colocadas a producción (OP), órdenes de compra colocadas a proveedores (OC), entradas al almacén de materiales (EA) y consumos de producción (CP).



3. Lógica del proceso

En esta sección se detallará cómo trabaja la información, tan variada, que se ha recopilado en las estructuras de los productos, a fin de establecer con bases más sólidas la planeación de materiales.

3.1 El Algoritmo de Wagner-Whitin.

Cuando se presentaron los diferentes enfoques para el cálculo del tamaño de lote se mencionó el algoritmo de Wagner-Whitin, sin embargo no se hizo ninguna referencia a la forma en que logra sus resultados. Durante mucho tiempo este algoritmo fue relegado al ser calificado de "... complejo, casi imposible de ser comprendido por el usuario promedio ..." (1), además de que se consideró que el procedimiento de su cálculo representaba un "... extenuante y duro trabajo de cómputo ..." (2). En esta parte del capítulo se presentará un algoritmo que llega al costo mínimo, evaluando todas las alternativas y estrategias posibles para adquirir un artículo dentro del horizonte de planeación determinado. A diferencia del trabajo original de H. M. Wagner y T. M. Whitin presentado en Octubre de 1958, no se utilizarán fórmulas ni tampoco ninguna clase de notación matemática. Para su explicación se utilizará el mismo ejemplo mencionado en el capítulo I.

Antes de describir el algoritmo, mencionaremos que el problema que se pretende resolver es la situación en la que la cantidad de la demanda de un artículo varía de un período a otro. No se permiten retrasos en las entregas y es posible pedir en el mismo período de consumo. El costo de adquisición es fijo en relación a la cantidad a pedir, sin embargo puede variar de un período al siguiente. El costo de mantener inventario en un período particular representa el costo de una unidad de producto desde que llega al principio del período, hasta que se consume al final del mismo período o principios del siguiente. Por lo tanto si un artículo llega al principio de un período y es consumido en el mismo período el costo de manejar inventario será de cero pesos. De la misma forma si ese artículo es consumido dos períodos después el costo de manejar inventario será aplicado para dos períodos. Al igual que el costo de adquisición, el costo de manejar inventario puede variar de un período al siguiente.

Para explicar el procedimiento se usarán tres tablas en las que los costos asociados con la demanda para un período particular (una columna) son identificados como una función dependiendo del período en que son adquiridos (un renglón). Como es obvio no se pueden adquirir artículos en un período para ser consumidos en períodos anteriores.

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning, APICS*, 1970.

(2) W.G. Plossl, O.W. Wight, *Material Requirements Planning by Computer, APICS*, 1971.

La siguiente figura representa esta situación:

Tabla 1.

		Período de demanda								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Período de Adquisición	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Dado que no se permiten retrasos en las entregas sólo se presenta la parte superior derecha de la tabla. Se utilizan cuatro renglones completos para representar los datos originales que serán usados en los cálculos, tales datos se presentan a continuación:

Período de Consumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Demanda										
Costo de adquisición										
Costo unitario de mantener inventario										
Costo acumulado por mant. inventario										

Es importante recordar que el costo de mantener inventario sólo es aplicable a cantidades que permanecen en existencia al final de cada periodo. El costo acumulado es igual a la suma de los costos de mantener inventario para todos los periodos precedentes desde que se adquirió el artículo. Los pasos para obtener el costo mínimo total son los siguientes:

- a) Completar la tabla 1. El costo de adquisición es anotado en la primer columna de cada renglón. Nótese que no se incurre en el costo de manejar inventario cuando el consumo se efectúa en el mismo periodo de adquisición. Las entradas restantes representan el costo de llevar inventario para cada periodo de demanda en función del número de periodos que han transcurrido desde que el artículo fue adquirido. Este costo es igual a multiplicar la diferencia entre los periodos de adquisición y consumo, por el costo de mantener inventario y el resultado multiplicado por el número de unidades de demanda.

- b) Complete la tabla II. Permite acumular el costo de adquisición y el costo de mantener inventario identificados en la tabla I.
- c) Complete la tabla III. Permite identificar en el período anterior el costo mínimo para cada renglón y suma tal cantidad a cada entrada en el renglón. Es importante señalar que la columna anterior debe haber sido completada antes de poder identificar el costo mínimo para ese renglón.
- d) Identifique el costo mínimo en la última columna de esta tercer tabla, así como la asignación de adquisiciones resultante.

Nada como un ejemplo para clarificar el algoritmo. Supónganse los siguientes datos tomados del capítulo I:

Período de Consumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Demanda	35	10	0	40	0	20	5	10	30	150
Costo de adquisición	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	
Costo unitario de mantener inventario	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	
Costo acumulado por mant. inventario	\$0	\$1	\$2	\$3	\$4	\$5	\$6	\$7	\$8	

El total de la demanda es de 150 unidades, el costo de adquisición es de \$100 y el costo por mantener inventario por unidad es de \$1. Nótese que el costo acumulado por mantener inventario es de cero para el primer período, ya que si se adquiere y consume en el mismo período no se incurre en ningún costo por mantener inventario.

Para completar la tabla I, el costo de \$100 es anotado en la primer columna de cada renglón, es decir, donde el período de consumo es igual al período de adquisición. Las columnas restantes van siendo completadas de acuerdo al costo que se tendría en el período de consumo si hubieran sido adquiridas en cada uno de los períodos de adquisición. Por ejemplo tómese el caso del período 7, donde el costo acumulado de llevar inventario si el artículo es adquirido en el período 1 es de \$6, que multiplicado por 5 que es el número de unidades a consumir en ese período. El resultado es \$30. Si hubiera sido adquirido en el período 6 el costo acumulado por llevar inventario sería la diferencia entre los costos acumulados de ambos períodos (\$6-\$5), y éste al ser multiplicado por el número de unidades a consumir (5) nos da el resultado de \$5. La tabla I completa se presenta a continuación:

Periodo de Consumo

Tabla I.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	10	0	120	0	100	30	70	240
2		100	0	80	0	80	25	60	210
3			100	40	0	60	20	50	180
4				100	0	40	15	40	150
5					100	20	10	30	120
6						100	5	20	90
7							100	10	60
8								100	30
9									100

La tabla II se obtiene de sumar los costos de cada periodo, de tal forma que se acumulen por renglón, así tenemos que si se adquirieran las 150 unidades del artículo en el periodo 1 tendríamos que el costo total para las 35 unidades que se consumirán en el periodo 1 es de \$100, ya que no se incurre en costo de llevar inventario, el costo total para las 45 unidades (35+10) necesarias para el periodo 2 es de \$110 (100+10), el costo total en el periodo 4 para las 85 unidades (35+10+0+40) es de \$230 (100+10+0+120), etc. Se sigue el mismo procedimiento para cada renglón de la tabla de izquierda a derecha. La tabla II completa se presenta a continuación:

Periodo de Consumo

Tabla II.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	110	110	230	230	330	360	430	670
2		100	100	180	180	260	285	345	555
3			100	140	140	200	220	270	450
4				100	100	140	155	195	345
5					100	120	130	160	280
6						100	105	125	215
7							100	110	170
8								100	130
9									100

Cada una de las casillas en esta tabla II representa el costo acumulado del periodo de consumo, si se hubieran adquirido los artículos necesarios para satisfacer la demanda acumulada en el periodo correspondiente.

La tabla III (final) requiere un poco más de concentración para su determinación, que las dos tablas precedentes. Antes de asignar valores es necesario identificar el costo mínimo del periodo anterior.

Dado que el primer periodo no tiene un periodo anterior, se sumará cero a cada uno de los valores de ese renglón, resultando que ese primer renglón es idéntico al de la tabla II. A los valores del segundo periodo debe sumarse el costo total mínimo del

período anterior, tomado de esta misma tabla III, en éste caso \$100 es el único valor, por lo tanto se sumará \$100 a cada uno de los valores del segundo renglón, resultando \$200 (100+100) en el período 2, \$280 (100+180) en el período 4, \$385 (100+285) en el período 7, etc. A los valores del tercer renglón debe sumarse el costo mínimo del período anterior es decir \$110 (es el menor entre 110 y 200), resultando \$210 (110+100) para el período 3, \$250 (110+140) para el período 4, \$330 (110+220) para el período 7, etc. La tabla III completa se presenta a continuación:

Período de Consumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	100	110	110	230	230	330	360	430	670	
2		200	200	280	280	360	385	445	655	100
3			210	250	250	310	330	380	560	110
4				210	210	250	265	305	455	110
5					310	330	340	370	490	210
6						310	315	335	425	210
7							350	360	420	250
8								365	395	265
9									405	305

Para asignar las cantidades demandadas en cada período de consumo a un período de adquisición es necesario identificar el costo mínimo de cada período de consumo. En el caso de las 30 unidades necesarias para el período de consumo 9, se tiene que el costo mínimo es de \$395, que se obtiene si esta cantidad es asignada al período de adquisición 8. Ahora bien dado que éste período 8 es un período de adquisición, deben sumarse las cantidades demandadas para los períodos 8 y 9, es decir 40 unidades (10+30). Al revisar la tabla para los períodos 7, 6, 5 y 4 es evidente que los costos mínimos se logran si las cantidades demandadas para éstos períodos de consumo se asignan al período de adquisición 4, por lo tanto 65 unidades (40+0+20+5) serán adquiridas en el período 4. Finalmente tenemos que los costos son mínimos para los períodos de consumo 1, 2 y 3, si las cantidades demandadas son adquiridas en el período 1, es decir 45 unidades (35+10+0). La tabla final de asignación resultante es:

Período de Consumo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Demanda	35	10	0	40	0	20	5	10	30	150
Costo de adquisición	\$100			\$100				\$100		
Adquisición en el período	45			65				40		150
Costo acumulado por mant. inventario		\$1				\$2	\$3		\$1	
Costo Total	\$100	\$10	0	\$100	0	\$40	\$15	\$100	\$30	\$395

El algoritmo de Wagner-Whitin, presentado de ésta manera, ya no es tan complejo como se suponía, incluso es más fácil de comprender que la formulación presentada para derivar la ecuación clásica del lote económico de compra (EOQ), y que fue presentada en el capítulo II. Un horizonte de planeación más grande requerirá un poco más de aritmética, pero la lógica no es más compleja que la mostrada aquí. Teniendo a la mano la solución óptima ¿qué necesidad hay de usar soluciones aproximadas ?.

3.2 El Algoritmo de Cambio Neto.

Inicialmente se requiere establecer algunos conceptos acerca de las cantidades que se deben usar como base de cálculo. El requerimiento bruto de un artículo en inventario es igual a su demanda. El requerimiento neto se obtiene restando al requerimiento bruto, la cantidad en existencia, y las cantidades pedidas a producción o a los proveedores.

