



308917  
11  
Lij

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

---

---

ESCUELA DE INGENIERIA  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

VALIDACION DEL SISTEMA MRP

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

PRESENTAN:

DAVID FREIRE ALVARADO

JORGE ALEJANDRO VELASCO GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: FIS. FRANCISCO ORTIZ ARANGO

MEXICO, D.F.

1999

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

### *Agradecimientos de Jorge*

Dedico este trabajo a mis padres, Fidel y Lilia, verdadero ejemplo de virtudes, sensibilidad y trabajo. Y a mi hermano Fidel, excelente amigo y compañero. Gracias por haber sido la mejor guía durante mis estudios, pero más aún, mil gracias por su cariño de toda la vida. Los quiero mucho.

Agradezco también a amigos, familiares, profesores y demás personas que me ayudaron a llegar hasta este punto en mi formación profesional. Especialmente doy las gracias a la Universidad Panamericana, mi Alma Mater, cuna de nobles esperanzas a la que siempre volveré con alegría. Gracias a México, patria querida, y gracias a Dios, quien ha hecho posible éste y todos los momentos de mi vida.

### *Agradecimientos de David*

Dedico esta tesis a:

A Dios por darme la oportunidad de vivir, sentir y pensar.

A tí mamá por tu inmenso cariño, y ser un gran ejemplo de trabajo, constancia y sacrificio. Gracias por siempre impulsarme a dar lo mejor de mí. Te quiero muchísimo.

A tí Gerardo, por ser un gran hermano y siempre contar con tu apoyo y cariño. Gracias por ser ejemplo para mí de superación, dedicación y optimismo. Eres muy especial para mí.

A la Universidad Panamericana, gracias por darme una educación integral, por enseñarme a tener un proyecto de vida y por ayudarme a tener un espíritu emprendedor y de servicio.

A los Hermanos Maristas por esos años de estudio y momentos inolvidables. Gracias por darme un Espíritu Mariano.

A mis amigos, profesores y demás personas que me ayudaron a llegar a esta etapa de mi formación profesional, pero sobre todo gracias por su amistad.

## Índice

	Página
Introducción	
Capítulo 1: ¿PORQUÉ EL INVENTARIO ES IMPORTANTE?	1
1.1 Introducción	1
1.2 El manejo del inventario	2
1.2.1 Sistemas de control de inventario	3
1.3 Clasificación funcional de inventarios	4
1.3.1 Inventarios anticipados	4
1.3.2 Lote de inventario	5
1.3.3 Fluctuaciones de inventarios	5
1.3.4 Inventarios en transportación	6
1.4 Evaluación de inventarios	6
1.4.1 Nivel de servicio al cliente	6
1.4.1.1 Medición del servicio al cliente	7
1.4.2 Inversión en inventario	7
1.4.2.1 Medición de la inversión de inventario	8
1.4.2.2 Medición absoluta de la inversión	8
1.4.2.3 Mediciones relativas de inversión en inventario	9
1.5 Costos de inventario	10
1.5.1 Costos relevantes	10
1.5.2 Costos de oportunidad	10
1.5.3 Costos reducidos	10
1.5.4 Costos incrementales	11
1.5.5 Costo marginal	11
1.5.6 Costos directos	11
1.5.7 Costos indirectos	11
1.5.8 Costos fijos	11
1.5.9 Costos variables	12
1.5.10 Costos actuales	12
1.5.11 Costos estándares	12
1.5.12 Costos intangibles	12
1.6 Decisión de los costos de inventario	13
1.6.1 Costos de preparación	13
1.6.2 Costos de traslado	13
1.6.3 Costos por faltantes	13
1.6.4 Costos de capacidad	14
1.7 Patrones de la demanda en decisiones de inventarios	14
1.7.1 Demanda independiente	15
1.7.2 Demanda dependiente	15
1.8 Tipos de inventario	16
1.8.1 Materias primas	17
1.8.2 Procesos de trabajo	17
1.8.3 Productos semi-terminados	17
1.8.4 Productos terminados	18
1.9 Sistemas de distribución de inventarios	18
1.9.1 Sistema de jalón	18
1.9.2 Sistema de empuje	19

1.10 Modelos de inventario de demanda determinística	19
1.10.1 Modelo clásico de cantidad económica de pedido (CEP)	19
1.10.1.1 Factores básicos del modelo CEP	20
1.10.1.2 Definición de variables y parámetros	21
1.10.1.3 Obtención de Q* ¿Cuánto se debe pedir?	23
1.10.1.4 Obtención de ¿Cuándo se debe pedir?	25
1.10.2 Modelo CEP cuando se permiten faltantes	25
1.10.2.1 Definición de variables	26
1.10.2.2 Desarrollo del CIT	27
1.10.3 Modelo CEP con descuentos por cantidad	28
1.10.3.1 Formulación del modelo	29
1.10.4 Modelo CEP para lotes de producción de un solo producto	29
1.10.4.1 Definición de variables	29
1.10.5 Modelo CEP para lotes de producción de productos múltiples	32
1.10.6 Modelo CEP con restricciones	33
Capítulo 2: DEL SISTEMA MRP AL MRPII	37
2.1 Evolución del MRP	37
2.1.1 Formalizando un sistema informal	38
2.1.2 El MRP contra el EOQ/ROP	40
2.2 El ciclo cerrado	41
2.3 MRPII	43
2.4 Componentes y estructura del sistema MRP	46
2.4.1 Objetivos del sistema MRP	46
2.4.2 Propósito del sistema	46
2.4.3 Entradas y salidas del sistema	47
2.5 Lista de materiales (BOM)	48
2.5.1 Nivel individual BOM	49
2.5.2 Estructura de multiniveles BOM	49
2.5.3 Planeación de la lista de materiales	51
2.5.3.1 Super lista de materiales	51
2.5.3.2 Kit de materiales	52
2.5.3.3 Comunicación de la información	52
2.5.3.4 Exactitud	52
2.6 Nivel de inventario	53
2.6.1 Requerimiento del ciclo de conteo	54
2.6.1.1 Número único de partes	54
2.6.1.2 Experiencia de los que realizan los conteos	54
2.6.1.3 Grupo de control	54
2.6.1.4 Tiempo utilizado en el conteo diario	54
2.6.2 Ciclo de conteo 1,2,3	55
2.6.2.1 Identificar grupos ABC	55
2.6.2.2 Selección de grupos de control	55
2.6.2.3 Conteo repetitivo del grupo de control	55
2.6.2.4 Proceso correcto en movimientos físicos de materiales	56
2.6.2.5 Expansión a otros números de partes	56
2.6.2.6 Continua solución a proceso de movimientos de materiales	56
2.6.3 Técnicas y procedimientos usados para determinar el tamaño de lote	56
2.6.3.1 Tamaño de lote	56
2.6.3.2 Costo por ordenar y almacenar	57
2.6.3.3 Lote por lote	57
2.6.3.4 Costo unitario mínimo	57
2.6.3.5 Costo total mínimo	58

2.6.3.6	Balance de periodos por partes	58
2.6.3.7	Cantidad de pedido por periodo (POQ)	58
2.7	Programa maestro de producción (MPS)	59
2.7.1	Introducción/conceptos definiciones	59
2.7.2	Funciones y objetivos del MPS	59
2.7.3	Desarrollo del MPS	60
2.7.3.1	Pedidos de los clientes	60
2.7.3.2	Requerimientos del almacén	61
2.7.3.4	Pronósticos	61
2.7.3.4	Cantidad almacenada de seguridad	61
2.7.4	Función del MPS en la demanda	61
2.7.5	Proceso de actualización del MPS	61
2.7.6	El ambiente de los sistemas de producción del MPS	62
2.7.6.1	Sistema de producción para órdenes	62
2.7.6.2	Sistema de producción para inventarios	62
2.7.6.3	Sistema de producción de órdenes de ensamblado	63
2.7.7	El tiempo de proceso en el MPS	64
2.7.7.1	Tiempo de proceso	64
2.7.7.2	Tiempo de proceso de holgura	64
2.7.7.3	Factores en el total acumulado de los tiempos de proceso	65
2.8	Pronósticos en el MPS	66
2.8.1	Métodos cualitativos	67
2.8.2	Clasificación de los métodos cualitativos	67
2.8.3	Métodos cuantitativos	67
2.8.3.1	Modelos de serie de tiempo	67
2.8.3.2	Modelos causales	68
2.9	Componentes de ciclo cerrado MRP	68
2.9.1	Planeación de la producción	68
2.9.2	Programación maestra (MS)	69
2.9.2.1	Definición	69
2.9.2.2	Funciones del programa maestro	70
2.9.2.3	Diseño del programa maestro	70
2.9.2.4	Creando el programa maestro	71
2.9.2.5	Control del programa maestro	71
2.10	Planeación de la capacidad	71
2.10.1	Planeación de los requerimientos de capacidad	72
2.10.2	Proceso del CRP	73
2.11	Compras	74
2.11.1	Objetivos del departamento de compras	75
2.11.2	Funciones del departamento de compras	75
2.11.2.1	Equipo y servicios de la empresa	76
2.11.2.2	Servicios estándares	76
2.11.2.3	Materiales, componentes para la manufactura	76
2.11.3	Procedimientos para mantener los objetivos de las compras	76
2.12	Piso de control de la planta	77
2.13	Componentes del MRPII	77
2.13.1	Plan del negocio	77
2.13.2	Planeación de las ventas	79
2.13.2.1	Políticas de la planeación de ventas	79
Capítulo 3:	El enfoque del MRP Y MRPII para los negocios manufactureros	80
3.1	El MRP	80
3.1.1	Propósitos, objetivos, filosofía y ventajas del MRP	80

3.1.2 ¿Dónde puede utilizarse el MRP?	82
3.1.3 Análisis del MRP	82
3.1.4 Desventajas del sistema MRP	84
3.1.5 Mejoramientos al sistema MRP básico	85
3.2 El MRPII	86
3.2.1 Propósitos del MRPII	87
3.2.2 Análisis del MRPII	87
3.2.3 Utilización del MRPII en la industria	90
3.3 Relación del MRP y MRP II con herramientas para la admon. de la manufactura	91
3.3.1 El MRP y el Just in Time	92
3.3.1.1 Sistemas de empuje y jalón en manufactura	92
3.3.1.2 Los elementos del Just in Time	94
3.3.1.3 Los resultados del Just in Time	95
3.3.1.4 Combinando el MRP y el JIT	96
3.3.2 El MRP y otras herramientas de los noventas	103
3.3.2.1 Teoría de restricciones	103
3.3.3 Combinando las herramientas	104
Capítulo 4: Sistemas tipo MRP avanzados	107
4.1 El nuevo MRP II : ERP	108
4.1.1 Los avances en tecnología de información que han dado origen al ERP	108
4.1.2 Las compañías líderes en el desarrollo de sistemas ERP	111
4.1.3 El ERP en las compañías pequeñas	113
4.1.4 El MRP II y el ERP	114
4.2 El siguiente paso: Sistemas de administración para cadenas de abastecimiento.	115
4.3 Ejemplo práctico de un sistema MRP II: GEMMS.	118
4.3.1 Descripción del Sistema	118
4.3.1.1 Generalidades	118
4.3.1.2 Objetivos de GEMMS	119
4.3.1.3 Características técnicas	120
4.3.1.4 Características funcionales	121
4.3.2 GEMMS como parte de un sistema ERP	129
4.3.3 Ventajas prácticas de GEMMS	129
Capítulo 5 Análisis de costos y beneficios	131
5.1 Costos	131
5.2 Beneficios	133
5.3 Ejemplo de un análisis costo-beneficio	136
Conclusiones	144
Bibliografía	
Anexo : Ejemplo práctico sobre el funcionamiento de GEMMS	

## **Introducción**

Durante los últimos treinta años se han registrado profundos cambios de forma y de fondo en la administración de manufactura. Estos cambios se han debido, por un lado a los grandes avances tecnológicos, especialmente en los sistemas computarizados de información, y por otro lado, a la constante evolución de las filosofías de administración enfocadas a este tipo de compañías, tales como el JIT, la Calidad Total, la Teoría de Restricciones, entre otras.

La administración de inventarios es una de las áreas de vital importancia dentro de la planeación y control de las operaciones manufactureras. A este respecto se han desarrollado diversos métodos y sistemas que permiten una administración oportuna, flexible y eficiente, de tal forma que se minimicen los inventarios al máximo y aprovecharlos inteligentemente.

El sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), ha sido pieza fundamental en la evolución que durante estas tres últimas décadas ha tenido la administración de inventarios y de las operaciones manufactureras en general.

Con unas cuantas excepciones, el contenido de materiales en cualquier producto constituye del 70 al 80% del su costo total. Esta simple idea nos basta para entender la gran importancia que tienen los materiales dentro de las plantas. Aunque no existen dos fabricantes exactamente iguales, es un hecho que todos tienen en común la necesidad de planear y controlar el almacenamiento y tráfico de sus materiales. De ahí que un sistema como el MRP haya cobrado vital importancia poco después de su creación, en los años sesentas.

El objetivo de esta tesis es presentar las características y los hechos por los cuales un sistema tipo MRP, aun cuando lleva ya treinta años de uso, sigue siendo vigente en el nuevo entorno mundial, globalizado y altamente competitivo.

El trabajo consta de cuatro capítulos:

El primero explica la naturaleza e importancia de los inventarios, así como los distintos modelos que se han desarrollado para optimizar el control de inventarios.

El segundo capítulo muestra las definiciones, características y funciones del MRP y su evolución al MRP II.

El tercer capítulo explica las aplicaciones prácticas del MRP y MRP II, y muestra que este sistema no necesariamente está limitado al modelo que plantea, sino que puede ser la base para la utilización de ideas y sistemas más avanzados, como el JIT.

El cuarto capítulo explica la evolución del MRP II hacia los sistemas informáticos globales y sus aplicaciones. El capítulo también incluye un ejemplo práctico de un sistema MRP II actual utilizado en diversas compañías manufactureras en el mundo.

A través de estos capítulos pretendemos llevar al lector a entender la importancia y la conveniencia de los sistemas basados en MRP, partiendo desde los aspectos básicos de administración de inventarios hasta el modelo más avanzado de información existente hasta nuestros días.

## Capítulo 1

### ¿Por qué el inventario es importante?

#### 1.1 Introducción

Mantener un inventario para su venta o uso futuro es lo común en el mundo de las empresas, ya que tanto compañías de venta al menudeo, mayoristas, fabricantes y aún bancos de sangre por lo general almacenan bienes o artículos. El control de los inventarios se ha desarrollado tanto, que muchas compañías se ahorran grandes cantidades de dinero, ya que han aplicado la administración científica del inventario, siguiendo un modelo matemático que va mostrando el desarrollo o comportamiento del inventario, además tratan de llevar una política de optimización de los inventarios con respecto al modelo y con frecuencia manejan sistemas computacionales para tener un control de los registros de los niveles de los inventarios y sobre todo mostrar cuándo y cuánto conviene reabastecer.

En cualquier compañía se desarrolla la toma de decisiones desde la dirección hasta nivel gerencial y una de esas decisiones son los inventarios, ya que representan un porcentaje considerable del capital invertido en una organización de negocios, a veces hasta un 25%. El desarrollo del primer modelo de inventario se le acredita a Harris (1915). Raymond (1931) extendió el trabajo de Harris a comienzos de los años 30's. Desde la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo de la teoría y modelos de inventarios ha sido muy extensa. Los modelos de inventario cubren prácticamente cualquier situación imaginable de los negocios, y se basan en decisiones tan básicas como cuántas unidades se deben pedir y cuándo se debe pedir (Herbert). Para empezar la exploración del sistema MRP es básico entender los requerimientos de los inventarios. Entender la importancia de los inventarios exige entender los diferentes tipos y funciones de éstos. Solamente cuando al inicio del proceso el registro del inventario es correcto, puede un sistema MRP proporcionar información correcta a los usuarios. Mantener un registro de inventario correcto es el paso básico para lograr efectividad en el manejo y administración del negocio.

El factor humano es extremadamente importante para el control correcto del inventario, ya que cualquier sistema efectivo de control de inventario debe ser soportado por el elemento humano. Por así decirlo el más sofisticado sistema computarizado es solamente tan bueno como es el que lo usa.

### **1.2 El manejo del inventario**

El inventario incluye todos los bienes y materiales que son usados en la producción y procesos de distribución. Materia prima, partes de componentes, subensambles y productos terminados todos son parte del inventario. Los inventarios ocasionan pérdida de dinero si no se manejan adecuadamente, ya que todo inventario necesita de un espacio donde almacenarse, se requiere de un buen manejo del inventario, puede llegar a deteriorarse, algunas veces llega a ser obsoleto, tiene impuestos, requiere de seguro, puede ser robado, etc. En estos casos se observa que se incrementan los costos sin obtener ganancias.

Sin embargo el buen manejo de los inventarios puede ocasionar una mejora en la productividad, en el servicio al cliente, a obtener ganancias y a un mejor retorno de la inversión.; esto es verdad en manufactura, tiendas departamentales o almacenes. Toda organización necesita de una adecuada administración de inventarios. En el control de los inventarios sus objetivos, políticas y decisiones deben ser consistentes con los objetivos de la organización en áreas tales como finanzas, manufactura y mercadotecnia; en la Figura 1-1 se muestra esto esquemáticamente. El manejo del inventario de artículos individuales encierra los principios, conceptos y técnicas para decidir qué ordenar, cuánto ordenar, cuándo es necesario, cuándo ordenar compras para producción, y cómo y cuándo tenerlos en venta. Decisiones en estos niveles deben ser consistentes con decisiones de otros niveles, quiere decir que debe haber una integración de áreas de tal forma que soporten los objetivos de la organización.