Por lo tanto la lógica del cálculo de los requerimientos netos es:

	Requerimientos brutos
<i>menos</i>	Recepciones programadas
<i>menos</i>	Existencia del artículo
<i>igual a</i>	Requerimientos netos ⁽¹⁾

Sin embargo este cálculo es insuficiente para conocer el tiempo en que se necesitan estos requerimientos netos, por lo tanto es necesario utilizar el formato que incluye periodos. Bajo este enfoque la existencia del artículo es ubicada en el tiempo, es decir proyectada hacia el futuro, periodo por periodo y el primer valor negativo, cuando los requerimientos brutos exceden la suma de existencias más órdenes colocadas, entonces representará el primer requerimiento neto.

La lógica de cálculo entonces variará un poco:

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.

Balance disponible (Existencia+Ordenado) del artículo al final de período anterior
más Cantidad ordenada en este período
menos los requerimientos brutos de este período
igual Balance disponible al final de éste período

De tal forma que, un balance negativo es interpretado como el requerimiento neto del artículo. Un ejemplo se presenta a continuación.

	P	E	R	I	O	D	O	S	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Requerimientos brutos		20		25		15	12		72
Recepciones programadas			30						30
Existencia	23	23	3	33	8	8	-7	-19	-19
Requerimientos Netos						7	19		19

En el ejemplo los requerimientos brutos del primer período son de cero unidades, en el segundo período son de 20 unidades, las que al ser restadas de la existencia (23), nos dejan una existencia esperada para el 3^{er} período de 3 unidades. Sin embargo en este mismo período se espera recibir 30 unidades, por lo que la existencia esperada del período aumenta a 33. Nótese que es en el 6^{to} período en el que la existencia esperada es negativa. Por lo que el requerimiento neto es de 7 unidades, mismas que serían suficientes para cubrir la demanda esperada para este período. Los requerimientos netos totales del horizonte revisado son de 19 unidades.

En el anterior ejemplo se pudo haber deseado manejar una cobertura mayor, es decir que en lugar de únicamente colocar 7 unidades en el 6 período, se pudo haber querido tener una existencia de seguridad. ¿Volvemos a las existencias infladas?, no necesariamente. Una función primaria de la existencia de seguridad es protegerse de la incertidumbre de la demanda, sin embargo, en los inventarios de manufactura, no existe el caso. Más bien la existencia de seguridad debe interpretarse como una protección de la incertidumbre del surtimiento por parte de los proveedores o de producción. Pero esta consideración sólo debe tenerse en mente cuando existen registros estadísticos que muestren una determinada tendencia al incumplimiento por parte de los proveedores.

La clave del proceso de planeación de materiales, es el encadenamiento entre los registros de ensamble y sus componentes. Los requerimientos gruesos de cualquier artículo dentro de una estructura de producto son calculados a partir de una explosión de materiales, en la que la cantidad está determinada en función del número de productos que se hayan alimentado al programa de producción. La forma en que estos registros se encadenan se muestra en la siguiente figura (1):

Ensamble	P	E	R	I	O	D	O	S	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimientos brutos									
Recepciones programadas									
Existencia									
Requerimientos Netos		20			25				45

Componente	P	E	R	I	O	D	O	S	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Requerimientos brutos		40			50				90
Recepciones programadas									
Existencia									
Requerimientos Netos									

En el ejemplo el ensamble tiene requerimientos netos de 20 y 25 unidades en los periodos 2 y 5, y se asume que el componente tiene una relación 2 a 1, por lo que tales requerimientos netos del ensamble se transforman en los requerimientos brutos del componente. Otro supuesto del ejemplo es que el tiempo necesario para cubrir los requerimientos brutos del componente es de menos de un periodo, por lo tanto se han colocado en el mismo periodo en que se encuentran los requerimientos netos del ensamble.

Dados estos conceptos, podemos plantear el algoritmo de cambio neto.

Este algoritmo se basa en la ejecución de explosiones de materiales parciales, dependiendo del nivel del ensamble que se esté programando. Este enfoque minimiza el tiempo requerido para una corrida de replaneación total, ya que va efectuando tales explosiones, conforme se van modificando los datos. Este algoritmo efectúa explosiones parciales en dos sentidos:

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*. 1975.

- Sólo parte del plan maestro está sujeto al proceso de explosión de materiales.
- El efecto de las transacciones generadas por las explosiones se limita a los niveles inferiores.

El concepto de cambio neto ve el programa maestro de producción en un horizonte de planeación continuo, en lugar de verlo como múltiples planes sucesivos. Tal forma de operación permite tener actualizado el estatus de los inventarios, en el sentido de que, va "apartando" los subensambles y materiales necesarios para las corridas de producción que se están generando, de este mismo proceso, o en caso de no existir en inventario y que sean compradas a proveedores, va generando las órdenes de compra sugeridas, a fin de cubrir estos requerimientos. La función de los programas del procesador de materiales se extienden por la actualización, en una sola transacción, de los archivos de estatus de inventario ubicando órdenes de producción y de compra sugeridas para poder ser liberadas por el planeador de inventarios, adicionalmente se actualizan los datos de lo que está a la mano, ordenado y se efectúan balanceos de las órdenes colocadas y de equilibrio entre niveles. Es importante explicar claramente estos conceptos.

Se dice que estas transacciones son sugeridas, ya que realmente no implican que el planeador deba usarlas tal como son generadas por el sistema, sino que únicamente son cantidades que deberán ser consideradas para integrarse en los pedidos a producción y a los proveedores. Una vez que estas cantidades son integradas a un plan concreto de adquisición o al plan maestro de producción, se dice que son "liberadas". Por lo tanto este enfoque no implica una planeación en firme, es decir generada por computadora, ya que habitualmente tales cantidades deben ser agrupadas por otras consideraciones que no están al alcance de la computadora, por el momento.

El balance de órdenes colocadas se refiere a las cantidades que han sido proyectadas en períodos subsecuentes y que, derivado de las transacciones de inventario fuera de programa, se ven afectadas, ya sea en cantidades de más o de menos. Esta afectación puede ser en dos sentidos, por cantidad o por tiempo. Por cantidad si se tuvieran consumos más allá de lo previsto, tal es el caso de los derivados de desperdicios o materiales dañados en los almacenes. La acción correctiva que estaría efectuando el procesador será una revisión del efecto que tal consumo adicional tendrá en el inventario existente o en las órdenes colocadas, de tal manera que se necesitará aumentar las cantidades de los pedidos colocados en la proporción

necesaria. Por otro lado, la cancelación o aumento de las cantidades pedidas por los clientes o generadas por otras transacciones de inventario, puede requerir retrasar o adelantar la llegada de los materiales pedidos a producción o a los proveedores, siempre y cuando esto sea posible.

El concepto de equilibrio entre niveles se da en relación a los requerimientos que derivados de un ensamble tendrán los componentes del mismo. Esto implica que al afectar los requerimientos netos de un ensamble también se verán afectados los requerimientos brutos de los componentes que lo integran.

Entre las características más significativas del uso de este algoritmo, se tienen ⁽¹⁾:

- El programa maestro de producción es visto en forma continua.
- Las explosiones de materiales son parciales y continuas.
- Requiere alta integridad de los registros de estatus de inventario.
- Requiere mantener actualizados los archivos de componentes y de estructura de productos.
- Hay dos formas de alimentar órdenes, manualmente y automáticamente.
- Se requiere la liberación o cancelación manual de las órdenes generadas por la computadora.
- Los archivos de componentes incluyen datos de requerimientos y de estatus de inventario.
- Los registros entre niveles se mantienen siempre en equilibrio.
- Las transacciones de inventario afectan las cantidades aumentándolas o disminuyéndolas
- Facilita el registro de operaciones conforme van sucediendo.

Desde el punto de vista del planeador de inventarios, la mayor ventaja de este algoritmo es su capacidad de reacción ante cambios en los programas de producción, en la estructura de los productos, en las transacciones de inventario, etc., de tal forma que siempre tendrá una herramienta de trabajo que le ayuda a responder ante las situaciones siempre cambiantes del ambiente de manufactura.

(1) J.A. Orlicky, *Material Requirements Planning*, 1975.

¿Cuál es el precio de tan importante herramienta?, las transacciones de inventario pueden verse más lentas de lo normal, y se requiere de una persona capaz de mantener una disciplina estricta, para manejar adecuadamente los procedimientos de operación.

4. Aplicación en la práctica (Adecuaciones a la industria de proceso).

La teoría mostrada hasta el momento fue desarrollada originalmente para industrias de manufactura, es decir actividades de fabricación que se satisfacen principalmente por medio de ensambles. La mayoría de los paquetes de computación para soporte de producción, han sido desarrollados para este tipo de industrias (recuérdese que sus orígenes están en la industria automotriz). Sin embargo hay un numeroso grupo de industrias cuyas actividades de fabricación tienen un flujo continuo o semi continuo de procesos. Tales compañías incluyen, entre otros, los siguientes tipos de productos: Farmacéuticos, de alimentos y bebidas, de papel, químicos, electrónicos y de semiconductores, textiles, embotellados y extrudidos, de cables, etc. El principal aspecto común de estas compañías, es que fabrican productos con diferentes presentaciones y por lotes. Se caracterizan por tener grandes inversiones de capital de trabajo (instalaciones de producción), bajos costos de mano de obra, cortos tiempos de entrega, muy pocas materias primas y ligeramente menos restricciones de capacidad que la industria de manufactura. El programa maestro de producción, la planeación de requerimientos de materiales, el registro de existencias, y el control de la producción son aplicaciones relevantes y críticas. Con respecto a las industrias de ensamble, las principales diferencias se encuentran en la definición de las estructuras de producto (fórmulas y preparados), el grado de precisión de los inventarios, el manejo de pérdidas y desperdicios, el manejo de semi-productos, el manejo de co-productos o derivados, el manejo de los costos, y el manejo de los sucedáneos.

4.1 Fórmulas y preparados.

La lista de materiales está sujeta a diferente terminología, precisión y método de especificación. El problema de precisión estriba en el hecho que las cantidades usadas varían de las toneladas hasta los miligramos, de tal forma, que es usual que una fórmula requiera 350 kilos de harina y sólo 0.05 gramos de un saborizante, para un lote de producto (un batido). En algunos casos se requiere hasta 6 decimales de

precisión. Otro aspecto del mismo problema es la unidad de manejo de los materiales, donde podemos encontrar ingredientes manejados en diversas presentaciones, incluso por el mismo proveedor. Así es usual encontrar que algunas conservas se manejan indiferentemente en cajas de 11 kilos, 15 kilos, 6 onzas o 3.5 onzas; la harina en costales de 40 kilos o por tonelada a granel transportada en pipas.

Asimismo es necesario manejar en las estructuras de producto, una cantidad numerosa de relaciones y niveles "fantasma" con el fin de resolver problemas de precisión, por ejemplo al tener que añadir algún antioxidante en mililitros (unas cuantas gotas), en depósitos cuya capacidad es de millones de litros (tanques almacenadores). Este tipo de relaciones desfiguran las estructuras de producto y son muy impopulares entre los usuarios de producción.

Un tercer aspecto referente a las estructuras de producto, es que deben ser especificadas en términos de un tamaño o lote de fabricación, determinado por alguna restricción de capacidad del equipo de fabricación, usualmente un horno, una mezcladora o algún tipo de recipiente. Esta técnica es muy usada en la industria alimenticia y es conocida como SBQ por las siglas en inglés de Standard Batch Quantity. A diferencia de la industria de ensamble casi nunca es posible manejarlas en términos de cantidades a usar por unidad de producto, ya que el número de decimales requeridos podría llegar a 8 o 10, lo cual resultaría para efectos prácticos, ridículo o insignificante.

4.2 Precisión de los Inventarios.

Debido a que una gran cantidad de los materiales utilizados, a menudo llegan a tener costos muy altos por unidad (cientos de miles de pesos por kilo, litro, etc.), y que, como ya hemos señalado, su utilización puede ser en cantidades muy pequeñas, es necesario preparar los archivos de datos de inventario para que puedan manejar cantidades en los extremos, es decir, que se eviten los clásicos problemas de procesamiento de datos de truncamiento superior (overflow) y truncamiento inferior (underflow). Y esto debe manejarse para todos los tipos de transacciones de inventario. Desde las entradas de materiales, que usualmente son en toneladas, hasta los consumos, que usualmente se dan en kilos o incluso en gramos. Una ilusión que frecuentemente se vive en empresas con grandes volúmenes de inventario, es definir sus existencias de una manera simple y en cualquier momento. Sin embargo, esto no es

posible, si se carece de un sistema que agilice esta tarea. Otro enfoque es el registro pormenorizado de cada transacción de inventario, lo cual puede llevar a tener demasiadas "aduanas" de control interno, que disminuyen la eficiencia de las operaciones de manejo de los materiales.

4.3 Manejo de pérdidas, desperdicios y potencial.

Este concepto se refiere a las cantidad efectiva de producto que puede ser obtenida de un tamaño de lote determinado. En la industria de proceso es frecuente encontrar pérdidas por evaporación, manejo, residuos en contenedores y depósitos, tolerancias en dados inyectoros y extrusores, pérdidas por operación de equipos de empaquetado, etc. Las pérdidas y desperdicios son manejadas en porcentajes, los cuales varían entre 1 y 80 %. Tales desperdicios deben ser considerados para: el costo de los productos, la planeación de los materiales, liberación y colocación de pedidos a proveedores y órdenes de producción, y para la planeación y seguimiento de la producción. Una forma de incluir estos desperdicios y pérdidas es adicionando los porcentajes a las cantidades en las listas de materiales. Sin embargo éstas pérdidas no suelen darse para un solo ingrediente, sino para todos los que integran un preparado o formulación, por lo que es más frecuente que los desperdicios se declaren para un lote completo, por lo tanto se debe acondicionar el programa procesador de materiales para manejar correctamente éstas pérdidas. Básicamente se pueden reconocer dos tipos de pérdidas: La pérdida teórica, definida como un estándar para la formulación, y la pérdida real, dada en términos de la eficiencia o desempeño de la planta. Al calcular las cantidades de producto que cubran las necesidades de despacho a los clientes, se debe tomar como parámetro regulador el rendimiento práctico y no el rendimiento teórico que se obtiene de un lote de producto.

El concepto denominado "potencia", se refiere a la pureza de los compuestos químicos, a las características fisicoquímicas o microbiológicas de los productos orgánicos, en general, al grado con que cumplen o se acercan las materias primas a sus especificaciones ideales, y que afectan directamente el proceso de producción, los tiempos de proceso, las cantidades a usar del material, sus costos, etc. Usualmente la potencia varía de un lote recibido al siguiente, por lo que es necesario definir procesos alternos, o incluso fórmulas alternas que señalen con claridad lo que es indicado hacer en cada caso. Adicionalmente para el control de inventarios, es necesario contar con un sistema de identificación física de los lotes recibidos, que permita manejar las

existencias de los que requieren un proceso especial derivado de su potencia, por ejemplo, - en el caso de las harinas se puede requerir mayor tiempo de mezclado dependiendo de su elasticidad o rigidez.

4.4 Semi-productos y co-productos.

Básicamente existen, en la industria de proceso, tres situaciones que se deben manejar con respecto a los productos intermedios, semi-productos o preparados: pueden consumirse tan pronto son elaborados, es decir son elaborados para ser consumidos de inmediato. Son elaborados para ser consumidos en una etapa posterior del proceso y por lo tanto se mantienen en existencia como producción en proceso, o son elaborados para crear una existencia en almacén o ser vendidos como productos terminados. Usualmente se da el caso más complejo, es decir suceden las tres cosas, se consumen, se mantienen en producción y se venden simultáneamente. La falta de entendimiento de esta situación provoca que sea dejada de lado, prefiriendo ignorarla, en lugar de regularla. Aunque suene contradictorio es la definición de un tamaño de lote de producción fijo, lo que genera existencias en los almacenes, en el mejor de los casos y/o en las líneas de producción en el peor caso. Más que adecuar los sistemas de producción, se requiere incorporar la técnica de JIT (o KANBAN), la cuál, como ya se ha mencionado antes, funciona como un sistema de autorización de la producción, de tal forma, que nada es producido sin una orden expresa, y además sólo se produce en la cantidad necesaria, no por lote fijo.

4.5 Manejo de Costos.

Las listas de materiales deben incorporar las situaciones mencionadas anteriormente sobre manejo de porcentajes de desperdicio, factores de rendimiento práctico, etc., para poder ser usadas en el costeo de los productos. Algunos costos de ingredientes pueden manejarse por separado, en algunas industrias de alimentos los empaques representan hasta el 85% del costo. Otro aspecto concerniente a los costos de mano de obra e indirectos, es que en habitualmente, no son representativos con la inversión efectuada en instalaciones industriales.

4.6 Manejo de sucedáneos.

A diferencia de las industrias de ensamble, existen múltiples variantes autorizadas de los ingredientes en uso, por lo tanto debe existir una herramienta que facilite la sustitución de los materiales por los sustitutos que se tenga en existencia. Comúnmente son conocidos como sucedáneos. Es importante conocer la incidencia de las sustituciones que se estén efectuando, ya que en ocasiones la falta de información acerca de la escasez de un material, puede ocasionar que una misma fórmula esté siendo modificada diariamente, cuando la solución adecuada es solicitar el cambio definitivo del sucedáneo por el material original. Otro aspecto de interés es que se puede manejar muy apropiadamente el problema de "potencia", definiendo fórmulas que alteren las características originales de un material, y que puedan ser usadas en su lugar. Esto conlleva al registro de tales cambios para su costeo.

A continuación se muestran algunos reportes obtenidos de un sistema basado en explosiones de materiales, usada en una empresa de productos alimenticios para la administración de las estructuras de productos y para conocer los requerimientos de materiales para la producción. Esta estructura corresponde al ejemplo usado anteriormente.

4.7 Ejemplos de utilización.

Lista indentada. Muestra los materiales y preparados necesarios para un producto terminado, indicando los niveles en que se van integrando, asimismo representa etapas del proceso de producción.

** LISTA DE INGREDIENTES INDENTADA **					Pag=1
Tamaño: 295.000		Código : 01001		Nombre : Pastelito (1)	
Peso Total: 1125.8090		Rendimiento práctico : 42168			
NIVEL	CÓDIGO	INGREDIENTES	PESO	%	
1	12402	Desmoldeante Panquel y pastel	31.6260	0.00075	
2	81313	Aceite (1)	17.2045	54.40	
2	12306	Antioxidante preparado	14.3898	45.50	
3	81313	Aceite (1)	13.9581	97.00	
3	82855	Antioxidante TBHQ (1)	0.4317	3.00	
2	82804	Acido Sorbico	0.0316	0.10	
1	05001	Batido para pastelito	1125.8090		
2	81903	Polvo de hornear	19.1750	6.50	
2	82835	A g u a	250.7500	85.00	
2	82820	Sal refinada yodatada	5.9000	2.00	
2	82834	Vitaminas	0.0885	0.03	
2	82819	Propionato de Sodio	17.4050	5.90	
2	12308	Emul "B" (1)	53.3950	18.10	
3	81403	Monocestearato de Sorbitan	8.4097	15.75	
3	12213	Preparado (6)	44.9853	84.25	
4	82835	A g u a	43.6357	97.00	
4	82305	Amarillo huevo (1)	1.3496	3.00	
2	12601	Huevo Liquido	41.3000	14.00	
3	81601	Huevo fresco (1)	41.3000	100.00	
3	91501	Cubeta Plástica de 19 Lts.	1.0000	1.00	
2	81806	Texturizante (5)	20.6500	7.00	
2	81521	Jarabe Fructuosa	25.3700	8.60	
1	11201	Crema	168.6720	0.00400	
2	81521	Jarabe Fructuosa	122.7089	72.75	
2	82802	Acido Citrico	0.1687	0.10	
2	82820	Sal refinada yodatada	40.7343	24.15	
2	82404	Butterscotch	5.0939	3.02	
1	82621	Mermelada de Fresa (2)	506.0160	0.01200	
1	11803	Cobertura V.	548.1840	0.01300	
2	81305	Manteca Tipo (3A)	89.4636	16.32	
2	81306	Manteca tipo (3B)	47.5824	8.68	
2	82119	Pasta Cobertura (2)	411.1380	75.00	
1	11808	Granillo	84.3360	0.00200	
2	81504	Azúcar Glass Estándar	37.9512	45.00	
2	82820	Sal refinada yodatada	21.0840	25.00	
2	82570	Canela (2)	25.3008	30.00	
1	92180	Película Envoltura	27.4092	0.00065	
1	99201	Sello Codificador	0.0000	0.00000	

Relación de sucedáneos. Indica los materiales o preparados autorizados como sustitutos.