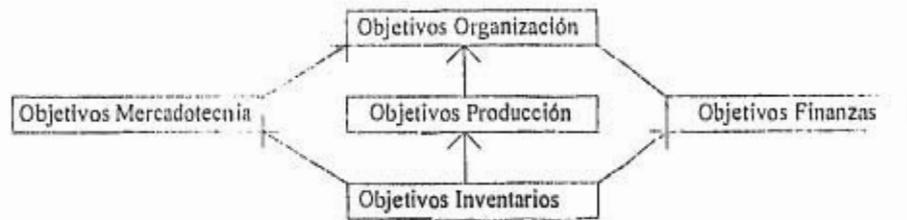


Figura 1-1

### 1.2.1 Sistemas de control de inventario

En funciones operativas el control del inventario es acompañado del uso de procedimientos frecuentemente llamado sistema de control de inventario<sup>1</sup>. Este sistema utiliza una serie de decisiones, reglas y guías en varias situaciones en las que se encuentran los inventarios. Usando la información descrita de las variables de decisión, el sistema trabajará haciendo decisiones automáticas en base a los modelos de ciertas situaciones Figura 1-2.

Antes de hacer una decisión sobre los inventarios, los encargados de éstos, deben determinar sus límites, magnitudes y composiciones del total de sus inventarios, y la razón de esto es porque no hay un modelo de inventario, o un diagrama de reglas a seguir o un sistema que sea apropiado para todas las situaciones. Características tales como el patrón de la demanda, tiempos de producción, entregas a clientes y factores de costos son los que determinan el apropiado sistema de control de inventarios.

<sup>1</sup> Inventory Management System. Fogarty

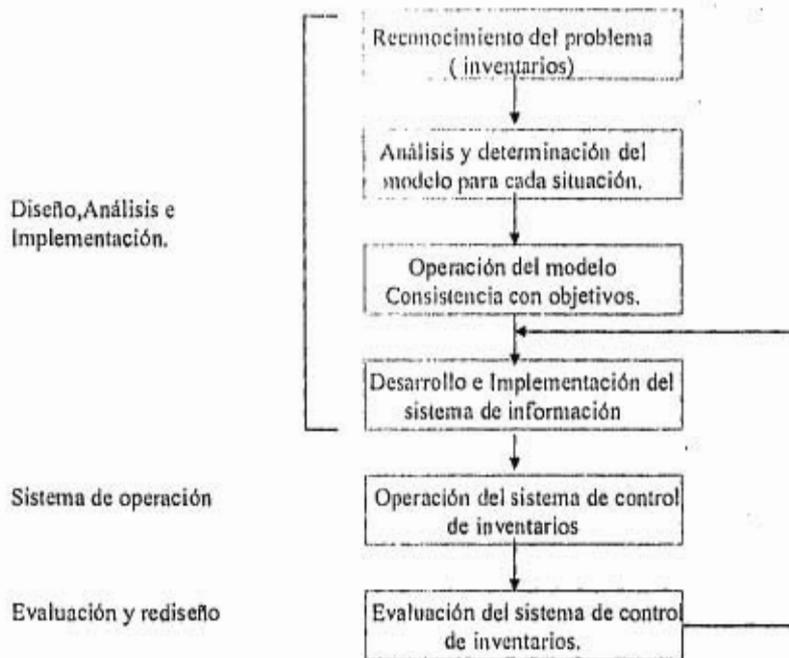


Figura 1-2

### 1.3 Clasificación funcional de inventarios

Las clasificaciones funcionales de inventarios son: anticipación o prevención de inventarios, el lote de inventario<sup>2</sup>, fluctuaciones de inventario, transportación de inventario. Las funciones primordiales que tiene un inventario es que sirve como un mediador entre la demanda del consumidor y la capacidad de manufactura o producción, entre el ensamblado final y tener componentes disponibles, entre los procesos de manufactura y el suministro de materia prima, en pocas palabras tiene una doble función.

#### 1.3.1 Inventarios anticipados

Puede haber situaciones tales como el parar o disminuir el ritmo de producción por vacaciones a trabajadores, alta temporada de venta o posibles huelgas que hagan que compañías compren o produzcan materias adicionales o productos para tenerlos en inventario. Se puede definir como aquel inventario que toma ventaja de los costos

presentes para evitar un incremento en el precio de los productos o materiales. Sin embargo se tiene un costo adicional por tener inventario en tan rápido tiempo, aunque este costo debe ser menor, que los ahorros esperados en justificar la anticipación del inventario. Para concluir en los casos en que el inventario es bajo o no alcanza, el costo de no comprar puede ser muy alto cuando por ese motivo se para una línea de producción, o se tiene un incumplimiento de entrega con el cliente.

### **1.3.2 Lote de inventario**

En muchos casos el comprar o producir una gran cantidad de productos para ser usados en un periodo de tiempo es el acercarse al objetivo económico. Lo económico en manufactura y compras es lograr intermitentes compras o producciones de materiales en cantidades de lote, suficientes para abastecer a la demanda durante un extenso periodo. La solución ideal es ser capaz económicamente de producir o comprar en cantidades de uno, y al mínimo de requerimientos, siendo capaz de producir la cantidad exacta y eliminar los costos que acarrear las unidades residuales. Esta solución requiere que los costos mixtos, el de ordenar y el de preparación se reduzcan al punto en que los pequeños lotes sean económicamente convenientes. Analizar ambos costos es crucial para mejorar el lote de inventario en la producción y flexibilidad de la distribución.

### **1.3.3 Fluctuaciones de inventarios**

Las ventas de todo tipo de artículos varían día con día, semana con semana, etc, por lo tanto es realista esperar demandas de los artículos no perfectamente predecibles. El mejor de los casos es tener rangos de cómo fluctuará la demanda. Cuando se tienen demandas muy altas, se requiere mantener el inventario para que en casos de producción no halla faltantes de materiales o en productos terminados se entreguen al consumidor final, tales fluctuaciones de inventarios en donde se requieren mantenerlos se pueden nombrar como inventarios de seguridad reservas de inventario. Estos ayudan a la empresa en cuestión de servicio a clientes cuando la demanda es muy alta

---

<sup>3</sup> Lot size inventory. Fogarty

### 1.3.4 Inventarios en transportación

Frecuentemente los componentes de materiales son manufacturados en alguna región, ciudad o país y son terminados en alguna otra locación. Similarmente productos terminados a menudo son completados a distancias considerables de los almacenes, distribuidores o consumidores. Los materiales o artículos en movimiento de un estado al siguiente son llamados inventarios en transportación, éstos incluyen todos los artículos siendo terminados del almacén de productos terminados al cliente; así como todos aquellos artículos que son terminados de una planta y transportados a otra. Hay una tendencia de no poner atención o no reconocer que los inventarios en transportación tienen un costo, ya que tal inventario es una inversión en capital y está sujeto a daños, impuestos, seguros, deterioro, etc; y esto cuesta dinero que también puede ser medido. El costo de inventario de transportación se mide de la siguiente manera:

$$CTI = k \times R \times C \times t$$

donde

k = costo de acarreo por transportación basado en costo de capital, seguros, impuestos etc;

R = demanda

C = costo de unidad

t = tiempo de traslado

## 1.4 Evaluación de inventarios

Hay dos criterios para evaluar el desenvolvimiento administrativo del inventario, el primero es el nivel de servicio al cliente y el segundo es la inversión requerida de inventario para mejorar tales niveles.

### 1.4.1 Nivel de servicio al cliente

Operacionalmente el servicio al cliente es un término que acostumbra describir la disponibilidad de artículos que son requeridos por el cliente. El cliente quizá sea un

consumidor final de productos terminados, un distribuidor, una organización, o un departamento en el cual la siguiente operación es llevada a cabo. Es muy difícil que una compañía tenga siempre los artículos disponibles en las cantidades adecuadas y en el momento deseado, algunas de las causas obvias por las que no se tienen disponibles los artículos es debido a grandes órdenes de pedido; es decir la demanda es demasiada, o fallas de las máquinas o retrasos en entregas por parte de los distribuidores, etc. Un buen sistema de inventario de productos terminados, comparará el desenvolvimiento actual con el plan de desenvolvimiento y dará una retroalimentación para corregir las desviaciones significativas.

#### **1.4.1.1 Medición del servicio al cliente**

Hay una gran variedad de formas para medir el servicio al cliente; cada forma tiene sus ventajas y desventajas según el modelo que se aplique y a la situación determinada. Estas mediciones pueden ser divididas en medidas porcentuales y en medidas con valor absoluto.

Las medidas porcentuales se pueden dividir en:

- Órdenes terminadas a tiempo
- Línea de artículos terminados a tiempo
- Total de unidades terminadas a tiempo

Medidas con valor absoluto:

- Órdenes al día sin uso del almacén
- Línea de artículos al día sin uso de almacén
- Total de artículos al día sin uso de almacén

#### **1.4.2 Inversión en inventario**

La mayoría de la gente a cargo del manejo de la producción y de los inventarios no tiene su atención en relación al dinero que se tiene debido a la producción o inventarios.

Más bien ellos están en la proyección de los materiales que se necesitan para determinar el monto total de inversión de inventario proyectado para diferentes periodos en el horizonte de planeación.

#### **1.4.2.1 Medición de la inversión de inventario**

Puede ser medido en horizontes de tiempo tanto en el pasado, como al día o como proyecciones en el futuro. Quizá no sean lo más exacto en medición pero son lo suficiente confiables y precisas para el análisis y toma de decisiones, sin una medición de la inversión en inventario, la administración está operando a oscuras. Las mediciones periódicas (mensualmente), en el costo del monto total de inventario son esenciales para el manejo del inventario, ya que si se hace el costeo solamente una vez al año difícilmente proyectará los resultados exactos. Evaluaciones contables combinadas con ciclos de conteos programables hacen capaz a la compañía de reaccionar y estar listos en periodos cortos de las fluctuaciones estacionales y para proyectar demandas en periodos largos y evitar al final de año sorpresas en los inventarios y por ende en la producción.

#### **1.4.2.2 Medición absoluta de la inversión**

El determinar el total de dinero invertido en materias primas, procesos de trabajo, y en productos terminados constituyen una absoluta medición de la inversión del inventario. El valor obtenido puede ser usado para comparaciones y obtener mediciones relativas de la inversión. Los niveles actuales de inventarios pueden ser comparados con los presupuestados, y las variaciones pueden ser analizadas. Estas variaciones propician que se aumenten o disminuyan inventarios, costos laborales, tiempos de procesos, etc., del resultado de estos análisis son las acciones correctivas que se hacen. La proyección de la inversión de inventarios por periodo es necesaria para el análisis del efectivo circulante<sup>1</sup> y determinar si la inversión del inventario será acorde con la capacidad financiera de la empresa. Si no llegará a ser acorde, se tiene la opción de revisar el plan de producción para proyectar la inversión de inventarios acorde con las restricciones financieras.

### 1.4.2.3 Mediciones relativas de inversiones en inventario

Una vez que la inversión de inventario ha sido medida, la tasa de rotación de inventario (ITR)<sup>4</sup> puede ser determinada. Para evitar errores en los valores, no se deben mezclar productos diferentes y usando información de costos estandarizados se proporcionarán mediciones más uniformes para que sean más correctas las comparaciones de período por período.

$$\text{ITR} = \frac{\text{Costo de Ventas}}{\text{Inversión de Inventario}}$$

Después se desarrollo otro modelo rotación de inventario dinámico (DITR)<sup>5</sup>, que dice que los costos de ventas deberían ser basados en datos históricos, es decir por periodos de tres meses o más, dividido por el valor presente del inventario.

$$\text{DITR} = \frac{\text{Costos de venta de los tres meses anteriores}}{\text{Valor presente del Inventario}}$$

Este modelo proporciona información más clara indicando la situación donde las demandas estacionales existen, aunque se vuelve un poco complicado tener al día el valor del inventario. Hay otro modelo, proyección de la tasa de rotación del inventario (PITR)<sup>6</sup>, que se basa en pronósticos de los costos de ventas que se calculan con base en periodos bastante largos para proporcionar estabilidad y mostrar consistencia con el inventario que se usará.

$$\text{PITR} = \frac{\text{Pronóstico anual costo ventas}}{\text{Inversión Inventario al día}}$$

---

<sup>1</sup> Cash Flow. Fogarty

<sup>2</sup> ITR (Inventory Turnover Rate). Fogarty

<sup>3</sup> DITR (Dynamic Inventory Turnover Ratio). Fogarty

<sup>4</sup> PITR (Projected Inventory Turnover Rate). Fogarty

## **1.5 Costos de inventarios**

Los costos son la parte crucial de la administración de los inventarios. Pero también la pérdida de ganancias puede ser y de hecho lo es, como un costo en ciertas tomas de decisiones en los inventarios. Aunque diferentes costos ocurren en diferentes situaciones hay una estructura común de los costos aplicable en el manejo de las decisiones de los inventarios.

### **1.5.1 Costos relevantes**

Son los costos en los que se incurren debido a una decisión, el costo de ordenar, el costo de preparación, mano de obra directa y costos de materiales relacionados al tamaño de lote son ejemplos de costos relevantes.

### **1.5.2 Costos de oportunidad**

Estos costos son retornos de capital que habrían sido obtenidos de ventas e inversiones alternativas. Estos representan las cancelaciones en ganancias por una posible negligencia, recursos limitados u otros. Estos costos usualmente no aparecen en los estados financieros, pero deberían ser considerados para posibles ajustes y decisiones. En muchas ocasiones la expectativa en retorno de alternativas probables de inversión son usadas como estimaciones de costos de oportunidad.

### **1.5.3 Costos reducidos<sup>7</sup>**

Son los costos que ya han sido incurridos y que no serán afectados por ninguna decisión, estos costos incluyen los gastos de capital en maquinaria, e instalaciones así como costos de entrenamiento de nuevo personal. Gastos en materia prima o de componentes ya recibidos usualmente no son considerados como costos reducidos, y es debido a que si los materiales o componentes no son usados para completar una orden, éstos serán usados en el futuro por alguna otra orden. Estos costos no son necesarios de ser incluidos en la toma de decisiones.

#### **1.5.4 Costos incrementales**

Estos se presentan como resultado de un cambio considerable del costo total a partir de un cambio de las salidas, es decir si una salida era de 100 toneladas a 500 toneladas habrá un incremento en el total de los costos, si el costo por tonelada fuera de \$1.00 el costo sería de \$100 y de \$500 la diferencia \$400 es el costo incremental.

#### **1.5.5 Costo marginal**

Estos costos son cuando se incurre en producir una unidad adicional y el costo que tiene ésta, es decir si de un rango de 100 a 250 piezas se tiene un costo de \$1.00 y a partir de 250 a 500 piezas se tiene otro costo \$1.20 ese es el costo marginal.

#### **1.5.6 Costos directos**

Son los costos que intervienen en la elaboración de los productos directamente ligadas con la manufactura de un producto; costos de materiales y mano de obra son costos directos.

#### **1.5.7 Costos indirectos**

Son aquellos costos que no están directamente ligados a la producción del artículo, como manejo del material, supervisión de los procesos y planta, mano de obra indirecta, materias primas indirectas y otros soportes a la manufactura, el aumento o disminución de la producción afectará estos costos.

#### **1.5.8 Costos fijos**

Son aquéllos que permanecen constantes en su magnitud, independientemente de los cambios registrados en el volumen de operaciones realizada. Costos fijos de producción son, por consiguiente todos los que no sufren modificaciones, a pesar de que la producción aumente o disminuya por ejemplo obreros de la fábrica, áreas de la planta, depreciación de activos fijos fabriles etc. En relación con la producción, los costos fijos

---

<sup>7</sup> Sunk Costs. Fogarty

resultan inversamente proporcionales al volumen de unidades producidas, ya que si permanecen constantes en su magnitud, a pesar de los cambios sufridos en dichos volúmenes, resulta evidente que a mayor producción o a mayor venta, el costo unitario fijo será menor y a la inversa, a menor producción el costo unitario fijo será mayor.

#### **1.5.9 Costos variables**

Son aquéllos cuya magnitud cambia en razón directa del volumen de las operaciones realizadas. Costos variables de producción, son por consiguiente los que sufren aumentos o disminuciones registrados en el volumen de la producción. Ejemplos típicos de costos variables de producción son la materia prima consumida, mano de obra directa empleada, materiales indirectos como lubricantes, herramientas etc.

#### **1.5.10 Costos actuales**

Es el registro de gastos una vez incurridos del resultado de una decisión. Estos costos son después de que el producto fue hecho o después de que un proyectos es completado.

#### **1.5.11 Costos estándares**

Estos costos son efectuados mediante criterios o normas preestablecidas, basados en eficientes procedimientos operacionales, es decir se sabe el costo de producir; los materiales, mano de obra, y los sueldos de directivos son incluidos usualmente.

#### **1.5.12 Costos intangibles**

Estos costos son muy difíciles de cuantificar y algunos no pueden ser evaluados en términos económicos ordinarios. El costo de un cliente no satisfecho debido a no tener un producto disponible, o que esté defectuoso, es muy complicado medir el grado de descontento y el impacto que tendrá en futuras compras.

## 1.6 Decisión de los costos de inventario

Hay cuatro costos relevantes en el manejo de las decisiones de los inventarios y son:

- Costos de preparación
- Costos de acarreo
- Costos de almacenamiento
- Costos de capacidad

### 1.6.1 Costos de preparación<sup>8</sup>

Estos costos incluyen todos los costos de todas las actividades requeridas en órdenes de producción o de compras. Estos incluyen los costos de llenar la orden, preparar las especificaciones, forma final de la orden, seguimiento de la orden, preparación de pago.

### 1.6.2 Costos de traslado<sup>9</sup>

Usualmente definidos como el porcentaje de valor monetario del inventario por unidad de tiempo, generalmente por año. Estos costos dependen principalmente del costo del capital invertido, así como costos de mantenimiento en lo referente a impuestos, seguro, obsolescencia, daños y espacio ocupado. Estos costos varían de un 10% a 35% anualmente dependiendo del tipo de industria. Estos costos últimamente son una política variable que refleja los costos de oportunidad para alternativas de fondos de inversión en inventarios. Estos costos son muy reales aunque varía la importancia de un artículo a otro. Los costos de desperdicio, daños y obsolescencia varían de industria a industria y hasta de producto en producto, algunos costos se incurren en prevenir daños de los productos. Estos costos podrían estimarse como una proporción del valor del inventario.

### 1.6.3 Costos por faltantes<sup>10</sup>

Son los costos asociados con la falta de materiales, componentes o productos terminados que son necesarios para algún proceso o por el cliente y que provocan retener la orden.