** RELACION DE SUCEDANEOS **			
		Pag=1	
Código	Nombre material base	Código	Nombre del sucedáneo
11203	Harina de trigo tipo III	81204	Harina de trigo tipo IV
81602	Huevo líquido (2)	12601	Huevo líquido
		12602	Huevo Hidratado
82302	Caramelo (1)	82301	Caramelo (2)
82311	Café chocolate (1)	82338	Color Café Choco.(5)
82824	Alimento P/Levadura Tipo A	12301	Alimento para Levadura 'A'
		12302	Alimento para Levadura 'S'
		12303	Alimento para Levadura 'Y'
		12304	Alimento para Levadura 'Q'
		82825	Alimento P/Levadura Tipo S
		82826	Alimento P/Levadura Tipo Y
		82827	Alimento P/Levadura Tipo Q
11708	Pasta Cobertura Invierno	82118	Pasta Cobertura (1)
11709	Pasta Cobertura Verano	82119	Pasta Cobertura (2)
11801	Cobertura Inv.	81817	Cobertura Inv. BG,BW

5. Comentarios sobre el modelo: Un nuevo enfoque para la planeación

5.1 Integrando las funciones de la compañía.

La administración de materiales, a la luz de los nuevos conceptos, juega un nuevo papel que es diferente dependiendo del tamaño de la compañía. Por ejemplo en una empresa pequeña, la responsabilidad de controlar el flujo de materiales a lo largo de la planta de manufactura reside en un solo individuo, comúnmente en el gerente de producción, o en un jefe de compras que reporta al anterior. Sus habilidades están más orientadas a la operación que a la planeación.

En contraste, en las grandes compañías, la responsabilidad está definida muy estrechamente, su orientación es más hacia el manejo de la gente que a la parte técnica del trabajo. Esto es debido a que tienen más recursos al alcance, tanto de sistemas como de gente. Las ventajas y desventajas que se pueden identificar son:

En las pequeñas compañías

- VENTAJAS.

La mayoría de las operaciones están a cargo de una sola persona.

Los sistemas informales satisfacen la mayoría de las necesidades.

Se valoran más las habilidades técnicas de los responsables departamentales.

- DESVENTAJAS.

La compañía depende de la habilidad de las personas.

Los responsables están demasiado involucrados en la operación.

En las grandes compañías

- VENTAJAS.

Alta especialización.

Disponibilidad de recursos.

Se explotan más las habilidades administrativas.

- DESVENTAJAS

Las funciones están disgregadas en varios departamentos.

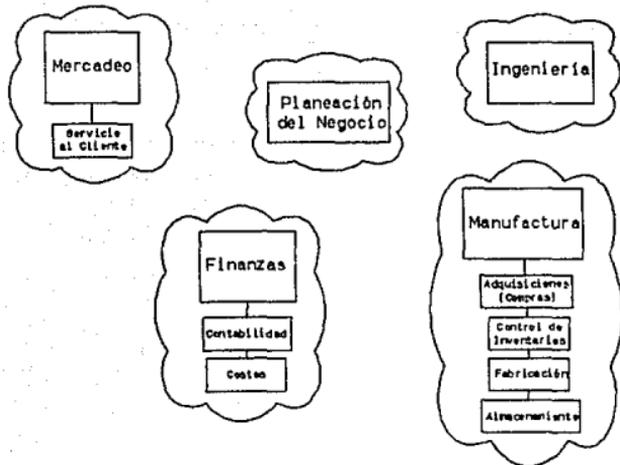
Se delega la toma de decisiones.

Los sistemas fallan si son informales.

El alcance y profundidad con que son manejadas las funciones también depende del tamaño de la empresa. Con el nuevo enfoque se debe evitar que cada área de la compañía tenga sus propios sistemas de información. En resumen se deben evitar las islas funcionales y por lo tanto los objetivos aislados. Es frecuente encontrar compañías en las que la ineficiencia existente se derivan de la falta de una estructura adecuada de comunicaciones: La Alta Dirección genera un "Plan de Negocio" que no es comunicado efectivamente a las varias unidades departamentales; Mercadeo genera planes de ventas que no corresponden con las capacidades reales de producción; Se generan pronósticos de ventas irreales, que provocan adquisiciones y manejo de inventarios de productos, que serán desplazados muy lentamente o se convertirán en obsoletos muy rápidamente; Ingeniería diseña productos que no cubren las necesidades de los clientes o que no son estándares; Finanzas hace recortes de presupuestos en áreas que requieren mayores inversiones; Compras efectúa adquisiciones de grandes cantidades de materiales a muy bajo costo, pero que representarán varios meses o años

de existencia; Los departamentos hablando diferentes lenguajes al referirse a partes y especificaciones; etc.

La figura de la página siguiente trata de ilustrar esta situación:



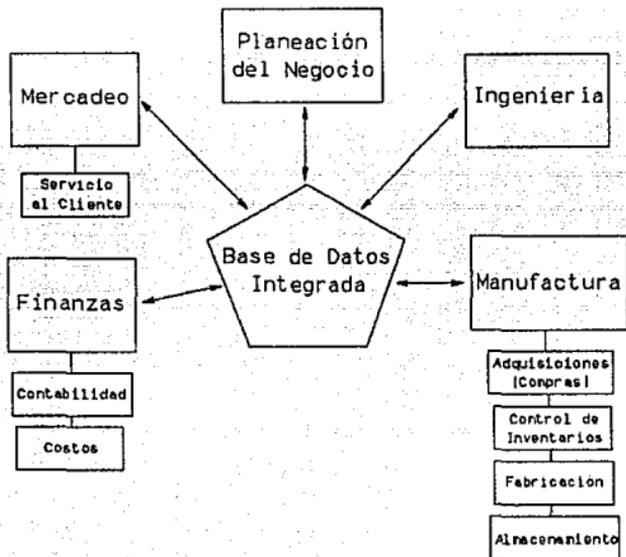
Estos problemas son comunes en las empresas de manufactura. El reto que se enfrenta, ante la economía global y la competencia que trae consigo, es ajustar las metas aisladas de las funciones departamentales y alinearlas al plan del negocio en forma coordinada. Todas las funciones del negocio deben ser integradas en un esfuerzo conjunto y cada departamento debe ejecutar la parte que le corresponde del plan del negocio. El plan del negocio mismo debe contener guías específicas de ejecución, entre otras:

- *Departamental Accountability*. Esto es la autoridad y responsabilidad de cada departamento para pedir y dar cuenta sobre las tareas encomendadas.
- Programas ambiciosos pero realistas, que consideren los recursos humanos, materiales, y técnicos disponibles.

- Cuantificables y medibles. Es decir que puedan ser expresados en términos de presupuestos en pesos y en tiempo.

- Facilidades y herramientas para seguir el curso del avance real contra lo planeado.

De tal forma que se genere una red de comunicaciones interfuncional, misma que puede ser vista de la siguiente manera:



Conclusiones

Las empresas en México están tratando de usar un nuevo enfoque, al definir sus planes estratégicos, a fin de permitir la subsistencia del negocio, esto es: producir algo de valor con calidad y rentabilidad. El éxito, en el mercado competido internacionalmente, está sujeto, a la decisión de la Alta Dirección, de conciliar los objetivos de nuestros sistemas de administración de producción e inventarios, con el trabajo requerido por los planes estratégicos del negocio. La Alta Dirección debe estar comprometida con este nuevo enfoque y debe ser la generadora y principal promotora del cambio.

Los costos y la calidad de los productos son la principal responsabilidad de la función de manufactura, sin embargo están en las manos de la Alta Dirección los elementos que garantizan el éxito de esta función. El liderazgo, la dirección, el control y la adecuada aplicación de los recursos, permitirán a las empresas mexicanas alcanzar sus objetivos.

En lo concerniente a la administración de los inventarios de manufactura, estos objetivos no pueden ser alcanzados con sistemas manuales de información. Incluso un enfoque erróneo en el manejo de las herramientas computacionales puede representar un obstáculo más para el logro de tales objetivos. Al enfocar los cambios necesarios en los sistemas de información, *"...debe evitarse la tentación de automatizar lo existente, más bien el enfoque debe ser el de rediseñar las funciones críticas del negocio a fin de agilizarlas..."* (1) eliminando el lastre administrativo que disminuye su eficacia y su eficiencia.

El modelo de explosiones de materiales proporciona grandes beneficios para el manejo de la información de las principales funciones de Manufactura, por citar las más importantes.

- La función de ingeniería contará con archivos de partes y estructuras de producto actualizadas y disponibles en forma inmediata

(1) M.Hammer, *Reengineering work, Don't automate, obliterate, Harvard Business Review*, July-August 1990, pag 104.

- La función de Logística contará con mejores y más ágiles herramientas para la planeación de materiales.
- La función de control de producción tendrá acceso inmediato a la información concerniente al estatus de las órdenes de producción, su grado de avance y su seguimiento.
- El almacén se podrá manejar en niveles mínimos de inventarios, evitando los excedentes y los faltantes, y reduciendo sustancialmente la inversión.
- La función de compras tendrá disponible, los requerimientos de materiales, el estatus de las órdenes colocadas, y podrá evaluar la actuación de sus proveedores con bases estadísticas.

En cuanto a los beneficios tangibles, medibles o cuantificables se pueden mencionar:

De eficiencia:	De rendimiento:	De utilidades:
Evita la redundancia en los datos	Mejoras a la productividad	Mayor control en los costos
Misma información a todas las áreas	Optimiza el uso de los recursos	Disminuye el nivel de inventario
Información accesible al momento	Información para toma de decisiones	Mayor rotación de inventarios
Información fácilmente modificable	Respuesta inmediata a los clientes	Mayor nivel de servicio a clientes
Requerimientos al día		Menor producción en proceso

Lograr estos beneficios requiere de la participación y el compromiso de cada área de la compañía.