---

<sup>8</sup> Setup Costs. Apics

<sup>9</sup> Carrying Costs. Apics

Estos costos quizá incluyan pérdida de ventas, costos por retener órdenes y costos adicionales en producción y compras. Estos costos son difíciles de calcular y cuando no hay inventario disponible pueden ocurrir dos procesos, el primero que se detenga la orden o que no se detenga la orden. Parte del costo es la pérdida de la confianza o voluntad que tenga el cliente en volver a comprar a la empresa y esto es algo muy intangible.

#### 1.6.4 Costos de capacidad

Son los costos de expandirse o contratar debido a las decisiones de planeación tanto en proyecciones a largo plazo como a corto plazo. Cuando la capacidad se incrementa los costos también lo hacen y éstos son algunos de los factores por lo que aumentan: contratación y entrenamiento de personal, aumento de personal en el manejo y cuidado del almacén, compra de equipo. Pero también cuando hay disminuciones de capacidad también resultan costos como compensaciones por despidos, ineficiencia temporal al reasignar personal.

#### 1.7 Patrones de la demanda en decisiones de inventarios

Los patrones de la demanda tienen un efecto bastante considerable en la decisión de los sistemas de administración en los cuales se desarrollan las reglas de decisión de cuánto ordenar y cuándo ordenar para diferentes artículos individuales. A continuación se muestra en la Tabla 1-1 la lista de modelos básicos en el control del manejo de los artículos.

Demanda	Reglas de Cuando Ordenar	Reglas de Cuanto Pedir
Independiente	Punto de Orden	Cantidad Económica Pedido
	Periodos	Cantidad de Pedido Variable
	Fase de tiempo en punto de orden	Cantidad de Pedido Discreta o Fija
Dependiente	MRP	Cantidad de Pedido Discreta

Tabla 1-1

<sup>10</sup> Stockout Costs. Apics

**1.7.1 Demanda independiente**

Esta demanda quizá sea afectada por tendencias o patrones estacionales, pero no depende de la demanda de otros materiales. Son los productos que se tienen para venta o los productos que tienen demanda fuera de la compañía; y éstos usualmente tienen una demanda estable como se muestra en la Figura 1-3.

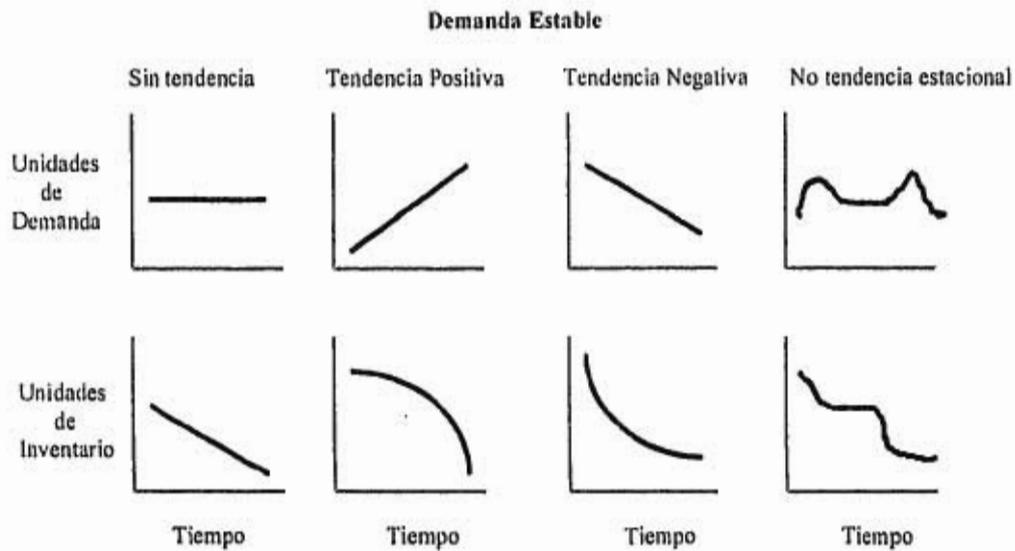


Figura 1-3

**1.7.2 Demanda dependiente**

Subensambles, partes de componentes y materia prima tienen una demanda que es principalmente dependiente en la demanda de los productos finales en los cuales son usados. Si los productos finales son fabricados intermitentemente la demanda de estos artículos es relativamente abrupta y los cambios son mas dramáticos como se ilustra en la Figura 1-4.

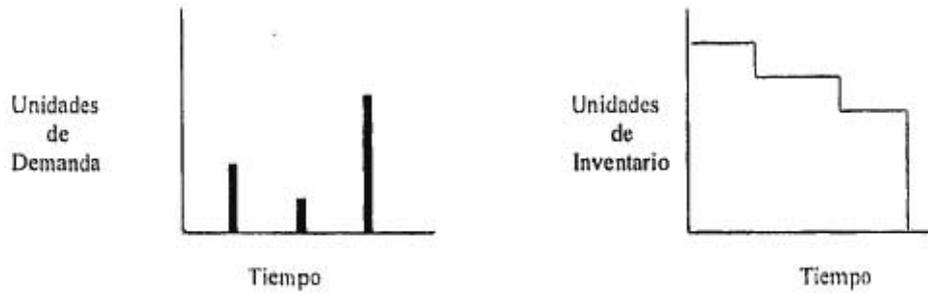


Figura 1-4

Pero hay también excepciones ya que en ciertos productos terminados su demanda puede ser en ciertas temporadas del año y se puede comportar con patrones similares a la demanda dependiente mostrando demandas irregulares y abruptas.

Así como materias primas, componentes usados en productos finales quizá experimente demandas relativamente estables similares a las demandas independientes.

**1.8 Tipos de inventario**

Comúnmente se clasifica los inventarios en materias primas, procesos de trabajo, productos semiterminados, productos terminados. A continuación mediante la Figura 1-5 se observan los pasos que sigue la clasificación de los inventarios.

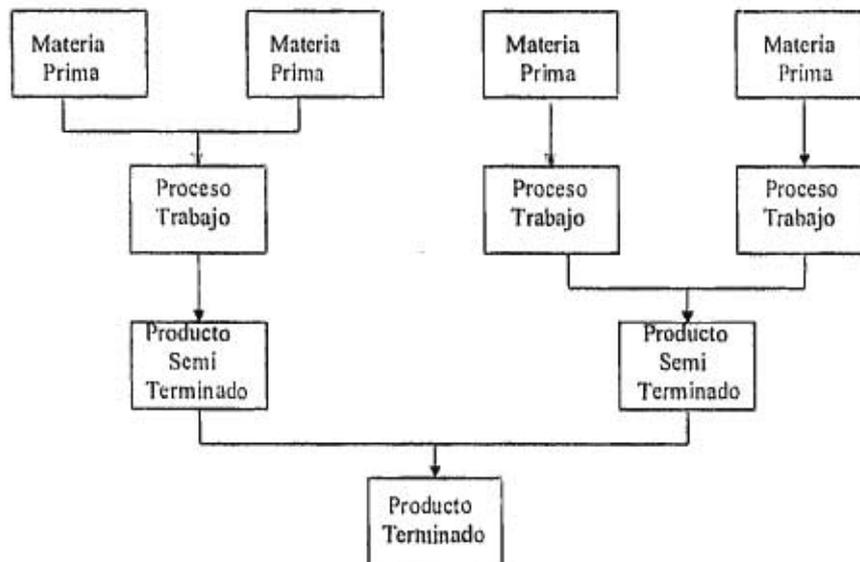


Figura 1-5

### **1.8.1 Materias primas**

Estas materias son compradas por la compañía para ser convertidas por la vía de los procesos de manufactura. Una compañía que manufactura necesita materias primas para elaborar los productos que serán utilizados por el cliente. El valor agregado que da una compañía manufacturera es realmente haber hecho el producto y haberlo vendido al cliente.

Excepto en industrias donde las materias primas son extraídas de la naturaleza como en los pozos petroleros, minas, etc., las materias primas son compradas fuera de la compañía. El monto mayor del costo de un producto vendido proviene de las materias primas.

### **1.8.2 Procesos de trabajo**

El producto o productos en varios estados para ser completados a través de la planta, incluyendo todos los materiales de las materias primas que han sido utilizados para los procesos iniciales para ser procesados completamente esperando la inspección final y la aceptación de un producto semi-terminado o bien terminado. Algunos sistemas incluyen el producto semi-terminado dentro del proceso del trabajo. Hay dos factores que determinan el nivel del proceso del trabajo y son los tiempos de proceso y el volumen de la orden. Tiempos de proceso largos requieren más proceso de trabajo (WIP)<sup>11</sup> como los estados del material a través de las líneas de producción. Teniendo tiempos de proceso menores el WIP se vuelve más simple, ya que al tener tiempos menores el nivel del proceso de trabajo se vuelve menor.

### **1.8.3 Productos semi-terminados**

Productos que han sido guardados sin haberse terminado esperando las operaciones finales según requerimientos o especificaciones de los clientes. Algunos sistemas de ensambles por computadora configuran los productos semi-terminados en formas modulares para ser ensamblados según la configuración que requiera el cliente y mediante estos sistemas se reduce el riesgo de obsolescencia del inventario.

#### 1.8.4 Productos terminados

Los productos terminados son los productos vendidos al cliente, han sido completados por el proceso de producción. Hay que registrar que un producto terminado para una compañía puede ser una materia prima para otra compañía. Las cantidades de órdenes y los tiempos de órdenes para productos terminados pueden variar considerablemente. Estas variaciones pueden venir de varios factores ya sean internos o externos. Como factores externos pueden incluirse la economía de la sociedad, la competencia, el clima o a los tiempos de temporada, a modas, manipulación de medios publicitarios, etc. Factores internos son las características inherentes del producto y de la compañía los cuales pueden ser precios especiales, promociones, tipos de venta, trato al cliente.

#### 1.9 Sistemas de distribución de inventarios

Estos sistemas pueden ser clasificados como "sistema de jalón"<sup>12</sup> y "sistema de empuje"<sup>13</sup>. En el sistema de jalón, el almacén determina los requerimientos y las órdenes de la fábrica, es decir jala el inventario al almacén. En el sistema de empuje, el pronóstico de los requerimientos de todos los almacenes son sumados para el período, y la programación de la producción así como el inventario disponible son asignados al almacén; el inventario es empujado al almacén.

##### 1.9.1 Sistema de jalón

En producción: la producción de los materiales solamente como demanda por el uso o el reemplazo de aquéllos tomados para su uso. En control de material: disponer del inventario como demanda por el uso de operaciones. Distribución: un sistema para suministro de inventarios en el almacén, donde las decisiones de suministra son hechas a nivel del almacén por sí mismo y no de la planta o central de almacén. El almacén controla los sistemas de órdenes, tradicionales sistemas de jalón incluyen el sistema de punto de pedido, revisiones periódicas del sistema, el sistema de punto de doble pedido y

---

<sup>11</sup> WIP (Work in Process). Fogarty

<sup>12</sup> Pull systems. Apics

el sistema de reemplazo de ventas. Las ventajas de un sistema de jalón es que pueden operar por sí mismos y requieren de bajos procesamientos de información y comunicación. Sin embargo emplea grandes cantidades de pedido y eso es una desventaja. En un estricto sistema de jalón los pedidos efectuados por un almacén sin el conocimiento o consideración de las necesidades de los otros almacenes.

### **1.9.2 Sistema de empuje**

En producción: la producción de artículos en tiempos requeridos según planes de programación dados con anticipación. En control de material: el resultado del material acorde a la programación dada o el resultado del material en una orden de trabajo en un inicio de tiempo. En distribución: un sistema para suministro de inventarios en el almacén, donde la decisión del suministro es hecha centralizadamente, usualmente en el sitio donde se produce o manufactura. Un sistema de empuje considera la proyección de los requerimientos totales de todos los almacenes y requerimientos directos de ventas, así como el inventario disponible de los almacenes regionales y del almacén central, del inventario en tránsito y determina la cantidad disponible para cada almacén y los requerimientos de fábricas de venta directa. Esto es controlado centralmente con base en el criterio de días iguales de cobertura, programación de entregas y el almacén central decide que enviar a los almacenes regionales.

## **1. 10 Modelos de inventario de demanda determinística**

### **1.10.1 Modelo clásico de cantidad económica de pedido (CEP)**

Este es el modelo de decisión de inventarios más simple, que explica de manera excelente la forma de realizar y desarrollar modelos de inventarios más reales en ambientes más complejos del mundo real. Para empezar a explicar cómo se aplica este modelo de inventario comenzaremos mencionando que es aplicable cuando la cantidad total que se

---

<sup>33</sup> Push systems. Apics

pedidos puede considerarse que llegan al sistema de inventario simultáneamente y cuando la tasa de demanda para el artículo es constante.

#### 1.10.1.1 Factores básicos del modelo CEP<sup>14</sup>:

- La demanda se conoce con certeza
- La tasa de demanda es constante
- El tiempo de anticipación es constante e igual o mayor a cero.
- El inventario se reabastece cuando su nivel está exactamente en cero, es decir no hay faltantes ni sobrantes de mercancía
- El precio unitario, costo de pedido, y los costos unitarios de mantener el inventario son constantes.

A continuación mediante una Figura 1-6 mostraremos la variación del nivel de inventario con el tiempo para el modelo CEP.

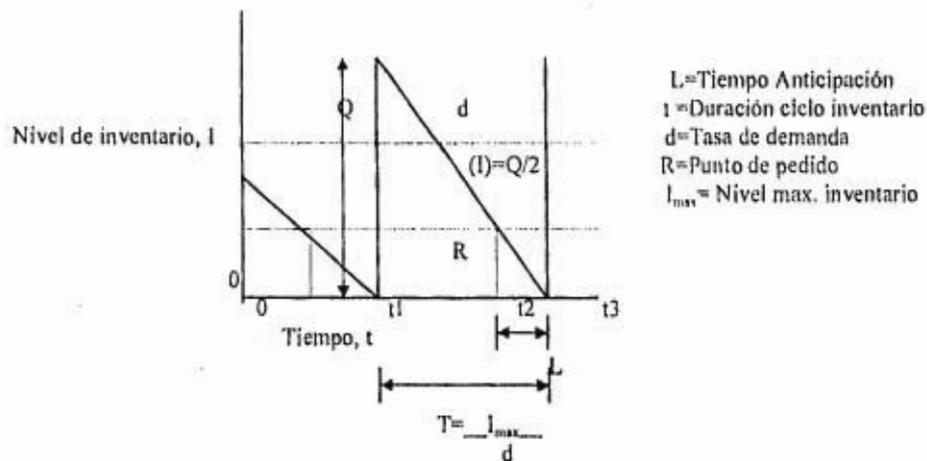


Figura 1-6

La línea de pendiente decreciente indica que el nivel de inventario está reduciéndose con el tiempo a una tasa constante. Cuando el nivel de inventario alcanza el punto de nivel pedido, se piden  $Q$  unidades del artículo. El pedido se recibe en el instante en que el nivel de inventario se reduce a cero durante el tiempo de anticipación ( $L$ ). Esto incrementa el nivel de inventario a  $Q$  (nivel máximo de inventario) y el ciclo se repite. Algo muy

importante de mencionar es el patrón diente de sierra en los modelos de inventarios cuando hay una variación en sus niveles de inventarios. El valor  $Q$  en cualquier ciclo dado, será siempre igual porque estamos suponiendo implícitamente un horizonte de tiempo y un proceso que no cambia con el tiempo. En la siguiente figura Figura 1-7 es importante mostrar que se tienen dos diferentes formas de inventario debido a la cantidad de pedido. Entre más pequeño sea  $Q$  más frecuente será la colocación de pedidos, aunque el nivel de inventario promedio se reducirá.

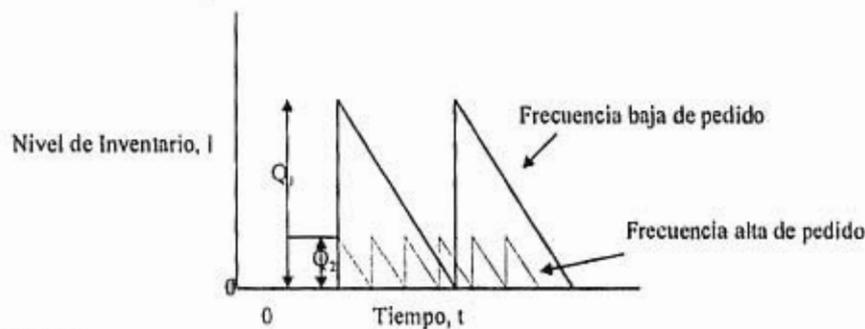


Figura 1-7

Las cantidades de pedido mayores muestran un mayor nivel de inventario con colocación de pedidos menos frecuentes. Por lo tanto hay costos asociados con la colocación de pedidos y mantenimiento del inventario, la cantidad  $Q$  se elige para balancear estos dos costos de tal manera que minimicen los costos totales. Esta es la base para formular el modelo de inventarios.

#### 1.10.1.2 Definición de variables y parámetros del modelo CEP

$Q$  = cantidad pedida (unidades)

$T$  = período de tiempo entre pedidos

$c_p$  = costo de pedir (preparación) (\$ por pedido)

$c_h$  = costo de mantener el inventario (\$ por unidad de tiempo)

$D$  = requisitos de demanda anual (unidades por año)

$c$  = costo unitario de compra (\$ por unidad)

<sup>14</sup> CEP Cantidad Económica de Pedido. Moskowitz

$L$  = tiempo de anticipación

$N$  = número de pedidos o lotes fabricados por año

CIT = costo incremental total

El objetivo es entonces determinar la cantidad óptima pedida  $Q^*$  que minimiza CIT, la suma de los costos de pedir y de mantener el inventario. El objetivo se definirá ahora en términos de la variable de decisión  $Q$  para evaluar y encontrar un  $Q$  que minimice CIT [i.e.,  $CIT = f(Q)$ , en donde  $f$  denota la función]. El CIT también lo afectan los parámetros del modelo  $c_p$ ,  $c_h$  y  $D$ . Por consiguiente  $CIT = f(Q; c_p, c_h, D)$ , en donde la variable de decisión está a la izquierda del punto y coma y los parámetros a la derecha. El costo de compra  $c_p$ , no es un costo incremental y puesto que no afecta a  $Q$ , no está incluido en la función objetivo.