Se ha presentado un modelo sumamente útil para la planeación de materiales, sin embargo el reto que enfrentan las empresas de manufactura en México requiere de medidas de mayor alcance:

- Ventas y mercadeo deben proporcionar pronósticos efectivos, pero también indicando a tiempo la eliminación de artículos de su línea de productos;
- Ingeniería debe diseñar nuevos productos que minimicen el tiempo de manufactura, y los costos de mano de obra y materiales; Estandarizar para disminuir el número de

componentes y partes diferentes; Identificar las fallas de diseño antes de entregar los productos al área de manufactura, evitando los cambios que generan mayores costos;

- Producción debe reducir sus tiempos de arranque y los desperdicios generados al calibrar líneas; Mejorar la distribución del equipo en la planta, rediseñándola a fin de agilizar el flujo de materiales y disminuir el tiempo del ciclo de producción; Desarrollar procesos de producción lo más automatizados posible;
- La Calidad Total se debe implantar a lo largo de toda la compañía; Establecer los controles en producción que permitan la detección a tiempo de las causas de defectos; Establecer programas de certificación de especificaciones con los proveedores, de tal forma que resulte más ágil el proceso de entrega de materiales y se evite el costo de rechazos;
- Personal debe poner especial énfasis en la revisión de su área de relaciones laborales, para allegarse la buena voluntad y lograr la participación de su fuerza de trabajo; Implantar programas de educación y entrenamiento que maximicen el potencial de cada individuo y lo conviertan en un recurso productivo para la organización;
- Finanzas / Contabilidad debe proveer información que establezca correctamente los costos; Presupuestos flexibles que permitan planear adecuadamente los flujos de recursos que necesita la compañía;
- Sistemas debe proveer una infraestructura de información computarizada, magra, amigable, que ofrezca datos exactos, oportunos, de tal forma que los usuarios puedan reaccionar rápidamente a los cambios; Proveer de suficientes recursos, internos o externos, en materia de análisis y diseño de sistemas, programación (software), y equipo de cómputo (hardware);
- Compras se debe enfocar al desarrollo de proveedores confiables, que garanticen el mínimo tiempo de entrega y que cumplan con las especificaciones de calidad; Programar las entregas cuando se necesitan y en las cantidades requeridas por producción;
- Control de producción se debe orientar a la aplicación de las técnicas y sistemas de producción e inventarios que mejor se adecúen a la operación de la planta productiva y

que permitan mejoras tales como: Reducción de tiempos de manufactura, lotes pequeños de producción, niveles mínimos de inventario y manejo adecuado de cuellos de botella.

La aplicación de éstas medidas permitirá a las compañías mexicanas enfrentar con éxito los retos que trae la economía global. Retos que por cierto, dejan muy poco margen para el error.

BIBLIOGRAFIA

1. **Production and Inventory Control, Principles and Techniques**
Plossl G.W., Q.W. Wight
Prentice Hall, 1963.
2. **Inventory Control: Theory and Practice,**
Starr M.K., D.W. Miller
Prentice Hall, 1962.
3. **Técnicas de Administración de Inventarios,**
Killen Louis M.
Editorial Técnica, 1971.
4. **The Wagner-Whitin Algorithm Made simple**
J.M. Fordyce, Francis M. Webster
Production and Inventory Management, 1984.
5. **Lot Sizing Procedures for Requirements Planning Systems: A framework for Analysis**
W.L. Berry
Production and Inventory Management, 1972.
6. **Administración de los Sistemas de Producción,**
G.Velázquez Mastretta
Limusa, 1980.
7. **Enfoques Prácticos para Planeación y Control de Inventarios,**
Alfonso García Cantú
Trillas, 1978
8. **Introduction to Operations Research, A computer-Oriented Algorithmic Approach.**
Billy E. Gillett
McGraw-Hill, 1976

9. Structuring the Bill of Material for MRP,
Orlicky J.A., G.W. Plossl
Production and Inventory Management, APICS, 1972.
10. Reengineering work: Don't Automate, Obliterate
Michael Hammer
Harvard Business Review, July-August 1990.
11. The functions needed for process-oriented systems.
Neville P. May
Readings in Computers and Software, APICS, 1984.
12. Dynamic Version of the Economic Lot Size Model
H.M. Wagner, T.M. Whitin
Management Science, 1958.
13. A Scientific Routine for Stock Control
R.H. Wilson
Harvard Business Review, Vol 13., 1934.
14. Introducción a la Estadística Económica
William C. Merrill, Karl A. Fox
Amorrortu Editores, 1972.
15. Use of the Carrying Charge to Control Cycle Stocks
R.G. Brown
APICS Quarterly Bulletin, July 1961.
16. ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars
H Ford Dickie
Factory Management and Maintenance, July 1951.
17. Estadística para Administradores
R. I. Levin
Ed. Prentice Hall, 1978.

18. **Requirements Planning Systems: Cinderella's Bright Prospects for the Future**
J. A. Orlicky
APICS Quarterly Bulletin, April 1970.
19. **Material Requirements Planning**
Joseph A. Orlicky
McGraw Hill, 1975.
20. **Zero Inventories**
R.H. Hall
Homewood Illinois: Dow Jones-Irwin, 1983.
21. **Production and Inventory Management in the Computer Age**
O.W. Wight
Boston Massachusetts, Cahnners Books, 1974.
22. **Japanese Manufacturing Techniques**
R. J. Schonberger
New York: The free Press, 1982.
23. **La Meta**
E. M. Goldratt, J. Cox
Ed. Castillo, 1984.
24. **Material del curso de introducción al SAIO**
Francisco Javier Gómez, Bertha Gutiérrez, Jaime Arellano
Manual del SAIO, Organización Bimbo, Mayo 1985.
25. **An Introduction to Database Systems**
C. J. Date
Ed. Addison - Wesley, 1981
26. **Bases de Datos y Sistemas Expertos, Ingeniería del Conocimiento**
Richard Frost
Ediciones Días de Santos S.A., 1989.

27. **Material Requirements Planning by Computer**
W.G. Plossl, O.W. Wight
APICS Quarterly Bulletin, April 1970.

28. **Reengineering Work, Don't Automate, Obliterate**
Michael Hammer
Harvard Business Review, July-August 1990.

ANEXO I

Glosario de términos

ABC Clasificación. Clasificación de los artículos de un inventario, ordenada en forma decreciente con respecto a su volumen de consumo en pesos. Este arreglo es dividido en tres clases, denominadas A, B, y C. La clase A contiene los artículos con el más alto volumen y recibe la mayor atención por los planeadores de inventario. La clase B recibe menor atención y la Clase C, que contiene los artículos con menor valor, tiene un control meramente rutinario. El principio que lo sustenta es que, el esfuerzo ahorrado en la relajación de controles para los artículos de la clase C, se puede aplicar para mejorar los controles y reducir los inventarios de los artículos de mayor consumo.

ABC Control de Inventario. Sistema de control de inventarios basado en la clasificación ABC.

Accesorio. Una parte o característica especial del producto, ofrecida a los clientes en forma opcional. Es requisito tener bien definidos los accesorios para su planeación adecuada.

Administración de base de datos. Es un conjunto de reglas acerca de la organización de los archivos y de su procesamiento, generalmente esta contenida en un software muy complejo que controla la definición y el acceso a los archivos interrelacionados, los cuales son compartidos por numerosas aplicaciones.

Administración de las demandas. Es la función de reconocer y administrar todas las demandas para productos, de tal forma que se asegure que un programa maestro sera alcanzado, esto incorpora las actividades de pronóstico, de entrada de pedidos en la garantía o promesa de que se entregaran tales pedidos, el envío de los pedidos a los almacenes o a las distribuidores, a las ordenes de maquila entre plantas, a los requerimientos de refacciones o partes de servicio, etc.

Administración de inventarios. La rama de administración de negocios dedicada a la planeación y control de inventarios.

Administración de inventario agregado. Es la planeación específica de los niveles generales de inventario que serán requeridos, que aseguran que las técnicas de

reemplazo individuales de cada uno de los artículos se ejecutan de acuerdo a la política general.

Administración de materiales. Un término que describe el agrupamiento de funciones de gestión relativas al ciclo completo de flujo de materiales, desde las compras y control interno de los materiales para producción, la planeación y control del producto en proceso, su almacenamiento como producto terminado, hasta el embarque y distribución a los clientes. Difiere del control de materiales en que éste último está limitado al control interno de los materiales para la producción.

Algoritmo. Un conjunto bien definido de reglas o procesos usados para la solución de un problema en un número determinado de pasos. Por ejemplo la declaración completa del procedimiento aritmético para calcular el lote económico de compra de un artículo (EOQ).

Archivo de datos. Es una colección de registros de datos relacionados y organizados de una manera específica, hay un registro por cada artículo de inventario mostrando el código de producto, la unidad de medida, los costos de producción, las transacciones, el precio de venta, el tiempo de necesario para la producción, etc.

Archivo maestro de artículos. Típicamente este archivo de computadora, tiene datos de identificación y descripción, valores de control como pueden ser tiempos muertos, tamaños de lote, etc; y puede contener datos de estatus de inventario, requerimientos y ordenes planeadas. Normalmente hay un registro en este archivo por cada unidad a mantener en inventario. El archivo de registro maestro, esta encadenado a un archivo de registro de estructura de producto, la interacción entre estos dos archivos genera la aplicación de listas de materiales.

Balance de líneas. Una línea de proceso de ensamble puede ser dividida en tareas elementales cada una de las cuales requiere un tiempo específico por unidad de producto, y una relación de secuencia con las otras tareas. El balanceo de líneas es la asignación de estas tareas a estaciones de trabajo, de tal forma que minimice el número de estaciones de trabajo y minimice la cantidad total de tiempo. El balanceo de líneas, puede también significar una técnica para determinar la mezcla de productos que puede ser ensamblada en un línea y proveer un flujo de trabajo consistente, de tal forma que la línea obtenga una tasa de producción determinada.

Base de datos. Filosofía de manejo de archivos o datos diseñada para establecer la independencia de los programas de computadora de los archivos de datos, se evitan las redundancias o se minimizan y los elementos de datos pueden ser sumados o borrados del mismo sin tener que cambiar los diseños de los archivos.

Calendario de manufactura Un calendario usado para la planeación de producción e inventarios, el cual consiste de los números de días hábiles de trabajo. Tal calendario permite planear en base de días reales de trabajo, eliminando festivos y días no hábiles.

Cambio de ingeniería. Es una revisión a una lista de partes, lista de materiales o dibujos autorizados por el departamento de ingeniería. Los cambios son usualmente identificados por un número de control y son hechos por seguridad, reducción de costos o por razones de funcionalidad. En orden a una implantación efectiva de cambios de ingeniería todas las funciones afectadas debieran ser informadas, esto es: materiales, control de calidad, ingeniería de producción, etc. Todas estas áreas deben revisar y estar de acuerdo con los cambios.

Cantidad por ordenar fija. Es una técnica de tamaño de lote usada para planeación de materiales que siempre causara que la orden planeada sea generada por una cantidad fija predeterminada.

Carga. Es la cantidad de trabajo programado para una instalación de manufactura, usualmente expresada en términos de horas de trabajo o unidades de producción.

Carta de punto de equilibrio. Herramienta gráfica que muestra los costos variables totales y la curva de costos fijos, comparada contra los ingresos totales (ingresos brutos). El punto de intersección esta definido como el punto de equilibrio; es decir, el punto donde los ingresos son iguales a la suma de los costos.