La función que debe minimizarse es pues:

$CIT^{15}$  = costo de mantenimiento del inventario + costo de pedir

( costo total / año ) = ( costo mantenimiento inventario / año ) + ( costo de pedir / año )

$$= \frac{1}{2} Q c_h$$

El nivel de inventario promedio es igual a  $\frac{1}{2} Q$ , pues la demanda se ha supuesto constante y el nivel máximo del inventario es igual a  $Q$ . El costo anual unitario de mantener el inventario,  $c_h$  es igual al costo de la tasa de capital y otros costos multiplicado por el precio unitario.

<sup>15</sup> CIT (Costo Incremental Total). Moskowitz



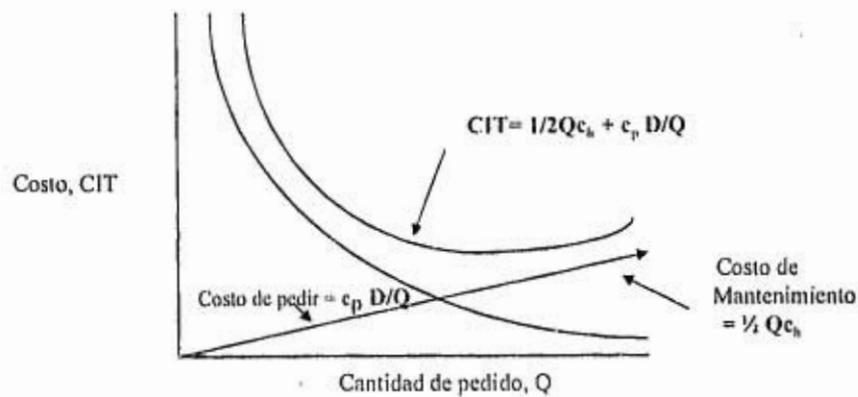


Figura 1-8

$$\text{Derivando: } CIT = \frac{1}{2} Qc_h + c_p \frac{D}{Q}$$

$$\frac{\partial CIT}{\partial Q} = \frac{1}{2} c_h - \frac{D}{Q^2} c_p = 0$$

Resolviendo para Q, obtenemos Q\*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Dc_p}{c_h}}$$

( unidades / pedido ) = ( unidades / año ) ( costo / pedido ) / ( costo / unidad por año ) raíz cuadrada. El costo de una solución óptima puede derivarse fácilmente reemplazando de la fórmula Q\* en la fórmula de CIT y resolviendo obtenemos:

$$CIT^* = \sqrt{2c_p c_h D}$$

Para obtener la frecuencia de pedidos es decir, el número óptimo de pedidos ( o lotes de producción) por año N\*, es igual a la demanda anual total dividida por la cantidad óptima pedida Q\*, es decir:

$$N^* = \frac{D}{Q^*}$$

$$(\text{pedido} / \text{año}) = (\text{unidades} / \text{año}) / (\text{unidades} / \text{pedido})$$

Y el tiempo entre pedidos, es decir tiempo de ciclo es:

$$T^* = \frac{1}{N^*} \quad \text{ó} \quad T^* = \frac{Q^*}{D}$$

$$(\text{año} / \text{pedido}) = (\text{unidades} / \text{pedido}) / (\text{unidades} / \text{año})$$

#### 1.10.1.4 Obtención de ¿Cuándo se debe pedir ?

La decisión de cuándo pedir se expresa en términos del punto de pedido o reorden ( R ) que es el nivel de inventario en el cual se debe colocar un pedido. Cuando se sabe que hay una entrega o tiempo de anticipación conocido, por tanto para una tasa de demanda constante de x cantidad basados en una semana de trabajo

#### 1.10.2 Modelo CEP cuando se permiten faltantes

En muchas situaciones en donde hay faltantes en inventarios debe evitarse, en otros casos es justificable planear y permitir faltantes. Concretamente hablando de estos casos existen cuando el valor por unidad del inventario es alto. En este modelo suponemos que todas las demandas que no se satisfagan como resultado de los faltantes de inventario se piden de nuevo y eventualmente se cumplen. El punto a tratar es que el costo de quedarse sin existencias puede ser suficientemente pequeño en comparación al costo de mantener el inventario, de tal manera que puede ser conveniente quedar sin existencias.

Como se muestra en la Figura 1-9 es el comportamiento del inventario cuando hay faltante en la existencias, es decir sigue con el patrón diente de sierra pero cae por debajo del nivel de inventario cero.

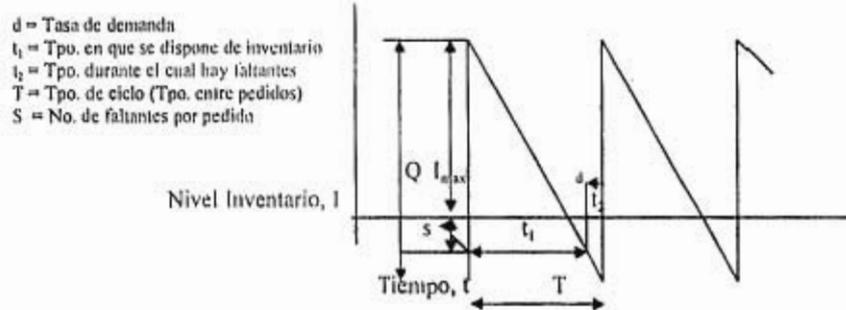


Figura 1-9

Como se puede apreciar el inventario negativo representa mercancías que están vendidas pero los pedidos se han pospuesto en su entrega. Puesto que los pedidos pospuestos, es decir los faltantes se cumplen después de ser recibidos, el nivel máximo de inventario no alcanza la cantidad pedida  $Q$ , como lo hace el modelo clásico CEP. Los faltantes ( $S$ ) se cumplen inmediatamente se recibe un pedido y el nivel inventarial regresa a un nivel  $I_{max} = Q - S$ , que es el máximo nivel inventarial. Puesto que  $I_{max}$  es menor cuando se permiten faltantes, los costos de llevar el inventario se reducen. Un caso extremo es aquél en que todas las demandas fueran pospuestas, resultando en un inventario cero y por tanto en costos de mantenimiento de cero. Sin embargo la reducción en los costos de mantenimiento debe balancearse contra los costos de los faltantes asociados, con los pedidos pospuestos. En este caso extremo presumiblemente estos costos serían excesivamente elevados.

#### 1.10.2.1 Definición de variables del modelo CEP cuando se permiten faltantes.

$c_s$  = costo de penalización por pedidos pospuestos ( faltantes) proporcionales tanto al número de pedidos pospuestos como al tiempo.

$S$  = número de faltantes por pedido ( cantidad pospuesta )

$I_{máx}$  = nivel máximo de inventario ( $Q - S$ )

$t_1$  = tiempo durante el cual hay inventario disponible

$t_2$  = tiempo durante el cual existen faltantes

$T$  = tiempo entre el recibo de los pedidos ( tiempo de ciclo  $T = t_1 + t_2$  ).

### 1.10.2.2 Desarrollo del CIT para el inventario con faltantes.

La función de costo anual total para el modelo de inventario con faltantes permitido es:

CIT = costo de pedir + costo de mantenimiento + costo faltantes

A continuación se analizarán los diferentes costos

Costo de pedir

En este caso no hay variación con el modelo clásico CEP

$$\text{Costo de pedir} = c_p = \frac{D}{Q}$$

Costo de mantenimiento

Estos costos ocurren durante el periodo  $t_1$  cuando hay un nivel de inventario positivo

$$\text{Costo de mantenimiento por año} = \frac{c_h(Q - S)^2}{2Q}$$

Costo de los faltantes

Puesto que  $S$  representa el máximo nivel de faltantes, el nivel promedio de faltantes durante el período en el cual hay un faltante ( $t_2$ ) será  $S/2$ .

$$\text{Costo anual del faltante} = \frac{c_s S^2}{2Q}$$

El CIT anual es:

$$CIT = c_p \frac{D}{Q} + \frac{c_h (Q - S)^2}{2Q} + \frac{c_s S^2}{2Q}$$

A partir del CIT anual se obtienen las reglas de decisión óptimas para las dos variables de decisión que son:

La cantidad de pedido  $Q$  y el máximo nivel de inventario  $I_{max}$

Las reglas de decisión óptima se obtienen derivando mediante cálculo diferencial.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} \sqrt{\frac{c_h + c_s}{c_s}} \quad I^*_{max} = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} \sqrt{\frac{c_s}{c_h + c_s}}$$

$$CIT = \sqrt{2c_h c_p D} \sqrt{\frac{c_s}{c_h + c_s}}$$

### 1.10.3 Modelo CEP con descuentos por cantidad

A menudo se otorgan descuentos por cantidad por la compra de grandes cantidades, consiguiendo un costo unitario más bajo. Esto puede implicar que a mayores cantidades se incurran a costos compra, costos de mantenimiento y costos de pedidos, por lo que se trata de balancear estos costos para obtener una cantidad pedida de costo mínimo.

### 1.10.3.1 Formulación del modelo.

Se tienen costos de mantenimiento y costos de pedido pero además los costos por artículo comprado deben incluirse como un costo incremental.

CIT= costo de pedir + costo de mantenimiento + costo de compra

$$CIT = c_p \frac{D}{Q} + c_h \frac{Q}{2} + cD$$

### 1.10.4 Modelo CEP para lotes de producción de un solo producto

En este modelo se parte de que los artículos se reciben para inventario a una tasa constante con el tiempo, al mismo tiempo que las unidades se consumen. Este modelo es típico para situaciones de producción en que se coloca un pedido, la producción comienza y un número constante de unidades se suma al inventario cada día hasta completar el lote de producción. Al mismo tiempo las unidades se demandan y consumen a una tasa constante, de lo que se supone que la tasa de producción es mayor que la tasa de demanda ya que de otra manera no se acumulará inventarios y se presentarán faltantes.

#### 1.10.4.1 Definición de variables del modelo CEP para lotes de producción de un solo producto.

$p$ = tasa de producción, se supone constante.

$d$ = tasa de demanda, constante.

CIT= costo de pedidos + costo de mantenimiento

La producción en este modelo para obtener la  $Q$  total pedida, tiene lugar sobre un periodo definido por la tasa de producción ( $p$ ) y las partes que ingresan al inventario no en

grandes cantidades sino mas bien en pequeñas cantidades a medida que la producción y el consumo se realizan Figura 1-10.

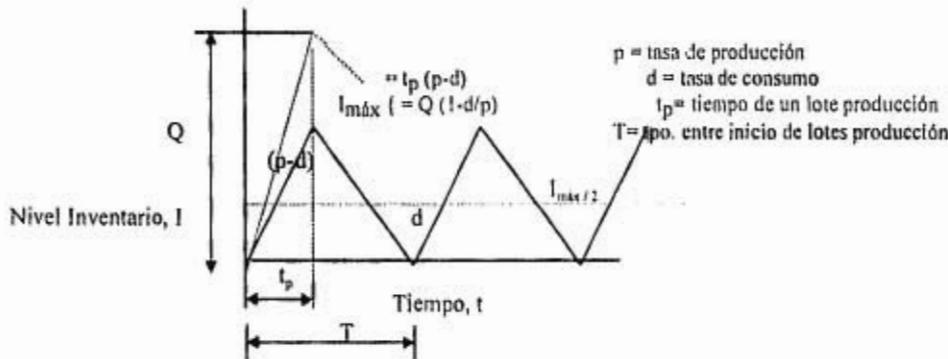


Figura 1-10

El máximo nivel de inventario y del inventario promedio no será solamente una función del tamaño del lote como en el modelo clásico CEP, sino también una función de la tasa de producción ( $p$ ) y de la tasa de la demanda ( $d$ ). El nivel máximo de inventario debe ajustarse por el hecho de que los artículos se están recibiendo y consumiendo simultáneamente.

El nivel de inventario promedio es: 
$$I_p = \frac{Q}{p}$$

donde  $t_p$  representa la duración del lote de producción o el tiempo que se toma para producir la cantidad total pedida  $Q$ .

El máximo nivel de inventario  $I_{max}$  es: 
$$I_{max} = t_p (p - d)$$

donde  $(p - d)$  es la tasa de acumulación de inventario por unidad de tiempo ( $p$  se supone mayor que  $d$ ) y  $t_p$  es la duración total del lote de producción.

El nivel de inventario promedio es:  $Inv. Pr om. = \frac{I_p(p-d)}{2}$

El costo anual de mantenimiento es pues:

$$c_h \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{d}{p}\right)$$

El costo total es:

$$CIT = c_p \frac{D}{Q} + c_h \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{d}{p}\right)$$

Utilizando el cálculo diferencial en el costo total en función de Q se obtiene la Q\* óptima

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h \left[1 - (d/p)\right]}}$$

$$CIT^* = \sqrt{2c_p c_h D \left(1 - \frac{d}{p}\right)}$$

El número óptimo de lotes de producción de tamaño Q\* es:

$$N^* = \frac{D}{Q^*}$$

Y el tiempo óptimo entre los lotes de producción es:

$$T^* = \frac{1}{N^*} = \frac{Q^*}{D}$$

### 1.10.5 Modelo CEP para lotes de producción de productos múltiples

La única diferencia con el modelo de producción de un solo producto es que debemos determinar una longitud de ciclo que minimice los costos de mantenimiento del inventario y los costos de alistamiento para el conjunto completo de productos. Es decir se desarrolla un procedimiento para determinar lotes de producción (tamaños de lotes) para todos los productos simultáneamente (conjuntamente) para evitar los conflictos de faltantes. La función de costo anual para los  $n$  productos es la suma de los costos de alistamiento más los costos de sostenimiento del inventario, o

$$CIT = \sum_{i=1}^n (\text{Costos de pedir para el producto } i) + \sum_{i=1}^n (\text{Costos de sostenimiento para producto } i)$$

$$CIT = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_i} c_p + \sum_{i=1}^n \frac{c_h Q_i (1 - d_i / p_i)}{2}$$

Puesto que  $N = \frac{D_i}{Q_i}$  es el número común de lotes anuales de producción, se sustituye en la ecuación anterior y obtenemos

$$CIT = N \sum_{i=1}^n c_p + \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^n c_h D_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)$$

Esta ecuación expresa la función de costo incremental total en términos de la variable de decisión  $N$  (la duración del ciclo de producción) en vez del tamaño de lote  $Q$ . El  $N$  de mínimo costo puede obtenerse diferenciando la ecuación con respecto a  $N$  y obtenemos:

$$N^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n c_h D_i (1 - d_i / p_i)}{2 \sum_{i=1}^n c_p}}$$

Puesto que  $Q_i^* = D_i / N^*$  se puede obtener el tamaño óptimo del lote para los  $n$  productos, reemplazando  $N^*$  en CIT obtenemos:

$$CIT = \sqrt{2 \sum_{i=1}^n c_p \sum_{i=1}^n c_h D_i (1 - d_i / p_i)}$$

#### 1.10.6 Modelo CEP con restricciones

En este modelo es donde se presentan, factores tales como falta de espacio de almacenamiento o el monto total de capital que puede invertirse en el inventario. Aquí se pueden considerar un artículo o artículos múltiples en este último pueden competir por un espacio limitado, capital etc., y esto lo vuelve más complejo. En la ecuación se supone que los artículos son independientes el uno del otro, además note que los costos de bodega son tratados separadamente ( $w$ ,  $k$ ,  $Q$ ) de los costos de almacenamiento del inventario, debido a que en muchos casos no son lineales con el inventario promedio.

$$CIT = \sum_{i=1}^n \left( c_p \frac{D_i}{Q_i} + c_h \frac{Q_i}{2} + w_i k_i Q_i \right)$$

El CEP se determinará independientemente utilizando la ecuación del CIT y derivándola obtenemos:

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2 D_i c_p}{c_h + 2 w_i k_i}}$$

Consideremos las restricciones que se pueden dar, se utilizaría el modelo siguiente, dependiendo por supuesto de las capacidades de cada caso específico, sería como se muestra:

$$k_1 Q_1 + k_2 Q_2 \leq K$$

w= cargo por alquiler

k= capacidad de almacenamiento

K= Máxima capacidad de almacenamiento

Las ecuaciones anteriores se utilizan cuando la restricción del espacio de almacenamiento se cumple, es decir no es violada.

Si no se llega a cumplir la restricción se tienen que ajustar las Q's mediante una optimización es decir la minimización de costo total sujeto a una restricción de igualdad  
 Figura I-11.

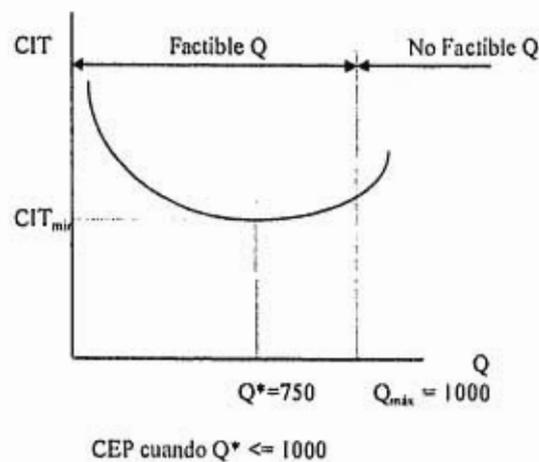
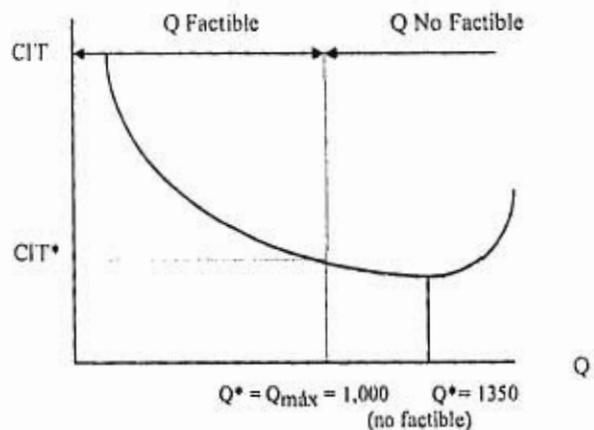


Figura I-11



En caso que no se cumpla la restricción se obtiene esta optimización utilizando el método de multiplicadores de Lagrange. Antes de obtener Q se deben calcular primero las lambdas  $\lambda$ 's

La dimensión de lambda es en \$/ pies,mts. De tal manera que se puede interpretar con una tasa de alquiler de espacio

$$CIT = \sum_{i=1}^2 \left( c_{pi} \frac{D_i}{Q_i} + c_{hi} \frac{Q_i}{2} + w_i k_i Q_i \right)$$

Sujeto a  $\sum_{i=1}^2 k_i Q_i = K$

$$L(Q_1, Q_2, \lambda_1) = \sum_{i=1}^2 \left( c_{pi} \frac{D_i}{Q_i} + c_{hi} \frac{Q_i}{2} + w_i k_i Q_i \right) + \lambda_1 \left( \sum_{i=1}^2 k_i Q_i - K \right)$$

Con la ecuación anterior se logra que el problema de optimización sea un problema sin restricciones, si diferenciamos la función de Lagrange con respecto a las incógnitas ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $\lambda_1$ ) y del resultado se sustituye en la restricción  $k_1 Q_1 + k_2 Q_2 \leq K$  obtenemos:

$$\sum_{i=1}^2 k_i \sqrt{\frac{2D_i c_p}{c_h + 2k_i(\lambda + w_i)}} = K$$

El efecto de la restricción es introducir un término adicional en el denominador ( $2k_i, \lambda$ ), que tenga el mismo efecto que el incremento en los costos de mantenimiento. La cantidad a incrementar depende del espacio ocupado por el producto  $i$  ( $k_i$ ) y el multiplicador de Lagrange  $\lambda$ . Para concluir es posible que la solución óptima del modelo resulte en menor uso del espacio total de almacenamiento disponible. Basta con determinar la CEP y los valores obtenidos se sustituyan en la restricción de espacio para determinar si se respeta, en caso que no se cumpla con la restricción se utilizará el modelo CEP donde interviene  $\lambda$  y de esa forma se obtienen las  $\lambda$  correspondientes cuyo efecto es tener un incremento en los costos de mantenimiento y dicho incremento depende del espacio ocupado por el producto.

**Capítulo 2**

**Del sistema MRP al MRP II**

**2.1 Evolución del MRP**

El sistema MRP es usado en tres diferentes formas pero relacionados entre sí, cada una nos muestra el desarrollo de los conceptos del MRP. Estas diferentes formas son:

- 1.- MRP (Planeación de los requerimientos de material)<sup>1</sup>
- 2.- Closed-loop MRP (Ciclo cerrado del MRP)
- 3.- MRP II (Planeación de los recursos de manufactura)<sup>2</sup>

En la Figura 2-1 se muestra esquemáticamente la evolución del sistema MRP al MRP II.

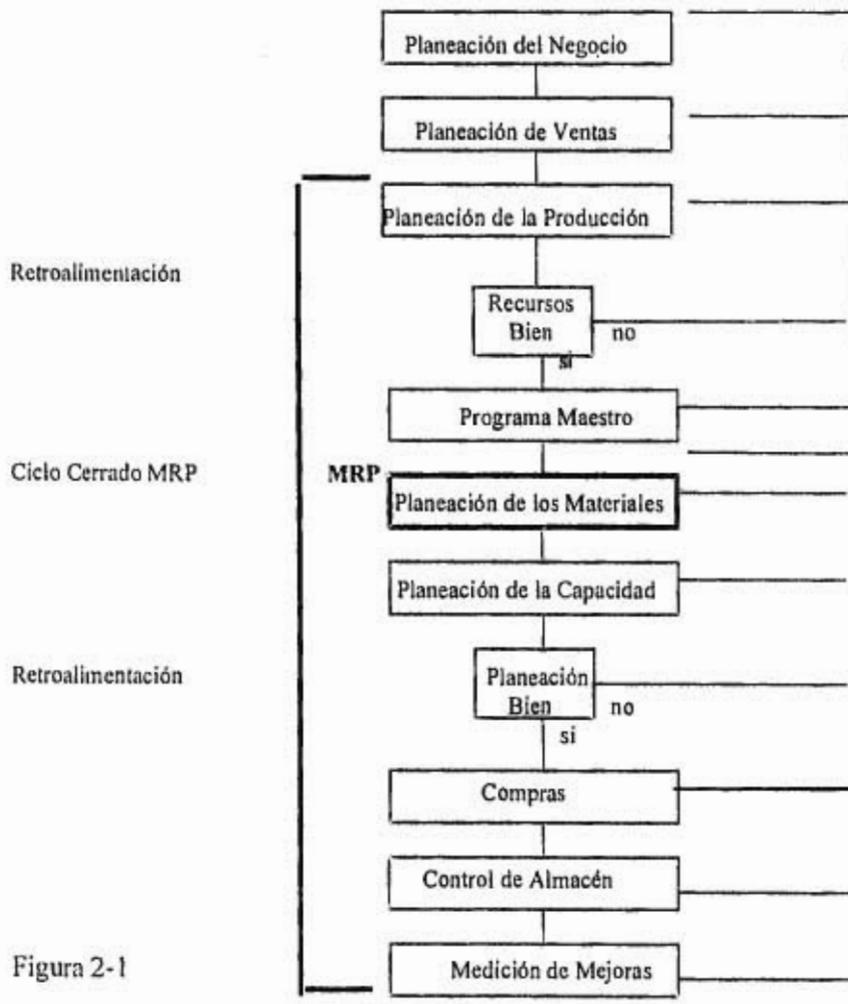


Figura 2-1

<sup>1</sup> MRP (Material Requirements Planning). Fogarty

<sup>2</sup> MRP II (Manufacturing Resource Planning). Fogarty

### 2.1.1 Formalizando un sistema informal

No es inusual escuchar a gente que dice que ha usado el MRP durante veinte años, que es un sistema ya obsoleto, etc., pero quizá no han entendido que el MRP ha cambiado durante todos esos años y más que eso ha evolucionado. La evolución ha sido:

- 1.- Mejor método de órdenes
- 2.- Prioridad de la planeación
- 3.- Ciclo cerrado MRP
- 4.- MRP II

El MRP, es llamado algunas veces pequeño MRP y lo que hace es calcular las cantidades exactas, el tiempo en que lo necesitan y las órdenes de planeación de los subensambles, componentes y materiales que se requieren para manufacturarlos según el programa maestro de producción. Antes del MRP las organizaciones manufactureras controlaban los subensambles y componentes usando los tradicionales puntos de orden. Hay dos métodos fundamentales para ordenar materiales: el de punto de orden y el de la planeación de los requerimientos de material, este último determina cuándo ordenar basado en una programación de los materiales que se usan para el artículo. Antes de que la computadora fuera disponible, las compañías tardaban de seis a doce semanas en calcular sus requerimientos de materiales ya que lo hacían manualmente o con algún equipo de conteo.

La computadora hizo posible calcular los requerimientos en una semana y esto facilitó ordenar mas frecuentemente he hizo del MRP una herramienta de trabajo. Pero algo hacia falta todavía y era el concepto del programa maestro, éste fue apareciendo en un periodo de diez años, ya que la reprogramación consistía en que en determinado período eran recalculados los requerimientos en base a órdenes de compra, etc., hasta que reconocieron que el programa maestro necesitaba mostrar lo que realmente iba a hacerse. Y fue hasta que la gente aprendió a manejar el programa maestro donde evolucionó el MRP de un

sistema de órdenes a un sistema de planeación prioritario. La lógica de una lista de faltantes es fundamental, como se muestra en la Figura 2-2, al hacer una lista de faltantes, el jefe de producción observa el programa de producción para encontrar qué es lo que se va a producir, obtiene de la lista de materiales, la información de lo que se requiere para producir, físicamente verifica el inventario disponible en el almacén y hace la lista del material faltante que no están disponibles.



Figura 2-2

El MRP en base a un software usa la misma lógica Figura 2-3, el programa maestro es un estado en que los artículos van a ser producidos, esto es alimentado en la computadora junto con la lista de materiales, registro del inventario y el plan de requerimientos de materiales.



Figura 2-3

Antes, la lista de faltantes constituía el sistema real de planeación de cada compañía manufacturera, ahora los faltantes podrían ser predecidos con bastante tiempo de anticipación, aunque esto no quiere decir que haya cambios y que en ocasiones la programación de la planeación este mal, el MRP sigue siendo una poderosa herramienta en los horizontes de planeación que pueden ser extendidos tanto como sean necesarios, y con este sistema formal se pueden establecer y mantener fechas necesarias en cuanto a

producción y se trabaja en base a una programación generada por el MRP. La lista de faltantes siempre se ha de encontrar con preguntas fundamentales de la manufactura que son:

- 1.- ¿Qué es lo que vamos a producir?
- 2.- ¿Cuánto nos toma llevarlo a cabo?
- 3.- ¿Qué es lo que tenemos?
- 4.- ¿Qué es lo que necesitamos?

Y estas mismas preguntas son a las que se enfrenta el MRP, y como el MRP es lo lógico de un sistema informal, la lista de faltantes desarrolló el sistema de programación formal.

### **2.1.2 El MRP contra el EOQ/ROP**

El modelo de Cantidad Económica de Lote/Punto de Reorden (EOQ/ROP) fue desarrollado por F.W. Harris en 1915, para establecer lotes de inventarios óptimos que minimizarían los costos de inventario y producción combinados. El modelo asume que los costos totales asociados con el almacenamiento de inventarios son los costos asociados con el mantenimiento de dichos inventarios y el resurtimiento de órdenes. Este modelo es determinístico, asumiendo a la demanda y al tiempo de proceso como constantes. R.W. Wilson elaboró un modelo estocástico en 1934, en el cual los puntos de reorden se fijan como funciones probabilísticas de la demanda o el tiempo de proceso. El modelo EOQ/ROP fue usado para responder las siguientes preguntas concernientes al tamaño de lotes de inventarios: Cuánto ordenar, y qué prioridades asignar al programa de trabajo. Los puntos de reorden simultáneamente decían qué ordenar y cuándo ordenar. El MRP contrarrestó el enfoque EOQ/ROP y resolvió algunas deficiencias de este modelo. Estas deficiencias incluyen el hecho de que EOQ/ROP ignoraba las relaciones estructurales entre los productos y sus componentes y esto no permitía una reprogramación efectiva como respuesta a cambios dinámicos en la demanda o en las actividades de producción. MRP resolvió exitosamente esta deficiencia. A través del uso

de listas de materiales estructuradas para obtener los requerimientos de partes, MRP provee las partes a partir de las cuales construirá los productos terminados que estarán presentes en el MPS. La simulación computarizada con MRP puede ser actualizada a cualquier frecuencia que se desee de tal forma que las decisiones son guiadas propiamente por la realidad actual. Otro problema del modelo EOQ/ROP está en que es reactivo. Las nuevas órdenes de partes para soportar la demanda futura resultan a partir de puntos de reorden que son disparados cuando los inventarios caen por debajo del punto de reorden debido a demanda pesada. En contraste, el MRP es proactivo. El manejo del inventario y la producción se guía en base a pronósticos y órdenes que componen la demanda futura. De esta forma las órdenes para partes se empatan con la demanda requerida en realidad. Sin embargo, MRP no hace al EOQ obsoleto. MRP utiliza técnicas para saber qué ordenar, y qué prioridades asignar, pero también utiliza los conceptos del EOQ para determinar cuánto ordenar (tamaño de lote). Además del enfoque lot for lot (ordenar únicamente la cantidad que se necesite cada vez), todos los algoritmos de MRP utilizan el método clásico del EOQ con un pequeño refinamiento para minimizar el costo total de inventario utilizando demanda real más que asumir un patrón continuamente repetitivo.

## 2.2 El ciclo cerrado<sup>3</sup>

Una vez que se entendió la importancia de la planeación se llegó a una conclusión que no era aún suficiente, ya que se podría saber las necesidades de material, pero que tal si la capacidad no era la suficiente o disponible, aunque se conociera la cantidad correcta de materiales no se podría producir. Mediante el plan de operaciones y ventas se establecían las tasas de producción, para resolver la pregunta de cuántos artículos de un modelo tal se tenían que producir, el plan de ambas áreas en un negocio donde el producto puede ser hecho después de haber sido efectuada la orden del cliente se establecía a través de la lista de órdenes pendientes. El programa maestro toma del plan de operaciones y ventas, unidades de productos de familia y los compone específicamente de tal forma que serán

unidades individuales ya sea un negocio de “hacer para tener existencias”<sup>1</sup> y/o “hacer para una orden.”<sup>2</sup> El plan de capacidad de requerimientos hace lo mismo estandarizando las horas, y éste fue el siguiente paso para ir incorporando el sistema de ciclo cerrado; éste observaba el programa de operaciones para determinar cuántas horas estándar se requieren para cada centro de trabajo, solamente ese tipo de tiempo se estandariza. Una vez más la planeación del material y capacidad habían sido hechos y esto determinaba si eran o no realistas los planes. Si lo eran, cada centro de trabajo debía ser monitoreado para asegurar el plan previsto, y la programación para vendedores y gente de operaciones tendría que ser regularmente supervisada y estar al día para ejecutar el plan de requerimientos de material.

Curiosamente la gente pensaba primero en la planeación de la capacidad sin pensar primero acerca de la planeación de los requerimientos de material, de hecho el primer ciclo cerrado o en otros términos el primer software en usarse fue con la compañía Markem Corporation en Keene, New Hampshire en 1969. El ciclo cerrado del MRP fue una evolución natural en el desarrollo de un más formal y explícito sistema de control de manufactura. Esto incluye la planeación de la capacidad de los requerimientos y la retroalimentación describiendo el progreso de órdenes siendo manufacturadas, así como el vínculo del programa maestro de producción y de la planeación de los procesos de producción. Se usa la planeación de los requerimientos del material para desarrollar la planeación de la capacidad de los requerimientos con el fin de comparar la capacidad de planeación utilizando resultados del MPS y del MRP y de esa forma determinar si es sustentable el plan de producción. Una vez aprobado el plan éste es desarrollado, el almacén y el control de compras cierran la planeación y el control del sistema. La producción actual y las mejoras logradas son medidas y comparadas con el plan, aquí se cierra el ciclo. La retroalimentación capacita para determinar si hay acciones correctiva

---

<sup>1</sup> Closed Loop. Wight

<sup>2</sup> Make to stock. Apics

<sup>3</sup> Make to order. Apics

necesarias y si las hay que tipo de acción es la más apropiada. El término ciclo cerrado realmente tiene dos significados, primero es que un elemento faltaba en el sistema, como el de la planeación de la capacidad y programación de operaciones. El otro significado es que debe haber una retroalimentación de planeadores, fabricantes y vendedores, etc., en cualquier momento en que se esté llevando a cabo el plan.

### 2.3 MRP II

MRP II es un sistema de información de manufactura que integra mercadotecnia, finanzas y operaciones, coordina las ventas y los planes de manufactura para asegurar su consistencia. Convierte los recursos requeridos tales como equipo, personal y materiales en requerimientos financieros y convierte salidas de producción en términos monetarios. Evalúa la habilidad de la organización en ejecutar planes de financiamiento y también evalúa el mérito financiero de los planes en términos de utilidades, retorno de lo invertido ROI<sup>6</sup>. Los objetivos del MRP II son:

- 1) Determinar qué ordenar, cuánto ordenar, cuándo ordenarlo y cuándo programar entregas
- 2) Guardar prioridades de planeación de inventarios, planeación de la capacidad y control del almacén.

Un programa de MRP es parte de un paquete total de manufactura que incluye pronósticos, órdenes de entrada, inventarios, y mantenimiento de lista de materiales, control del almacén, etc. En toda compañía se ha visto lo importante que es trabajar por un mismo objetivo, sin embargo muchas compañías no asimilan que todas las áreas deben jugar con la misma estrategia. Y qué es lo que sucede cuando no se tiene la misma meta u objetivo, se va generando un bajo nivel de eficiencia y productividad que afecta a toda la organización. Y esto es frecuente en áreas como mercadotecnia, manufactura, finanzas, operaciones, etc., donde no se coordinan y gente de finanzas se sorprende del alto nivel

de inventarios que se tienen, o la gente de mercadotecnia insiste en mostrar, publicar o hasta vender productos antes de que estén completamente terminados, o gente de manufactura que gasta excesivas cantidades de dinero y tiempo en tener los productos a tiempo y así puede haber un sinnúmero de casos en que no están coordinadas las diferentes áreas.