Cargos de cancelación. Cargo por medio del cual un vendedor cubre los costos asociados a la cancelación de una orden de venta por parte de los clientes, si el vendedor ha iniciado el trabajo de ingeniería, la compra de materias primas o iniciado las operaciones de manufactura, estos cambios tienen asociado cierto cargo, entonces el cargo se aplica al comprador que ha cancelado la orden.

Centro de costos. El segmento más pequeño de una organización. El criterio en la definición de los centros de costo, estriba en el hecho de que el costo sea significativo para una área de responsabilidad. Un centro de costo no es lo mismo que un centro de trabajo, sin embargo; un centro de costo va normalmente acompañado de un centro de trabajo.

Certificado de confiabilidad o de cumplimiento de calidad. Un documento del proveedor el cual garantiza que los servicios o productos que están siendo certificados cumplen las especificaciones requeridas por los clientes.

Ciclo de Inventario. Es uno de los dos principales componentes de cualquier inventario o de artículos, el ciclo de inventario es la parte más activa, es decir, la cual se va consumiendo gradualmente y es reemplazada cíclicamente cuando las ordenes de compra se reciben. Otra parte del inventario de un artículo es la reserva de seguridad, que se tiene, debido a la incertidumbre de la demanda, y a la incertidumbre del tiempo de replazo.

Código de bajo nivel. Identifica el nivel más bajo en cualquier lista de materiales en la cual un componente puede aparecer. Los requerimientos netos para un componente dado, no son calculados hasta que todos los requerimientos gruesos han sido evaluados hasta su último nivel. Los códigos de nivel más bajo son normalmente calculados y mantenidos automáticamente por el software de la computadora.

Colección de datos. Método de grabar transacciones desde documentos fuente, y son transmitidas a un dispositivo de almacenamiento central o computadora. Los sistemas en línea incorporan las colecciones de datos con técnicas muy avanzadas.

Componente. Término usado para identificar materias primas, ingredientes, subensambles o partes que integran un ensamble de alto nivel. Puede también incluir materiales de empaque para artículos terminados.

Comprador. Un individuo cuyas funciones pueden incluir la selección de proveedores, la negociación, la colocación de ordenes, el seguimiento de los proveedores, la medición y control de la eficiencia en proveedores, análisis de valor, evaluación de nuevos materiales y procesos, etc. En algunas compañías las funciones de colocar

órdenes de compra y el seguimiento a proveedores son manejadas por el programador de proveedores.

Conteo anual de inventario. Véase Inventario físico.

Conteo cíclico. Técnica para llevar inventarios físicos, donde el inventario es contado en forma de un programa periódico, en lugar de hacerlo cada año, por ejemplo, el conteo de inventario cíclico pudiera ser: cuando un artículo alcanza su punto de reorden, cuando se recibe un nuevo embarque, o en una base regular; más frecuentemente para los artículos de alto movimiento o de más valor, y menos frecuentemente para aquellos artículos de bajo valor o que se mueven muy poco. La mayoría de los sistemas de conteo cíclico efectivo requieren el conteo de un cierto número de artículos diariamente

Control de capacidades. Proceso de medir la tasa de producción y compararla con el plan de requerimientos de capacidades, determinando si la variación excede los límites preestablecidos y si es necesario que tenga lugar una acción correctiva que meta dentro del plan a la producción.

Control de inventarios. Las actividades y técnicas de mantener la existencia de los artículos en niveles deseados, no importando si ellos son materias primas, trabajo en proceso o bienes terminados.

Contribución. La diferencia entre los precios de venta y los costos variables. La diferencia es usada para cubrir los costos y las utilidades.

Correlación. Relación entre dos conjuntos de números, la cuál permite medir o comparar la variación que tiene un conjunto de números con respecto a otro, de tal forma que cuando uno varía el otro seguramente variara. Si el cambio es en la misma dirección hay una correlación positiva, cuando el cambio tiende en dirección opuesta hay una correlación negativa

Costo de capital. Se refiere a los costos incurridos para mantener el capital invertido por un cierto periodo, normalmente un año. El costo esta normalmente expresado como un porcentaje y puede estar basado sobre factores tales como: las utilidades

esperadas promedio, o, la inversión alternativa que podría generar las tasas de interés bancarias, etc.

Costo de manejo. Es el costo incurrido al manejar inventarios. En algunos casos este costo puede depender del tamaño del inventario, por ejemplo: los inventarios sobre un nivel máximo fijo pudieran tener que ser almacenados en un depósito cercano a la planta, pero el costo por el manejo o transportación puede ser muy sustancial dado que esta fuera de la planta, puede referirse también a los costos incurridos al hacer producción en exceso para necesidades que no son tan inmediatas, que sin embargo tal producto requerir un empaçado y almacenado especial.

Costo de mantener inventario. Este costo esta usualmente definido como un porcentaje del valor en pesos de una unidad de tiempo para cada artículo de inventario; generalmente se maneja un año, depende principalmente del costo de inversión de capital así como del costo de mantener los inventarios, como pueden ser los impuestos y seguros, el costo de los materiales que se vuelven obsoletos, las rentas de almacenes, etc. Tales costos varían entre el 20 y el 25% anualmente, dependiendo del tipo de industria.

Costo indirecto. Es el costo que no es incurrido directamente por un trabajo u operación en particular, ciertos costos como la electricidad o el gas son a menudo indirectos, Los costos indirectos pueden ser fijos o variables y están distribuidos dentro del producto a través de tasas de sobre costo.

Costos fijos. Es un gasto que no varía en el volumen de producción, por ejemplo la renta, pago de impuesto, los salarios de personal base, etc.

Costo mínimo unitario. Técnica de tamaño de lote dinámica que suma el costo de ordenar y el costo de llevar inventario, para cada intento del tamaño de lote y divide por el número de unidades del tamaño de lote, eligiendo el tamaño del mismo con el costo unitario más bajo.

Costo mínimo total. Técnica de tamaño de lote dinámica, que calcula la cantidad a ordenar comparando el costo de llevar inventario y el costo de la preparación de la línea de producción para varios tamaños de lote, y selecciona aquel lote donde estos costos son más similares.

Cuello de botella. Departamento, función o equipo que impiden o detienen la producción, por ejemplo una máquina o centro de trabajo donde los trabajos llegan más rápido de lo que son procesados.

Curva de aprendizaje. Técnica particular de planeación, útil en los proyectos orientados a industrias donde los nuevos productos están en constante movimiento. La fase del cálculo de la curva de aprendizaje es el hecho de que los trabajadores son capaces de producir el producto más rápidamente, esto es conforme van adquiriendo mayor experiencia en la elaboración de un producto, mayor va siendo su rapidez en elaborarlo.

Decisión de comprar o de producir. Es el acto de decidir si un producto será elaborado en la planta o es más costeable que sea comprado a un proveedor.

Demanda. La necesidad para un producto particular o un componente. La demanda puede venir de muchas fuentes: por medio de pedido de los clientes, por medio de pronósticos, por medio de maquilas entre plantas, por medio de solicitudes de almacenes o de distribuidoras, por medio de partes de servicio o refacciones, o por medio de un programa de planeación de requerimientos de materiales de un producto de un nivel más alto. Al nivel de producto terminado los datos de demanda son usualmente diferentes de los datos de venta, debido a que la demanda no necesariamente es vendida al final, es decir, si no hay suficiente existencia no habrá venta.

Demanda dependiente. La demanda esta considerada dependiente cuando, es directamente relacionada o es derivada de la demanda de algún otro artículo o productos finales, tales demandas son calculadas y no necesitan ni debieran ser pronosticadas. Un artículo de inventario dado puede tener tanto demanda dependiente como demanda independiente en algún momento.

Demanda independiente. La demanda para un artículo es considerada independiente cuando no esta relacionada con la demanda de algún otro artículo, algunos ejemplos podrían ser: demanda para artículos terminados, refacciones y las partes requeridas para pruebas.

Demanda interplantas o Maquilas. Es el material a ser embarcado a alguna otra planta o división dentro del mismo grupo industrial, aunque no es una orden de un cliente normalmente es manejado por el programa de producción maestro de manera muy similar.

Depreciación. Es la separación del valor original de un activo contra el ingreso actual, de tal forma que representa un valor declinante del activo como un costo por el paso del tiempo. La depreciación no involucra ningún pago en efectivo, este actúa solamente como si fuera un impuesto, que deberá en momento dado reducir el valor de los activos, de alguna manera permite reducir impuestos.

Desviación. Una diferencia, usualmente la diferencia absoluta entre un número y el promedio de un conjunto de números, o entre un pronóstico o valor del pronóstico y los datos reales.

Desviación autorizada. Permiso dado a los proveedores o al área de producción, para entregar los artículos fuera de las especificaciones. Generalmente este es dado en forma porcentual.

Deterioro. Cuando un producto se daña, se pierde en su empaque, se rompe, etc; debiera ser considerado generalmente en el costo por mantener inventarios.

Disco magnético. un disco de metal o de plástico, similar a los usados para reproducción de sonido (fonográficos), cuya superficie puede almacenar datos en la forma de áreas magnetizadas.

Eficiencia. La relación entre los requerimientos de los recursos planeados, tales como son el tiempo de máquina o el tiempo de mano de obra para una determinada tarea y el tiempo y los recursos cargados a la tarea.

Ensamble. Un grupo de partes o subensambles que se arman juntos, la unidad producida constituye la mayor subdivisión de un producto terminado.

Error de pronóstico. La diferencia entre la demanda real y la demanda pronosticada, típicamente es establecido como un valor absoluto.

Error de pronóstico promedio. Es la media aritmética de los errores de pronóstico.

Escasez de inventarios. La pérdida resultado del desperdicio, deterioro, despilfarro, etc.

Estructuración de la lista de materiales. Proceso mediante el cual se organizan las listas de materiales para ejecutar funciones muy específicas.

Existencias departamentales. Son sistemas informales de manejo de existencias en departamentos de producción, esta acción es tomada como un protección de la falta de existencia en el almacén principal, o simplemente por conveniencia, no obstante resulta al final que las inversiones en tal tipo de inventario son exageradas y posiblemente degradan la exactitud de los registros de inventario, dado que se mantienen existencias en la planta de producción.

Explosión. Es una extensión de una lista de materiales en el total de sus componentes, requeridos para manufacturar o producir una cantidad dada de ensamble o subensamble del más alto nivel.

Factor alfa. Es la constante de amortiguación α aplicada a los datos más recientes en un pronóstico exponencial ponderado.

Fecha de entrega. Fecha en la cual un material comprado o producido debiera ser entregado o estar disponible para su uso.