Cuando la gente se dio cuenta que el ciclo cerrado MRP empezaba a funcionar se empezaron a preguntar si mostraba lo que realmente se iba a producir y comprar, porque no utilizarlo como una fuente de apoyo para el reporte de compras, así como la planeación de la producción mostraba lo que iba a suceder, porque no expresarlo en término de dinero en base al plan global del negocio, cuando se empezó a entender que sí se podía aplicar, y sobretodo conectar las finanzas y las operaciones de la empresa se dio el primer paso del ciclo cerrado MRP al MRP II. Cuando la programación maestra de la producción MPS<sup>7</sup>, fue reconocida como una fuente de entrada de datos muy importante para el MRP, se decía que las predicciones de mercadotecnia serían datos cruciales para el MPS, y curiosamente en muchas compañías el área de mercadotecnia ignoraba el MRP; cuando empezaron a reconocer la importancia que tenía, afirmaron que es la mejor herramienta de trabajo que podían aplicar; las famosas discusiones del área de manufactura y mercadotecnia podían resolverse desde el MS<sup>6</sup>. El área de ingeniería o desarrollo de nuevos productos era otra área que tenía que conectarse con la de manufactura, finanzas y mercadotecnia; mediante una programación vinculando las áreas con sus respectivas planeaciones fue el paso más natural y lógico; se creó un sistema formal en donde la gente del área de ingeniería encargada del diseño, manufactura y mantenimiento necesitaban de una correcta información en el sistema y fue donde la lista de materiales sirvió como una fuente de referencia. La necesidad de tener un plan efectivo, una programación de la producción y crear un nivel de control de existencias en áreas pertinentes a la manufactura, ha creado conciencia a que en sus productos y procesos de manufactura a menudo se pregunten cómo solucionar los siguientes problemas:

---

<sup>6</sup> ROI (Return of Investement). Wight

<sup>7</sup> MPS (Master Production Schedule). Apics

- El no comprar o hacer los productos correctos en el tiempo correcto
- Exceso de inventario
- Mínima mejora en productividad
- Altos costos
- Deficiente servicio a clientes

Hay sin embargo compañías que no tienen estos problemas y el generador de tal éxito ha sido la oportuna implementación del MRP II que es un sistema que define los materiales y la capacidad de los recursos demandados de la empresa así como la planeación de los suministros de aquellos recursos. El MRP II evolucionó del ciclo cerrado y del sistema MRP y tiene estas características:

- 1.- El sistema de finanzas y operaciones son uno mismo, usan las mismas transacciones, los mismos números, lo que figura en finanzas son meras extensiones de los números en las operaciones.
- 2.- Es un sistema básicamente de simulación de realidades, podría usarse para simular que pasaría si varias las tomas de decisiones que se implementarán.
- 3.- Es un sistema completo para la compañía, envuelve cada faceta de la empresa porque el MRP II le concierne ventas, producción, inventarios, planeación, compras, etc.

MRP II finalmente maneja y tiene los números con los que corre la empresa, además y quizá lo más importante es que envuelve a todas las áreas en un mismo plan de juego.

La planeación de los recursos de manufactura MRP II básicamente requiere tres cosas:

---

\* MS (Master Schedule), Fogarty

- 1.- Gente que entienda cómo usarlo
- 2.- Una exacta y completa base de información
- 3.- El software correcto

El MRP II hace las cuatro siguientes preguntas básicas

- 1.- ¿Qué vamos a hacer?
- 2.- ¿Cuánto nos toma hacerlo?
- 3.- ¿Qué es lo que tenemos?
- 4.- ¿Qué es lo que se necesita y cuándo?

## **2.4 Componentes y estructura del sistema MRP**

### **2.4.1 Objetivos del sistema MRP**

Todos los sistemas MRP tienen un objetivo común, el cual es el determinar el total y actual de los requerimientos en inventario, de tal forma que sea capaz de generar información necesaria de órdenes de inventario correctos.

Una de las funciones básicas y por tanto uno de sus objetivos es la conversión del total de los requerimientos a los actuales requerimientos, con la finalidad de que sea cubierto en forma correcta los tiempos en órdenes de almacén y órdenes de compra.

### **2.4.2 Propósito del sistema**

El sistema MRP tiene la habilidad de generar avisos o llamadas para los artículos o materiales correctos ,con las cantidades correctas y en el preciso momento. Además de que la inversión en inventario puede ser tomada en mínimos, el sistema da proyecciones de cada artículo (pieza-pieza), y el control de inventarios está en base a una acción orientada y planificada.

### 2.4.3 Entradas y salidas del sistema

Las principales salidas del sistema son las siguientes; aunque se puede resumir en dos: las compras y los planes de producción:

- Proyecciones de nivel de inventario
- Reportes de compras
- Muestras de información de demandas
- Aprobación de órdenes de planeación para el futuro.
- Análisis actual del artículo e información de referencia.

De estas salidas del sistema MRP se pueden resumir en dos que son los planes de producción y las compras. Todas las salidas del MRP son producidas por las entradas procesadas de las siguientes informaciones ver Figura 2-4:

- 1.- Planeación maestra de la producción ( MPS )
- 2.- La lista de materiales o estructura del producto ( BOM )
- 3.- Nivel y estado del inventario

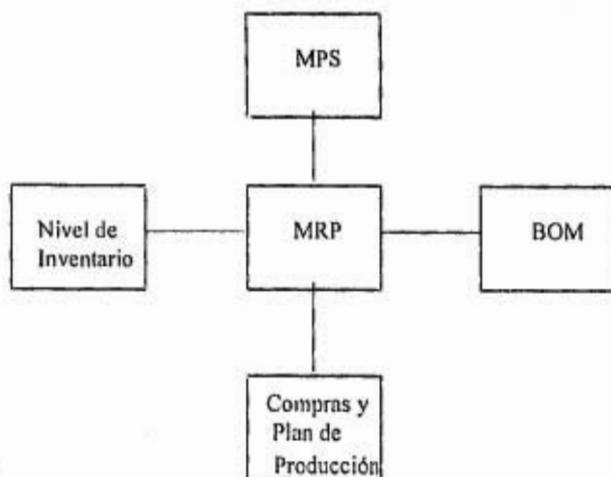


Figura 2-4

### 2.5 Lista de materiales (BOM)<sup>9</sup>

Nosotros normalmente pensamos en términos de lista de materiales (BOM) sin saber que lo hacemos; cuando se cocina se usan recetas que son lista de materiales (BOM) de comida, diariamente nos programamos en nuestras diferentes labores en diferentes tiempos usando un calendario es otra versión del BOM. La lógica de la lista de materiales nos permite pensar en grupos de partes que pertenecen a otras partes, la lista de materiales es la parte más importante de un sistema MRP. La lista de materiales (BOM) es una lista de todos los materiales requeridos para hacer otro, que puede ser un subensamble o un producto terminado. La lista de materiales es como una definición de lenguaje, donde todos lo usamos para diferentes propósitos pero una estandarización es necesaria para la efectiva comunicación. Desde que la lista de materiales (BOM) es usada en costos, planeación, definición de producto, ordenes de trabajo casi todos en la compañía tienen una opinión.

Un producto final que incluye una lista de materiales, ingredientes, subasambles, combinaciones de materiales, etc., esta lista es llamada BOM. El BOM en manufactura afecta muchas funciones tales como: ingeniería en diseño, procesos de manufactura, planeación de la producción y control de inventarios, en finanzas, en el servicio del productos, etc. El BOM puede tomar muchas formas y ser usada de diversas maneras, es creada como parte del proceso de diseño y es usada por ingenieros en manufactura para determinar cuáles materiales deberían comprarse y cuáles deberían ser manufacturados. Control de la producción y planeación del inventario usa el BOM en conjunción con la planeación maestra de la producción para determinar cuáles materiales en base a requisiciones de compra y órdenes de producción deben realizarse. En la contabilidad lo usan para efectos del costo del producto. El BOM es un requerimiento básico de entrada para la planeación de la producción y control de actividades, y su exactitud es crucial. En los sistemas informáticos la información del BOM está contenida en el BOM files.

**2.5.1 Nivel individual BOM**

El formato más simple del BOM como se muestra en la Tabla 2-1 y en la Figura 2-5, consiste en una lista de todos los componentes necesarios para hacer el producto terminado.

**BOM**  
Estructura Simple  
Cereal (Corn Flakes)

Número de parte	Descripción	Cantidad	Unidad de medida
332014	Tinta apolo	.03	mlt
252020	Corrugada	1.02	unt
322000	Cinta engomada	.00152	unt

Tabla 2-1  
Unt: Unidad  
Mlt: Mililitro

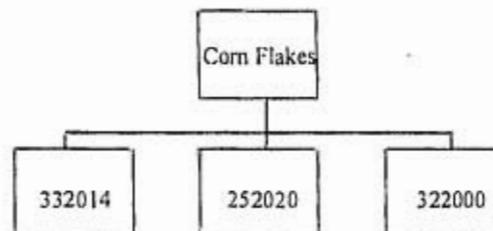


Figura 2-5

**2.5.2 Estructura de multiniveles BOM**

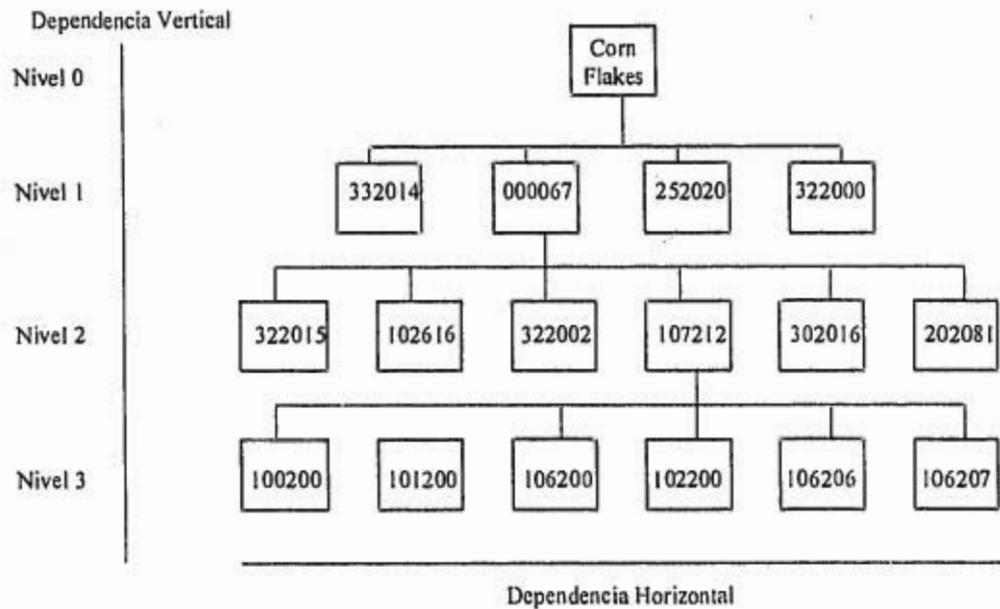
Una estructura simple de BOM es suficiente cuando un producto es ensamblado o elaborado en un momento teniendo todo el conjunto de partes y materiales comprados, pero no es tan adecuado si se tienen varios subensambles o procesos a seguir. Para ejemplificar mejor el caso de multiniveles se muestra la Tabla 2-2 y en la Figura 2-6. Aquí se parte del nivel cero que es el producto terminado y sucesivamente habrá otros niveles que indican el grado en que se encuentra el producto.

<sup>9</sup> BOM ( Bill of Materials). Fogarty

**BOM**  
**Estructura Múltiple**  
**Cereal Corn Flakes 14 x 200g VEN**

Ingrediente	Descripción	Cantidad	Unidad de medida
332014	Tinta apolo	.03	Mlt
252020	Corrugada	1.02	Unt
322000	Cinta engomada	0.0025	Unt
000067	Corn Flakes 200gr	14	Unt
322015	Tinta video	.01	Mlt
102616	Solvente tinta	.05	Mlt
322002	Pega hot melt	0.0025	Kg
302016	Liner cal	.10	Kg
202081	Est. C.F.	14.10	Unt
107212	Corn Flakes Base	2.83	Kg
100200	Maíz griz amarillo	2.84	Kg
101200	Azúcar blanco	.21	Kg
106200	Hierro reducido	.025	Kg
102200	Sal refinada	.08	Kg
106202	Premix #1	.025	Kg
106206	Acido Fólico	.025	Kg
106207	Premix #3	.025	Kg

Tabla 2-2  
 Mlt: Mililitro, Unt: Unidad, Kg: Kilogramo



Para explicar la dependencia horizontal, en el nivel 2 los componentes (322015) tinta video, (102616) solvente de tinta, (322002) pega hot melt, (107212) corn flakes base, (302016) liner cal, (202081) Est.C.F., son dependencia horizontal, ya que están en el mismo nivel en el BOM y son requeridos para formar la parte (000067) Corn Flakes 200 gr., ya que son necesarios. La dependencia vertical se muestra en el producto (322002) pega hot melt es parte necesaria para el producto (000067) Corn Flakes 200 gr., y de igual forma que (102200) sal refinada que es requerida para completar el nivel 2. La lista de materiales o BOM también contiene información de la relación de componentes y ensambles, los cuales son esenciales para el correcto funcionamiento y desarrollo del monto total requerido<sup>10</sup> y los requerimientos netos<sup>11</sup>.

### 2.5.3 Planeación de la lista de materiales

#### 2.5.3.1 Super lista de materiales<sup>12</sup>

La lista de materiales puede ser desarrollada en grupos de cosas que realmente nunca se construya, esta planeación de listas de materiales pueden improvisar toda la efectividad de las funciones de planeación. Estas listas de materiales son conocidas por super lista; y son un tipo de lista de materiales que agrupan varios módulos de productos para la planeación. La ventaja de estas super listas es que aunque de principio a fin del producto nunca es construido, la agrupación es lógica e igual a como los productos son pensados en la organización con la finalidad de facilitar los pronósticos y la programación maestra. La super lista permite proyectar en términos de dinero conforme la planeación del negocio o plan de producción y ser traducido en unidades requeridas, además que incrementa la exactitud de los pronósticos y hace más fácil el proceso de programación maestra.

---

<sup>10</sup> Gross Requirements. Apics

<sup>11</sup> Net Requirements. Apics

<sup>12</sup> Superbills. Fogarty

### 2.5.3.2 Conjunto de materiales<sup>13</sup>

Es otro método de estructurar la lista de materiales y se usa cuando el final de un producto contiene muchas pequeñas partes que pueden perderse de tal forma que se agrupan todas las partes en un número de conjunto. El número de conjunto es añadido al siguiente nivel más alto de la lista de materiales. Teniendo un conjunto estándar puede ser añadido a muchos diferentes productos terminados y lo vuelve más simple y correcto. Y teniendo un kit de materiales da la opción de entregar productos con su kit de partes por separado al ensamblado final.

### 2.5.3.3 Comunicación de la información<sup>14</sup>

La lista de materiales no solamente tiene la función de ver y mostrar la estructura de los productos desde el nivel más bajo hasta el más alto o de comunicar que componente es usado para hacer otro. La lista de materiales también puede comunicar información hacia otras direcciones y esto tiene mucho valor en la capacidad de planeación de los materiales. Es la capacidad de indentificar los materiales dados a los recursos requeridos actualmente. Este proceso vincula las partes de un nivel más alto a la parte pariente o raíz. Puede vincular un nivel o toda la ruta hasta llegar al producto final.

### 2.5.3.4 Exactitud

La exactitud es esencial en cualquier lista de materiales (BOM) desde que el documento es usado a través de la empresa. Las dos más importantes entradas al MRP son la identificación única del material o componente y la exactitud de la lista de materiales. Los efectos de una lista inexacta de materiales alcanzan todas las áreas de la empresa, compras podría pedir incorrectas cantidades de producto, manufactura podría construir componentes erróneos, finanzas calcularía incorrectos costos de los productos y como consecuencia habría un pobre manejo de la toma de decisiones.

---

<sup>13</sup> Materials Kit

<sup>14</sup> Pegging. Fogarty

## 2.6 Nivel de inventario<sup>15</sup>

También es conocido como "item master file" comprende el registro del inventario de cada producto conteniendo la actual información requerida para determinar los requerimientos actuales. Algunos métodos que pueden ser usados para asegurar el nivel correcto de inventario son:

- **La suma de balance:** suma todas las órdenes de entrada basadas en lo que se ha entregado al cliente dando como resultado que del balance sea lo que haya de inventario; este inventario no es posible usarlo en un sistema MRP ya que uno de los requerimientos para el MRP es tener el inventario de todas las partes o componentes.

- **Conteo físico del inventario:** es el método más usado y por ende el más tardado y en muchas ocasiones los que hacen el conteo no están familiarizados con los procesos, y para tener un inventario físico efectivo se tiene que asegurar que todas las transacciones sean completadas, llevar un control de conteo de las operaciones del inventario, recontar variaciones significativas de materiales, etc., y siempre toma más tiempo del deseado, se tiene poca confianza en la exactitud de los niveles de inventario, es un trabajo sucio que no le gusta a la gente hacerlo.

- **Ciclo de conteo:** es el método más recomendable para validar los procesos de inventario, permite que pequeñas cantidades de inventario sean contadas diariamente o semanalmente por el personal que sabe y entiende de los procesos.

El beneficio real es la indentificación y resolución de las causas de inventarios inexactos, hay menos tiempo entre la causa y el detectar el error.

## **2.6.1 Requerimientos del ciclo de conteo**

### **2.6.1.1 Número único de partes**

En un sistema MRP cada material en inventario debe ser identificado como un único número, esto significa si una parte (de un producto) está en inventario con un número y en diferentes condiciones, cada condición de la parte debe tener un número único de parte.

### **2.6.1.2 Experiencia de los que realizan los conteos.**

La gente debe tener experiencia en conteos y ser capaces de manejar números correctamente; esto significa que los responsables de mantener el inventario deben ser evaluados en la habilidad de leer y escribir números correctamente. Mucha atención es requerida en este puesto.

### **2.6.1.3 Grupo de control**

Un grupo representativo de partes es seleccionado para checar todo el ciclo de conteo y procesos de inventario. Esto es usado durante las primeras fases del ciclo de conteo para validar el control de los procesos del inventario y también es usado para validar cualquier cambio hecho por el proceso de conteo.

### **2.6.1.4 Tiempo utilizado en el conteo diario**

El monto de tiempo dedicado a contar y validar no debe ser mayor de 30 a 60 minutos; es decir puede variar en ese lapso de tiempo, quedando claro no dedicarle mayor tiempo, ya que la principal confianza en el ciclo de conteo es el éxito de terminar la pequeña cantidad de cada día y no impactar toda la operación; disciplina es necesaria para mantener un inventario correcto.

---

<sup>15</sup> Inventory Record File. Apics

### **2.6.2 Ciclo de conteo 1,2,3**

Este ciclo está probado y contiene siete pasos a seguir:

#### **2.6.2.1 Identificar grupos ABC (materiales o productos)**

Una forma muy común para identificar grupos ABC es clasificarlos en base a su costo. Los del grupo A son aquéllos que son el 15% al 20% de inventario pero su costo es del 80% del valor total del inventario. El grupo B le sigue quizá con un 30% a 50% de inventario pero su costo es el restante 10% ó 15% del valor total del inventario. El grupo C es el 50% a 60% de inventario, pero su costo es el 10% del valor total del inventario.