Formulación. Lista de todos los componentes incluyendo equipo, recursos de mano de obra que son utilizados para producir un producto patrón, también muestra la cantidad de cada componente requerido para ser una unidad del producto patrón. (Sinónimo: la estructura de producto, la lista de materiales)

Heurística. Es una forma de resolver problemas, donde los resultados o reglas han sido determinados por medio de reglas de decisión o intuitivas, en lugar de métodos de optimización matemáticos

Histograma. Gráfica de barras verticales contiguas que representa la distribución de la frecuencia de una variable, en donde los grupos o clases de artículos han sido

marcados en eje de las "x". El número de los artículos en cada clase es indicada por un segmento lineal horizontal dibujado sobre el eje "x". (y para el cual se da un peso igual al número de artículos en la clase.)

Horizonte de pronóstico. Es el periodo de tiempo futuro para el cual un pronóstico es preparado.

Inventario. Son los artículos que están en un punto del almacenaje, o en, trabajo en proceso; y que sirven para satisfacer las operaciones de procesos de manufactura, o para tenerlas en existencia para la venta. Los inventarios pueden consistir de bienes terminados, listos para venderse, pueden ser también partes intermedias o refacciones, trabajo en proceso incluso pueden ser materias primas.

Inventario Agregado. Es la suma de los niveles de inventario para artículos individuales, por ejemplo el inventario agregado de bienes terminados pudiera ser integrado de la mitad de la suma de todos los tamaños del lote, más la suma de todas las existencias de seguridad de cada artículo, más el inventario anticipado, más el inventario en transporte.

Inventario de tiempo de entrega. Es un inventario que es llevado y que se tiene a la mano durante el periodo en que un proveedor tarda en entregar una orden, este inventario servira como colchón para evitar una falta de material en los almacenes. El inventario de tiempo de entrega debe ser igual al uso pronosticado durante el tiempo de reemplazo.

Inventario del tamaño de lote. Son inventarios que son mantenidos, siempre y cuando los descuentos por precio en las cantidades, los costos de embarque o los costos de preparación de las líneas son más económicos comprarlos o producirlos en grandes lotes, que cuando son producidos para pronósticos inmediatos.

Inventario fisico. Cuento fisico de las existencias de un articulo en almacén. Tales conteos pueden ser tomados en forma continua o periódica, como puede ser, semanalmente, mensualmente, trimestralmente o anualmente.

Inventario inactivo. Define la existencia que esta en exceso y que por lo tanto no será consumida en el mismo periodo de planeación.

Inventario promedio. En un sistema de inventario sencillo, esta es la suma de la mitad de los tamaños de lote, más la existencia de reserva los cálculos por medio de la formula del lote económico de compra, de otra forma solamente divide entre doce la clasificación del inventario, es decir; lo que es inventario de bienes terminados, inventario del producto en proceso o el material para la producción.

Inversión en inventarios. El número de pesos que están invertidos en los inventarios.

Impuesto de inventario. Los impuestos basados sobre el valor de los inventarios a mano en un momento dado de tiempo, no aplicable en México.

Kit. Son los componentes de un ensamble que han sido juntados y que están listos de llevarse a un área de ensamble.

Libre a bordo (F.O.B.). El término significa que el vendedor está obligado a poner los bienes adquiridos a bordo del equipo que hará la transportación sin ningún costo para el comprador. Al término libre a bordo se le debe adicionar el nombre de la ubicación donde se encuentra el almacén, el destino o el punto de embarque. El punto "libre a bordo establecido" usualmente es la ubicación donde la propiedad de los bienes pasa del vendedor al comprador, el vendedor es responsable por los cargos de transportación y el riesgo de pérdida o daño de los bienes hasta el punto donde la propiedad pasa a poder del comprador, el comprador es responsable por tales cargos o riesgos después de pasar por tal punto.

Libro de inventario. Definición contable de las unidades de inventario o de los valores obtenidos, de los registros de inventario perpetuo, en lugar de lo que podría ser un conteo real o físico.

Lista de materiales. Lista de todos los subensambles, partes y materia prima que permiten la elaboración de un producto, indicando las cantidades que se requieren de cada uno, hay una variedad de formatos para la lista de materiales, incluyendo las listas sencillas, las listas indentadas, las listas modulares, las listas transitorias de materiales, las listas matriciales de materiales, las listas de costos de materiales, etc.

Lista de material costeada. Una forma de las listas de materiales tal que, provee información sobre componentes, cantidades, datos de eficiencia, etc. Permite conocer las cantidades por cada uno de los artículos que compone a un producto, y también permite dar los costos de estos componentes.

Lista de materiales indentada. Una forma de lista de materiales de múltiples niveles, en esta lista se muestran los ensambles de mayor nivel más cercanos al margen del lado izquierdo, y todos los componentes que van en sus subensambles son mostrados en forma escalonada hacia la derecha del margen en orden de importancia, dependiendo del nivel de composición que corresponda. Si un componente es usado en más de un subensamble dentro de la estructura de un cierto producto, aparecerá más de una vez, bajo cada uno de los subensambles o ensambles en los cuales es usado.

Lote a lote. Es una técnica del tamaño de lote utilizada para planeación de requerimientos de materiales, que genera ordenes planeadas en cantidades iguales a los requerimientos netos de cada período.

Lote económico de compra (EOQ). Tipo de cálculo que determina la cantidad de producto a ser comprada o manufacturada en un momento dado; El propósito de manejar un lote económico de compra es minimizar el costo total involucrado, incluyendo el costo por ordenar, esto es preparar las maquinas, escribir las ordenes de compra, checar la recepción, etc, y el costo de mantener inventario, es decir; el costo del capital invertido, los seguros, los impuestos, el espacio, la obsolescencia y el deterioro. El lote económico de compra puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2AS}{rv}}$$

Donde:

Q = la cantidad a ser pedida.

A = costo por ordenar.

S = ventas anuales.

r = costo por manejar inventario.

v = costo unitario.

Logística. En el contexto industrial, este término se refiere al arte y ciencia de obtener y distribuir material y productos. En el sentido militar, donde es muy utilizado, se refiere a la transportación de personal.

Mano de obra indirecta. Se refiere a todo el trabajo que se efectúa para soportar la producción en general, sin estar referida a un producto específico, por ejemplo: el aseo del piso, las tareas de mantenimiento, y la limpieza en general.

Material. Un artículo usado directa o indirectamente para producir un producto, se incluyen las materias primas, partes componentes y subensambles.

Material disponible. Es un término usado para indicar que hay una cantidad sin asignar a un programa de producción y que por lo tanto está disponible. Se refiere tanto al material "a la mano" como al que está "en tránsito".

Materiales indirectos. Son aquellos que se van a formar parte del producto final, pero en cantidades tan pequeñas que su costo no es aplicado directamente al producto, en su lugar, este gasto se transforma en parte de un sobre costo.

Mercado de compradores. Un mercado de compradores esta considerado que existe cuando los bienes pueden fácilmente ser asegurados y cuando las fuerzas económicas del negocio tienden a causar que a los bienes les sea impuesto el precio por parte de los compradores

Mínimos cuadrados. Método estadístico que selecciona la línea que mejor se acopla a una gráfica de datos, de tal forma que minimize la suma de los cuadrados de las desviaciones de los puntos dados para esa línea.

Modelos determinísticos. Son modelos que no permiten la incertidumbre, por ejemplo tenemos los modelos de inventario, con consideraciones de stock de seguridad.

Nivel de servicio. Medida de la demanda, que es rutinariamente satisfecha por el inventario, el porcentaje de ordenes cubiertas de stock puede ser un ejemplo, el porcentaje de pesos de en demanda que puede cubrir la existencia actual es otro ejemplo.

Orden de manufactura. Un grupo de documentos formales que autorizan expresamente las cantidades de partes o productos que deben ser elaborados.

Orden de producción. Documento autorizado que se usa para elaborar un producto o ensamble y que permite programar la producción.

Pedido de cliente. Orden de un producto en particular o un número "x" de productos de un cliente, a menudo se refiere como una demanda real para distinguirla de una demanda pronosticada.

PEPS (primeras entradas, primeras salidas). Es una metodología para valuación de inventarios, en la cual se asume que los inventarios más antiguos, los primeros que entraron, van a ser los primeros en ser usados, es decir, los primeros en salir, de ahí la denominación "primeras entradas" "primeras salidas".

Perfil de carga. Un despliegue de los requerimientos de capacidad futura basado en ordenes liberadas y ordenes planeadas sobre un lapso determinado de tiempo.

Plan del negocio. Una declaración de los proyectos de ingresos costos y utilidades usualmente acompañado por presupuestos y una carta de balance proyectado, así como lo que sería el flujo de caja, fuentes y aplicación de los fondos. Es usualmente establecida en términos de pesos únicamente. El plan del negocio y el plan de producción aunque frecuentemente se establecen en diferentes términos; debieran estar de acuerdo uno con otro

Planeación de recursos a largo plazo. Actividad de planeación para toma de decisiones a largo plazo basado en los planes de producción, y también en gastos agregados, por ejemplo: ventas anuales, que van más allá del tiempo u horizonte para un plan de producción normal.

Planeador maestro. Es la persona que tiene a cargo el Programa Maestro de Producción. Tal persona debe tener buena experiencia, ya que las asignaciones que efectúe en la planeación de la producción tendrán un gran impacto en las demás funciones del área de producción.

Política de inventarios. Declaración bien definida de la filosofía de administración acerca de los inventarios

Porcentaje de Mercado. La porción de la demanda de productos que espera obtener una compañía.

Presupuesto. Es un plan que incluye una estimación de los costos futuros, y de los ingresos futuros relacionado a las actividades que se espera tener, el presupuesto sirve como un patrón para el control de las operaciones futuras.

Presupuestos fijos y variables. El objetivo de los presupuestos fijo y variables es segregarse aquellos costos que varían de acuerdo al volumen de producción de los que no varían dependiendo del mismo, y medir los costos fijos contra una meta fija y los costos variables contra una meta basada en la producción real.

Procesador de listas de materiales. Se refiere al uso de la computadora que permite a los encargados de la producción, el mantenimiento, actualización y recuperación de la información contenida en las listas de materiales en archivos de acceso directo, generalmente en discos.

Producción continua. Un sistema de producción en el cual las unidades productivas son organizadas y secuenciadas de acuerdo a los pasos para producir el producto. La ruta del trabajo es preestablecida o fija y los pasos de arranque raramente cambian.

Productividad de mano de obra. Es la tasa de trabajo generado por uno, o un grupo de trabajadores por unidad de tiempo, comparada contra un estándar establecido, o con una tasa de salida.

Producto hecho a la orden. Aquellos artículos terminados que son elaborados únicamente por medio de un pedido de los clientes. En este tipo de fabricación se mantiene una existencia de los componentes que tardan más en llegar a fin de reducir los tiempos de entrega a los clientes. En tales casos también se conoce como "ensamblados a la orden".

Producto para existencia. Aquellos artículos terminados que son elaborados antes de recibir un pedido de los clientes. Es decir que se tienen en existencia.

Programa de ensamble final. Conocido también como programa de terminación de producción, incluye todas las operaciones que llevan a la terminación de un ensamble. Es un programa de los artículos finales ya sea para reemplazar bienes terminados, existencias de inventarios o para terminar los productos hechos a la orden.

Programa maestro de producción. Es una declaración de lo que la compañía espera manufacturar de un determinado producto. Es un programa de producción establecido anticipadamente a la asignación específica de las unidades productivas que lo elaborarán.

Programación en reversa. Técnica de programación donde el programa es calculado iniciando con la fecha en la que se entregara el producto, y el trabajo se va calculando hacia atrás, de tal forma que al final se determina la fecha en la cual se debiera iniciar este trabajo. Esto puede llegar a generar tiempos negativos, lo cual nos permite identificar cuando el tiempo es insuficiente para cubrir el plazo para entregar un producto.

Programación hacia adelante. Es una técnica de programación donde el programador o el planeador procede a partir de una fecha de inicio conocida y calcula la fecha de finalización para una orden, normalmente se procede a partir de la primera operación a la última.

Programación lineal. Son modelos matemáticos para resolver problemas de optimización lineal a través de minimización o maximización de una función objetivo sujeta a restricciones lineales.

Promedio exponencial. Promedio móvil ponderado. usado como técnica de pronostico, en la cual las observaciones son geométricamente descontadas de acuerdo con su edad o tiempo, el peso más alto es asignado a los datos más recientes. Esta técnica es llamada exponencial debido a que los puntos de datos son ponderados de acuerdo a una función exponencial derivada de su antigüedad.

Pronóstico. Un pronóstico es la extrapolación de datos sucedidos en el pasado enfocados hacia el futuro, es un cálculo objetivo donde se involucran datos, y que podría verse como opuesto a las predicciones subjetivas que pudieran estimarse, sin

embargo en ocasiones estas predicciones subjetivas pueden incorporar factores administrativos o de conocimiento de alta administración, como son cambios o nuevos factores que influyen la demanda.

Pronóstico Agregado. Estimación de las ventas de un grupo de productos, puede ser de los productos que se fabricarán en una planta en particular.

Prueba de hipótesis. Modelos estadísticos utilizados para formar conclusiones acerca de una población o universo basado en información de muestras.

Punto de equilibrio. El nivel de producción o el volumen de ventas en el cual las operaciones no son ni pérdidas ni ganancias.

Recepción en cascada. Método mediante el cual se recibe material. En éste se permite que las cantidades entregadas sean aplicadas a la primera orden colocada y los registros de entrega van siendo aplicados sucesivamente hasta que la cantidad pedida es completada, o la orden de compra es satisfecha.

Recepción instantánea. Recepción de un lote entero en un período de tiempo muy pequeño.

Regla de la fecha de entrega. Regla de despacho, la cual dirige la secuenciación de los trabajos de acuerdo a la fecha de entrega más próxima.

Reporte anticipado de retraso. Un reporte regularmente generado por un sistema de planeación de inventario. Es un elemento indispensable para un sistema de control cerrado.

Reprogramación automática. Facilidad que permite a la computadora cambiar las fechas de recepción programadas, para uno o varios artículos, si éstas fechas quedan fuera del programa de ensamble.

Requerimientos gruesos. Es la demanda total, tanto dependiente como independiente para una parte o ensamble y esta cantidad es obtenida antes de descontar el inventario disponible y las recepciones programadas.

Retorno del inventario. Número de veces que un inventario cicla durante el año; una forma de calcular este retorno de inventario, es dividir el nivel de inventario promedio entre el costo anual de ventas, por ejemplo si el inventario promedio fuera de un millón de pesos y el costo de las ventas fuera de 21 millones de pesos, el inventario sería 7 veces ciclado a lo largo del año.

Retrasos. Una orden o compromiso adquirido con los clientes que aun no ha sido entregado, es también una demanda inmediata o recién vencida de un artículo cuyo inventario es insuficiente para satisfacer tal demanda.

Servicio al cliente. Indica la entrega del producto al cliente en el momento en el cual el cliente lo requiere o de acuerdo a la política corporativa específica.

Silo de Almacenamiento. Compartimientos de almacenamiento de gran magnitud para materias primas, materiales intermedios o productos terminados muy usados en las industrias de proceso, cada compartimiento normalmente contiene una mezcla de lotes y material que pudiera ser reemplazado y consumido de una forma simultánea.

Sistemas en cascada. Son operaciones de múltiple almacenamiento, la entrada a cada estación es la salida de la estación precedente. Esto causa una gran interdependencia entre las estaciones de trabajo.

Sistema de ordenamiento de cantidad fija. Un control de inventarios donde la cantidad de la orden es fija, pero el intervalo de tiempo entre ordenes depende de la demanda real. La práctica de ordenar una cantidad fija cuando la necesidad asume que los inventarios individuales están bajo constante vigilancia. Este sistema consiste en colocar una orden por una cantidad fija, la cantidad a reordenar, siempre y cuando la cantidad a mano más la cantidad en órdenes ya vencidas sea menor al nivel especificado, que puede ser el punto de reorden.

Sistema de reordenación por intervalos fijos. Un sistema periódico de reordenamiento, donde el intervalo de tiempo entre las ordenes es fijo, como puede ser semanalmente, mensualmente o trimestralmente; sin embargo, el tamaño del lote de compra no es fijo y las ordenes varían de acuerdo al uso desde la última revisión. Este tipo de sistemas de control de inventarios es empleado donde es conveniente examinar las existencias de inventario en un ciclo de tiempo fijo, tal como en sistemas de control

de distribución. En sistemas donde las ordenes son colocadas mecánicamente o para inventarios que involucran una gran variedad de artículos bajo la misma forma de control. Es también llamado sistema de reordenamiento de ciclo fijo.

Subensamblable o preparado. Material de cierto valor producido de una forma temporal, principalmente en la producción de proceso. La tasa del preparado con respecto al producto principal es usualmente fija, los preparados pueden ser reciclados, vendidos como tal o usados para otros propósitos. Un sinónimo podría ser co-producto.

Tamaño de lote. Es la cantidad de un artículo en particular, que es ordenada a la planta de producción o a un proveedor.

Tarjeta de lote. Un documento utilizado en las industrias de proceso para autorizar y controlar la cantidad de producción de un material. El tamaño de lote se refiere usualmente a la cantidad que sale en un determinado periodo de tiempo. Las tarjetas de lote contienen información tal como: cantidad, número de lote, ingredientes ha usarse, las variables o condiciones de proceso, las instrucciones de empaque, la disposición de productos, etc.

Tasa crítica. Una regla para despacho, que permite calcular la prioridad de un trabajo por medio de un índice, tal índice es calculado dividiendo el tiempo que falta para completar una orden entre el tiempo esperado para completarla:

$$\frac{\text{Tiempo que falta}}{\text{Tiempo esperado}} = \frac{30}{40} = 0.75$$

Un índice típico menor que 1 indica que hay retraso en la orden, un índice mayor que 1 indica que hay un adelanto, y un índice de 1 indica que va de acuerdo a lo planeado.

Tasa de servicio al cliente. Una medida de la eficiencia de las entregas, usualmente en la forma de un porcentaje. En una compañía que manufactura de acuerdo a pedidos especificar, este porcentaje normalmente representa el número de artículos o de pesos en las ordenes de los clientes para un periodo específico de tiempo, en tales compañías es usualmente una comparación del número de trabajos embarcados en un periodo de tiempo dado, por ejemplo una semana, comparada con el número de trabajos que debieran haber embarcado en el mismo periodo de tiempo.

Tiempo de ensamble. El tiempo que normalmente transcurre para la entrega de un producto terminado, una vez que es colocada una orden de producción.

Tiempo de entrega. El lapso de tiempo requerido para ejecutar una actividad. En el contexto de producción inventarios, la actividad en cuestión es normalmente la adquisición de materiales, o productos, ya sea de un proveedor externo o de alguna máquina o equipo de la planta de producción. Los componentes individuales para cualquier tiempo de entrega pueden incluir todos o alguno de los siguientes elementos: el tiempo de preparación de la orden, la entrega, el tiempo de espera, el tiempo de transportación, el tiempo de inspección y el tiempo de recepción.

Tiempo de entrega de manufactura. El tiempo total requerido para manufacturar un artículo. Se incluye aquí los tiempos de preparación, de espera en filas, tiempos de proceso, tiempos de transportación, inspección y despacho.

Tiempo de entrega de manufactura acumulado. Es el tiempo compuesto necesario cuando se cree que todos los artículos comprados ya existen en inventario.

Tiempo de entrega en tránsito. Tiempo transcurrido entre la fecha de embarque, en el punto de embarque del proveedor y la fecha de recepción en las puertas de recepción en nuestros almacenes. Normalmente las ordenes de los clientes especifican la fecha para lo cual los bienes debieran ser puestos en su almacén, consecuentemente esta fecha debiera ser trasladada al tiempo de entrega establecido en la fecha de embarque por el proveedor.

Tiempo muerto. Es el tiempo cuando los operadores o las máquinas no están produciendo o elaborando ningún producto, debido a que se está preparando la línea o se le está dando mantenimiento, falta material, etc.

Últimas entradas, primeras salidas (UEPS). Método de evaluación de inventarios, se asume que la cantidad más recientemente recibida será la primera a ser usada o vendida. Es muy utilizada en lugares donde se almacena maquinaria, o donde los bienes no son de fácil manipulación.

Utilización de máquina. El porcentaje de tiempo que la máquina está produciendo, es opuesto al tiempo que la máquina está detenida o inactiva.

Valuación de inventarios. El valor de inventarios, ya sea por su costo o por su valor de mercado, debido a que el valor de inventario puede cambiar con el tiempo, se hace un reconocimiento para evaluar que tanto tiempo ha transcurrido para el inventario de distribución. Asimismo el valor de costo de inventario bajo la práctica contable es usualmente calculado en una base (PEPS), primeras entradas primeras salidas, (UEPS) ultimas entradas primeras salidas, o con un sistema de costos estandard para establecer el costo de los bienes vendidos.