Muchos sistemas computacionales efectúan automáticamente el cálculo basándose en este método. Otro método es identificar grupos ABC mediante tiempos de proceso en base a suministros. El 20% de materiales con largos tiempos de proceso son clasificados como A; materiales rápidamente disponibles son considerados C; y los intermedios son clasificados B.

#### **2.6.2.2 Selección de grupos de control**

Cada tipo de inventarios de manufactura como lo es materia prima, productos semi-terminados o productos terminados deben ser incluidos en estos grupos de control.

#### **2.6.2.3 Conteo repetitivo del grupo de control**

Muchas compañías no lo toman en cuenta, pero es el punto más crítico para el éxito a largo plazo. El grupo de control debe ser contado diariamente hasta tener el 100% de exactitud en el inventario para ser activado y mantenido por 10 días eso ya depende de la compañía. El proceso de recontar el grupo de control da una atención intensiva en el balance de los materiales.

#### **2.6.2.4 Proceso correcto en movimientos físicos de materiales**

Esto incluye tener los procesos de control de inventarios al día, entrenamiento a los almacenistas y personal de producción, insistencia en la disciplina del control de inventarios.

#### **2.6.2.5 Expansión a otros números de partes.**

Ya que el control de procesos de inventario ha sido probado con el grupo de control y el inventario es correcto para este grupo, el proceso del ciclo de conteo debe expandirse al resto de las partes.

#### **2.6.2.6 Continua solución a proceso de movimientos de materiales.**

Siempre habrá problemas a resolver en los inventarios, Deming decía que el 94% de los problemas provienen de los procesos por si mismos y el 6% restante de la gente. Los procesos de inventario deben ser lo mas simples para poder corregirlos rápidamente, y registrando que a menor inventario en una planta es más fácil el conteo. Para la información actual del inventario; el registro o nivel del inventario contiene los llamados factores de planeación usados principalmente para determinar el tamaño de lote y el tiempo para la planeación de pedidos.

Factores de planeación incluyen el tiempo de proceso, el inventario de seguridad, técnicas del tamaño del lote, un cambio o varios cambios en estos factores de planeación normalmente cambia el inventario.

### **2.6.3 Técnicas y procedimientos usados para determinar el tamaño de lote.**

#### **2.6.3.1 Tamaño de lote<sup>16</sup>**

Es el monto de artículos, materiales o productos que son ordenados y requeridos en la planta, para obtener una cantidad estándar en el proceso de producción. Factores que

afectan el tamaño de lote son: el nivel del BOM, el costo de preparación de máquinas, órdenes de compra, el costo de almacenamiento de artículos en inventario. Hay varios métodos para seleccionar el tamaño de lote que pueda ser el más conveniente.

### **2.6.3.2 Costo por ordenar y almacenar**

El costo por ordenar se refiere al momento de preparar, realizar, monitorear y recibir la orden efectuada, así como el manejo físico de los productos, inspecciones y costo de preparación como sean aplicables. El costo por almacenar usualmente se define como el porcentaje de valor de dinero del inventario por unidad de tiempo, generalmente por un año.

### **2.6.3.3 Lote por lote<sup>17</sup>**

Es una técnica que genera órdenes de planeación en cantidades iguales al inventario actual requerido en cada periodo.

Se asume que las órdenes pueden ser por cualquier cantidad, luego entonces las órdenes serán exactas a la cantidad que actualmente se necesite, cuya finalidad es no tener inventario disponible. En la práctica esto no siempre ocurre por varias razones como son: órdenes que llegan retrasadas, canceladas, o por que están defectuosas.

Esta técnica es usada para artículos perecederos o en el cual el mercado fluctúa ampliamente.

### **2.6.3.4 Costo unitario mínimo<sup>18</sup>**

Este método consiste en producir las demandas del presente periodo, luego bajo un proceso de investigación se evalúa los periodos futuros. Se escoge el costo unitario mínimo ( costo de preparación + costo del inventario por periodo) sobre sucesivos periodos añadiendo el costo total de almacenamiento al costo de preparación y encontrando el período en el cual se minimiza el costo por unidad. Consiste en sumar los

---

<sup>16</sup> Lot sizing. Fogarty

<sup>17</sup> L4L (Lot for lot). Apics

costos de preparación, los costos de almacenamiento de cada tamaño de lote y dividirlos por el número de unidades del tamaño del lote, escogiendo el tamaño de lote con el mínimo costo unitario.

#### **2.6.3.5 Costo total mínimo<sup>19</sup>**

Es una técnica que calcula la cantidad ordenada comparando el costo de preparación o de órdenes con los costos de almacenamiento de varios tamaños de lotes; seleccionando el tamaño de lote donde los costos son lo más parecidos o iguales. Basados en la lógica que la curva del costo total es discreta (es decir que puede ser evaluada período por período) para demandas dependientes, el costo total mínimo todavía ocurre en el punto mas cercano del balance del costo de almacenamiento y del costo de órdenes.

#### **2.6.3.6 Balance de periodos por partes<sup>20</sup>**

Es una variación del costo total mínimo, convierte el costo por orden en su equivalente de periodos por partes; es decir el periodo de la parte económica (EPP)<sup>21</sup>, se obtiene de dividir el costo de órdenes y el costo de almacenamiento. Una vez obtenido el período de la parte económica usando el balance de periodos por partes los requerimientos son sumados periodo por periodo hasta aproximarse al periodo de la parte económica.

#### **2.6.3.7 Cantidad de pedido por periodo (POQ)<sup>22</sup>**

Este método utiliza el estándar del modelo de cantidad económica de pedido (CEP)<sup>23</sup> en inglés (EOQ)<sup>24</sup>, calculando mediante unas cantidades establecidas el periodo de requerimientos incluyendo cada pedido u orden. Aunque el POQ evita remanentes,

---

<sup>18</sup> LUC (Least Unit Cost). Fogarty

<sup>19</sup> LTC (Least Total Cost). Fogarty

<sup>20</sup> Part Period Balancing. Fogarty

<sup>21</sup> EPP (Economic Part Period). Apics

<sup>22</sup> POQ (Period Order Quantity). Fogarty

<sup>23</sup> Ibidem p.14

<sup>24</sup> EOQ (Economic Order Quantity). Fogarty

usando el CEP para demandas discretas frecuentemente resultan remanentes. En casos con baja demanda por periodo, hay altos costos de preparación y pocos niveles en el BOM, esto resulta un bajo costo total de inventario. Se busca que el tamaño de lote sea igual a los requerimientos actuales en el número de periodos dados, el número de periodos por pedido es variable, cada tamaño de pedido trata de igualar los costos de mantener y de pedir en intervalos.

## **2.7 Programa maestro de producción (MPS)<sup>23</sup>**

### **2.7.1 Introducción/conceptos definiciones**

La programación maestra de la producción es derivada del plan de producción fraccionando a éste en formas más detalladas. MPS contesta la pregunta ¿Qué deberíamos producir y cuándo? Por tanto este proceso está en el MRP ya que dispone de los materiales y la capacidad que pueden ser planeados. El MPS comunica expectativas al negocio, es decir traduce los ingresos y las ganancias de la administración en entendibles y accesibles piezas de manufactura. El MPS no debería ser una administración de la lista de productos terminados o un estimado de seguridad en la producción para completar trabajos; sino más bien debería ser un agresivo y realista plan que pueda ser terminado satisfactoriamente. El MPS es para el MRP como el programa es para la computadora; es un determinante para la inversión de los inventarios, para la producción y para el servicio de productos terminados. El MPS representa un consenso realista entre producción y ventas y que da a la empresa un plan global.

### **2.7.2 Funciones y objetivos del programa maestro de producción (MPS)**

El programa maestro de producción tiene dos funciones principales:

1) Horizontes a corto plazo: sirve como la base de la planeación de los requerimientos de los materiales, los componentes de la producción, la prioridad de las órdenes de producción y la planeación en periodos cortos de la capacidad requerida.

2) Horizonte a largo plazo: sirve en base a estimaciones de la demanda a largo plazo según los recursos de la empresa tales como capacidad de producción, capacidad de planta, área de ingeniería, etc.

Los objetivos del programa maestro de producción son:

- 1) Programar la conclusión de los artículos terminados puntualmente (para cuando fueron prometidos a los clientes)
- 2) Evitar la sobrecarga o el desperdicio de recursos de la planta, de tal modo que la capacidad de producción sea eficientemente utilizada y los costos de producción sean los más bajos posibles.

### **2.7.3 Desarrollo del programa maestro de producción (MPS)**

Un método específico de desarrollo del MPS tiende a variar de empresa a empresa, sin embargo un procedimiento general consiste en ciertos pasos lógicos que sirven como conceptos básicos para su desarrollo obviamente dependiendo de la naturaleza de la compañía.

En empresas de manufactura los requerimientos dados a la planta derivan de muchos recursos, la identificación de estos recursos son los pasos para desarrollar el MPS; a continuación los mencionaremos.

#### **2.7.3.1 Pedidos de los clientes**

Es el pedido del cliente de un producto particular o de una serie de productos, a menudo se refiere como la demanda actual. La demanda actual neta depende de las reglas escogidas sobre el horizonte de tiempo, las demandas actuales remplazarán totalmente los pronósticos de los horizontes del pedido de los clientes sin haber sido terminados.

---

<sup>25</sup> MPS ( Master Production Schedule). Fogarty

### **2.7.3.2 Requerimientos del almacén**

Requerimientos de productos constituye otro recurso de la demanda el cual el MPS algunas veces lo trata como pedidos de clientes, pero en muchos de los casos la diferencia radica en la práctica del manejo y distribución del almacén indicando sus requerimientos anticipadamente. Los logros de hacerlo anticipadamente es en términos de los modelos de los productos que pueden tener o no tener especificaciones o características adicionales y se debe esto a modelos de pronósticos.

### **2.7.3.3 Pronósticos**

Es la función que ayuda al MPS a la predicción del uso de materiales o productos para ser producidos en cantidades apropiadas y con tiempo anticipado. El pronóstico asumirá y determinará las tendencias que continuarán en el futuro.

### **2.7.3.4 Cantidad almacenada de seguridad <sup>26</sup>**

Es la cantidad almacenada planeada para ser inventario y protegerse contra posibles fluctuaciones de la demanda. Es el inventario adicional y la capacidad planeada para protegerse contra errores de pronósticos y en cambios en periodos cortos de pedidos de clientes sin ser terminados a su entrega programada.

### **2.7.4 Función del MPS en la demanda**

El programa maestro de la producción (MPS) es la herramienta para el desarrollo y correspondencia a la demanda independiente de forma que la organiza y balancea según la capacidad disponible. El MRP es la herramienta que calcula la demanda dependiente.

### **2.7.5 Proceso de actualización del MPS**

Semana con semana el MPS es actualizado, es decir, la semana de trabajo terminada se retira del principio del programa, se añade al final una nueva semana, y las demandas para todo el MPS son nuevamente estimadas.

### 2.7.6 El ambiente de los sistemas de producción del MPS

Una estrategia competitiva en cualquier organización se refiere al sistema de producción con el cual está trabajando. A continuación se explicarán los diferentes sistemas de producción.

#### 2.7.6.1 Sistema de producción para órdenes (Make to order)<sup>27</sup>

La producción no es comenzada hasta que el pedido del cliente es efectuado. El producto final es usualmente la combinación de un material estándar y artículos con diseño típico que se acomoda a necesidades del cliente. Los pronósticos se enfocan en los recursos críticos y materias primas comunes más que en demandas de artículos independientes. Hay un MPS para materias primas y artículos estándares que son comprados para producirlos o mantener un inventario, otro MPS para los diseños típicos de fabricación y ensamblajes finales. El programa de ensamblado final (FAS)<sup>28</sup>, da prioridad a órdenes de productos terminados usando la capacidad disponible; así como se muestra en la figura 2.7. El tiempo de la orden completada en un sistema por órdenes (make to order) es típicamente más largo que el sistema de producción de inventarios (make to stock). El uso del sistema (make to order) en una compañía produce una mejor utilización de los recursos de la compañía. Los pedidos de los clientes llegan de tal forma que no hay niveles de almacenamiento en la planta.

#### 2.7.6.2 Sistema de producción para inventarios (Make to stock)<sup>29</sup>

La estrategia competitiva del sistema (make to stock) es la entrega inmediata de productos estandarizados, en este sistema el MPS es la programación anticipada de los artículos requeridos para mantener los productos terminados en los niveles deseados.

Una compañía con este sistema toma muchos artículos de demanda dependiente y los convierte en pocos y significativos artículos de demanda independiente. Cualquier

---

<sup>26</sup> Safety Stock. Apics

<sup>27</sup> Make to order. Fogarty

<sup>28</sup> FAS (Final Assembly Schedule). Fogarty

<sup>29</sup> Make to stock. Fogarty

cambio en el inventario de artículos de demanda independiente debe ser incluida en el MPS, si aumenta el inventario la programación de la producción tiene que ser aumentada al igual que si disminuye. La programación maestra de la producción (MPS) es igual que la programación de ensamblado final, como se muestra en la figura 2.7.

**2.7.6.3 Sistema de producción de orden de ensamblado (Assemble to order)<sup>30</sup>**

La estrategia competitiva de este sistema es ser capaz de suministrar una variedad de configuraciones de productos terminados a partir de componentes y subensambles estándares en tiempos de proceso relativamente cortos; además de ser una combinación de los sistemas “make to order” y “make to stock”. La ventaja de este sistema es que puede haber varios productos finales que pueden ser producidos relativamente con pocos subensambles y componentes, además de que reduce el inventario. La programación del ensamblado final (FAS) es desarrollado como la llegada de las actuales órdenes de los clientes y el producto final es completamente definido; y el MPS debe ser considerado como cualquier cambio en los niveles de semiterminados; figura 2.7.

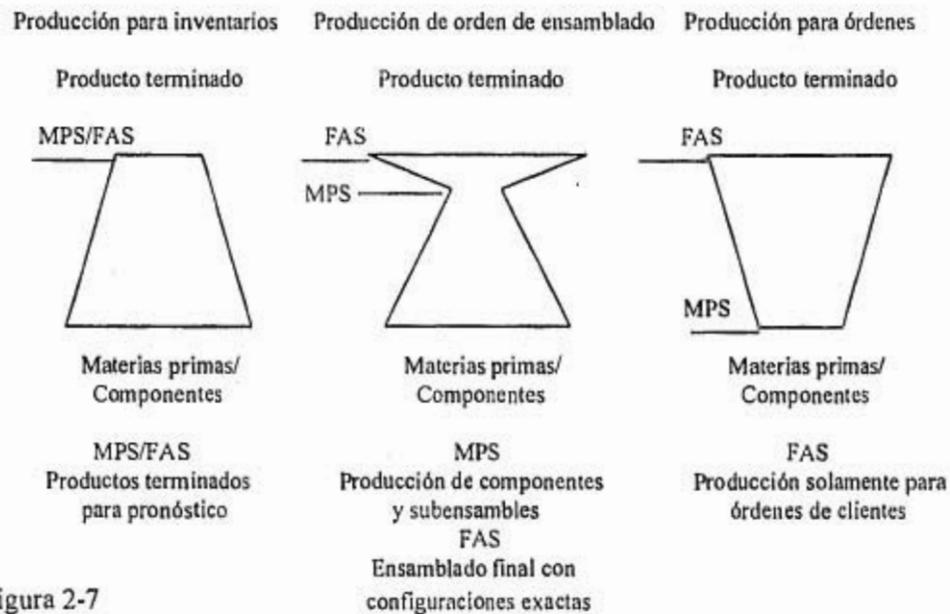


Figura 2-7

<sup>30</sup> Assemble to order. Fogarty

### 2.7.7 El tiempo de proceso en el MPS

Para auxiliar la planeación hay que procurar ciertas funciones y una de éstas es la que hace el MPS en cubrir el tiempo que se acumula en los tiempos de proceso. Y esto depende del tipo de forma en que opere la empresa y su área de producción ya que se puede hacer bajo pedido (make to order), hacer para almacenar (make to stock) y el programa maestro de producción debe checar el total de tiempo acumulado del tiempo de proceso para que sea el más efectivo.

#### 2.7.7.1 Tiempo de proceso<sup>31</sup>

Es una técnica usada en el MRP que consiste en el intervalo de tiempo necesario para ejecutar un proceso o serie de operaciones. Componentes individuales de tiempo de proceso pueden incluir tiempo de preparación, tiempo de procesamiento, tiempo de traslado o transportación y tiempo de inspección y entrega. El tiempo proceso en manufactura se puede explicar como el tiempo total requerido en manufacturar un artículo, incluyendo tiempos de compras. Para un proceso de hacer bajo pedido (make to order); es el tiempo entre realizar una orden de proceso de producción y entregar el producto al cliente final. Para un proceso de hacer para almacenar (make to stock); es el tiempo entre realizar una orden de proceso de producción y recibirla en inventarios de productos terminado. Los tiempos de proceso después de todo son usados meramente para determinar órdenes relacionadas a fechas de pedidos, las cuales son considerablemente menos importantes que lo complejo de fechas relacionadas a los actuales tiempos de proceso en la producción.

#### 2.7.7.2 Tiempo de proceso de holgura<sup>32</sup>

Este tiempo es añadido al tiempo de proceso normal para proteger contra fluctuaciones que impidan los pedidos ser completados antes de su entrega real.

---

<sup>31</sup> Lead Time. Apics

<sup>32</sup> Safety Lead Time. Apics

### 2.7.7.3 Factores en el total acumulado de los tiempos de proceso

- **Tiempo de desarrollo:** Es el tiempo requerido en desarrollar y definir un producto, puede variar significativamente del tipo de producto por ejemplo en modificaciones de productos viejos, el tiempo es menor que en el desarrollo de una nueva tecnología para un producto. Si la compañía es la responsable de desarrollar sus propios productos el tiempo de desarrollo debe ser incluido en el horizonte de planeación del MPS.
  
- **Tiempo de compras:** El tiempo de proceso en compras es el monto de tiempo requerido en donde se efectúa el pedido de compra, este tiempo incluye el tiempo efectuado en saber que materiales son necesarios y el papeleo en el pedido. Este tiempo se asocia con el tiempo de preparación y puede ser un factor crítico del tiempo del proceso. Este factor debe proporcionar los materiales correctos, en el tiempo correcto, al precio correcto.
  
- **Frecuencia de planeación:** Hay compañías que acostumbran correr el MRP una vez por semana, esto puede producir tiempos añadidos al tiempo de proceso ya que si algún material tiene una fluctuación después de haber sido corrido el MRP puede seguir teniendo el nuevo tiempo de proceso hasta que se vuelva a correr el sistema. El tiempo de planeación puede reducir tiempos de proceso, y reduciendo tiempos de proceso tiene un impacto directo a los niveles de inventario.
  
- **Suministros:** Esta porción del tiempo de proceso es usualmente la parte de tiempo que se suministra el material; dependiendo del lugar o distancia de donde se suministra puede ser un factor mayor que el mismo tiempo de fabricación del que suministra.
  
- **Tiempo de transportación:** Es el tiempo en obtener el material o producto desde el lugar de origen hasta su destino final, esto puede tener variaciones extremas según la distancia ya que no es lo mismo tener suministros locales que alrededor del país o del

mundo, ya que el inventario debe cubrir fluctuaciones y si llega a tardar el cargamento el resultado natural es reaccionar incrementando inventario.

- **Tiempo de inspección:** Es un tiempo que depende del proceso de recibir los materiales o productos, pero si cada cargamento debe ser validado y contado según ciertas especificaciones esta área consumirá un muy significativo monto de tiempo y recursos; además de que puede llegar a ser un cuello de botella en el proceso de producción.

- **Tiempo de fabricación:** Es el monto de tiempo requerido para convertir la materia prima, materiales o componentes en productos terminados para uso del cliente. Este tiempo de proceso incluye el tiempo requerido en saber qué es lo que va a ser construido, todos los materiales requeridos, la producción del producto y la documentación del proceso de producción.

Lo importante acerca de todos los factores de los tiempos de proceso es que cada uno puede hacer la diferencia total de la competitividad de la empresa. Los clientes esperan respuestas rápidas y en cortos horizontes de planeación. Entre más largos sean los tiempos de los procesos asociados a los recursos de la empresa el problema se verá en el mercado; las expectativas de los clientes se basan en mejoramientos de los tiempos de procesos. El tiempo de proceso y los niveles de inventario son similares, cada uno se incrementará en respuesta a eventos no planeados.

### 2.8 Pronósticos en el MPS

El MPS es un programa que determina el monto y el tiempo de producción de todos los artículos finales (productos terminados o partes completas) a ser producidos en un horizonte específico de planeación y una herramienta muy poderosa es mediante la utilización de métodos de pronósticos. Los pronósticos pueden clasificarse en dos formas: en cualitativos y en cuantitativos a continuación se mostrarán los principales métodos.

### **2.8.1 Métodos cualitativos**

Comprenden una estimación subjetiva y se utilizan principalmente cuando los datos son escasos o no se encuentran disponibles por ejemplo en el caso de introducción de productos nuevos. Se utilizan juicios humanos y esquemas de clasificación para convertir información cualitativa en estimados cuantitativos.

### **2.8.2 Clasificación de los métodos cualitativos**

1) Discusión de grupos: este es el enfoque de panel que se diseña para efectuar una interacción deseada entre un grupo de varios expertos. Se basa en la suposición de que varios expertos pueden alcanzar un mejor pronóstico que una persona. Una desventaja que tiene es que las opiniones más enérgicas dominen la opinión del grupo.

2) Técnica Delphi: es un método sistemático, con preguntas secuenciales para obtener un consenso de una opinión de expertos. En todos estos procedimientos las respuestas de los expertos pueden basarse en datos objetivos o subjetivos.

### **2.8.3 Métodos cuantitativos**

El procedimiento es estrictamente matemático, y la técnica se basa en datos históricos y en la suposición de que el proceso es estable y utiliza este conocimiento para extrapolar el proceso en el futuro.

Este método puede clasificarse en modelos de serie de tiempo y modelos causales.

#### **2.8.3.1 Modelos de serie de tiempo**

Se basan totalmente en datos históricos y se concentran completamente en datos con varios años y cuando las tendencias son estables. Este modelo se basa en la suposición de que existen patrones que continuarán en el futuro, estos modelos son más exactos en períodos cortos que sobre largos y por esta razón no son muy recomendables para proyecciones futuras. Algunos modelos de análisis de serie de tiempo en orden creciente de complejidad son:

- a) Proyecciones de tendencias
- b) Promedio móvil
- c) Suavización exponencial

### **2.8.3.2 Modelos causales**

Este modelo es la más sofisticada herramienta de pronósticos, es en esencia una descripción matemática del proceso en cuestión. Por consiguiente el propósito de este modelo no es meramente predecir, sino también explicar el proceso.

Los modelos causales son los mejores para predecir los puntos de cambio y para preparar pronósticos a largo plazo; ejemplos de estos modelos son modelos de regresión y econométricos.

## **2.9 Componentes del ciclo cerrado MRP**

### **2.9.1 Planeación de la producción<sup>33</sup>**

La planeación de la producción es una excelente herramienta en el manejo de la manufactura, las metas y objetivos en una compañía manufacturera son comunicados vía la planeación de la producción. Este proceso balancea las metas estratégicas de la empresa con la capacidad disponible. La planeación de la producción usa los pronósticos del producto y la planeación de ventas para planear las tasas de producción, también planea los aumentos y disminuciones de niveles de inventarios. Las ventas y las capacidades de producción son comparadas. La planeación de la producción desarrolla estrategias de la empresa que éstas incluyen planes de la producción, presupuestos, estados financieros y soporte de planeación de materiales y requerimientos de la fuerza de trabajo. Uno de sus principales propósitos es establecer tasas de producción que activarán el objetivo de satisfacer la demanda del cliente mediante subir, bajar o mantener niveles de inventarios o entregas pendientes. Desde que la planeación de la producción es

usualmente establecida en términos de dinero para cada producto de familia, es el proceso de establecer comunicación con todas las áreas. Además en la planeación de la producción los datos que recibe deben ser lo más especificados.

Pasos a seguir para desarrollar una planeación de la producción

- 1) Identificación de familia de productos
- 2) Selección de una unidad medible para la planeación.
- 3) Lista de clientes principales
- 4) Información de ventas históricas
- 5) Proyección de las ventas en el futuro
- 6) Definir recursos críticos y calcular requerimientos.
- 7) Hacer validación.
- 8) Reuniones con equipo de la planeación de la producción.

## **2.9.2 Programación maestra (MS)<sup>14</sup>**

### **2.9.2.1 Definición**

El programa maestro es el responsable de la creación y mantenimiento del MPS, además de ser el vínculo entre mercadotecnia, distribución, diseño, manufactura y planeación.

---

<sup>13</sup> Production Planning. Ptak

<sup>14</sup> MS (Master Scheduling). Ptak

### **2.9.2.2 Funciones del programa maestro**

- 1) Da promesas de fechas de entrega para órdenes de entrada, determina actuales requerimientos
  
- 2) Evalúa el impacto de cambios en los pronósticos y lo monitorea regularmente para asegurarse que no haya variaciones
  
- 3) Evalúa el impacto de reportes de retrasos del almacén, compras, producción; indicando que el componente no será disponible como la programación o el plan de producción lo había establecido.
  
- 4) Revisión periódica MS cuando hay faltante de material o de capacidad.
  
- 5) Llama la atención a otras áreas de la empresa como mercadotecnia y manufactura en problemas de demanda o capacidad quienes también deben participar en resolver los problemas.

### **2.9.2.3 Diseño del programa maestro (MS)**

- 1) Seleccionar los materiales, seleccionarlos en el nivel y estructura del BOM para ser representados en el programa de materiales.
  
- 2) Organizar el MS en grupos de productos.
  
- 3) Determinar el horizonte de planeación
  
- 4) Desarrollar la promesa disponible (ATP)<sup>35</sup> que significa si una orden llega, pueda ser prometida y entregada en un período específico.

#### 2.9.2.4 Creando el programa maestro (MS)

1) Obtener la información necesaria de datos de entrada como pronósticos, inventario disponible, productos entregados al cliente.

2) Preparando corrida del MPS

3) Desarrollar y calcular el (RCCP)<sup>36</sup> que es la capacidad de planeación y calcula los centros de trabajo crítico para los requerimientos de capacidad de todos los materiales en el MPS. Nos alerta de capacidad insuficiente y las acciones que necesitan realizarse.

#### 2.9.2.5 Control del programa maestro (MS)

1) Comparar la producción actual y la producción planeada y determinar si el plan del MPS en cantidades y entregas está siendo cumplido.

2) Calcular el (ATP) la promesa disponible y determinar si las órdenes de los pedidos pueden ser prometidos en un periodo específico.

3) Calcular la proyección de inventario disponible y determinar si la planeación de la producción es suficiente para completar los futuros pedidos.

4) Usar los resultados de los procedimientos anteriores y determinar si el MPS debe ser revisado.

#### 2.10 Planeación de la capacidad (CP)<sup>37</sup>

Es el proceso para determinar el monto de la capacidad requerida para producir en el futuro, y este proceso se ajusta a los límites o niveles de la capacidad. Este proceso es mejorado si interviene en varios niveles como planeación de los recursos, en la

---

<sup>35</sup> ATP ( ). Fogarty

<sup>36</sup> RCCP ( ). Fogarty

programación maestra, en la planeación de la producción. Los diferentes niveles de la planeación de la capacidad no conducen directamente a cada uno como lo hacen los planes prioritarios de planeación. En la planeación prioritaria; la planeación de la producción conduce a la programación maestra, la programación maestra toca el manejo del plan de materiales y el plan de materiales es el total de detalles en el MPS. En la planeación de la capacidad, la planeación de los recursos son calculados en cada nivel del plan prioritario, no del más alto nivel del plan de los recursos. La planeación de la capacidad valida cada nivel de la planeación prioritaria, validando y verificando la capacidad de los recursos cierra el ciclo de la planeación. Para tener mayor detalle en el proceso de la planeación de la capacidad, éste es hecho después de la planeación de los requerimientos de material para asegurar que los recursos no sean saturados o sobrecargados y proporcionar en periodos cortos necesidades futuras de recursos críticos, este proceso es llamado planeación de los requerimientos de capacidad (CRP) que a continuación se explicará.

### **2.10.1 Planeación de los requerimientos de capacidad (CRP)<sup>38</sup>**

Este proceso determina a detalle el monto de mano de obra, recursos de la máquina para completar la producción. La planeación de las órdenes que salen del MRP es información de entrada para el CRP que a través de planes de rutas "routing plans" y tiempos estándares traducen estas órdenes en horas de trabajo por cada centro de trabajo en un período de tiempo; haciendo la comparación de la capacidad requerida con las órdenes efectuadas por el MRPI y el CRP verifica si es suficiente la capacidad para el proceso de las órdenes en el horizonte de planeación. Se establece que cuando el CRP es completado satisfactoriamente es porque conoce las restricciones para incrementos de la producción. Cuando los cuellos de botella son identificados y bien manejados para aumentar la producción, todo lo que genera la planta se incrementará. CRP valida toda la planeación

---

<sup>37</sup> CP (Capacity Planning). Ptak

<sup>38</sup> CRP (Capacity Requirement Planning). Fogarty

de prioridades y puede asegurar el uso de un sistema de planeación a largo plazo, con el cual se detectarán problemas futuros.

### **2.10.2 Proceso del CRP**

El CRP toma la parte de órdenes planeadas liberadas<sup>39</sup> del calendario del MRP, y asigna estas órdenes a los centros de trabajo, en base a la consulta de los planes de ruta<sup>40</sup>, que son los que especifican la secuencia de los procesos de producción requeridos en cada orden. Luego los lotes de materiales son convertidos a datos de capacidad de carga utilizando los estándares de las máquinas y entonces se prepara la programación de la carga semanal para cada centro de trabajo. Si hay capacidad de producción disponible en todos los centros de trabajo para todas las semanas, entonces el MPS se toma en firme. Si no, se debe determinar si la capacidad en planta puede ser económicamente cambiada. Si la utilización de tiempo extra, subcontratación, máquinas desactivadas y otros medios pueden ser utilizados para aumentar dicha capacidad, se toma el MPS. Si la capacidad no puede ser cambiada económicamente, entonces se debe cambiar la ruta, o la asignación de órdenes a los centros de trabajo, o se deben reprogramar las órdenes del MPS para un mejor nivel de capacidad, y se repite todo el proceso. A continuación se muestra el proceso mediante un diagrama; ver Figura 2-8.

---

<sup>39</sup> Planned Order Releases. Fogarty

<sup>40</sup> Routing Plans. Apics

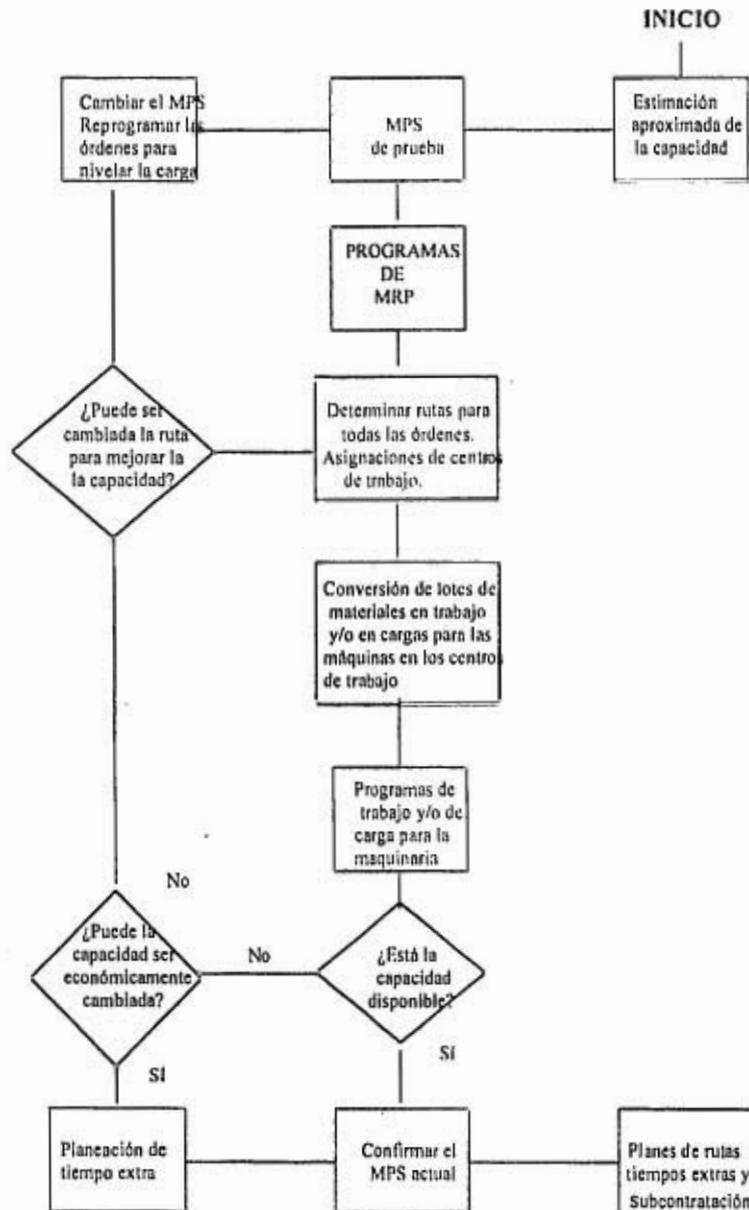


Figura 2-8

### 2.11 Compras

Compras es importante por dos importantes razones: la primera, compras juega un rol preponderante en activar la planeación de las operaciones y el sistema de control concerniente a las entregas de materiales y productos. La segunda razón las compras de materiales constituye del 30 al 60 por ciento del costo de los productos vendidos en una

empresa manufactureras. La integración de las compras en la planeación y control de las actividades empieza a largo plazo y continúa a través de la ejecución de la producción y control de las fases. En la planeación de los recursos a largo plazo, la labor de compras es establecer relaciones con proveedores que tengan suficiente capacidad de producir materiales o productos de buena calidad y a precios razonables y sean capaces de entregarlos en las fechas prometidas para no alterar la programación de la producción. Como el MPS así como el MRP son desarrollados a través de los materiales comprados, la labor de compras es comunicar esta información a los proveedores a tiempo, de manera que puedan verificar su capacidad de los requerimientos. Comunicación con los proveedores es esencial para integrarlos a la cadena de producción, además de que hay compañías hoy en día que integran compras y proveedores mediante sistemas de información.

### **2.11.1 Objetivos del departamento de compras**

Los objetivos de la compra de materiales y componentes son:

- 1) Mantener continuamente el suministro en relación con la programación de producción.
- 2) Suministrar materiales y componentes que mantengan o excedan el nivel específico de calidad.
- 3) Obtener el costo más bajo posible de los materiales requeridos, manteniendo el suministro a tiempo y la calidad.

### **2.11.2 Funciones del departamento de compras**

Compras usualmente tiene varias funciones en el suministro de los productos y servicios que requiere la empresa, y se puede clasificar estas funciones en las siguiente forma.

### **2.11.2.1 Equipo y servicios que requiere la empresa**

En esta clasificación se tienen los servicios y equipos que son especializados y se ajustan a las necesidades de la empresa ya que ésta no tiene la capacidad de hacerlos eficientemente o que todos sus recursos están haciendo otras funciones. Es el caso de equipos especiales, estudios de mercado, campañas de publicidad, etc.

### **2.11.2.2 Servicios estándares**

Son los productos de uso común de la empresa y que están disponibles comercialmente en cualquier parte como por ejemplo papelería, softwares, herramienta de trabajo, etc.

### **2.11.2.3 Materiales, componentes y suministros para la manufactura.**

El volumen de las compras de los materiales, componentes y suministros que llegarán a ser parte del producto final. El adecuado control de estos artículos afectarán directamente la eficiencia de la producción, los costos de inventarios y el retorno de la inversión.

La determinación de la cantidad pedida y del tiempo programado debe ser coordinado con la planeación de la manufactura.

### **2.11.3 Procedimientos para mantener los objetivos de las compras.**

- Evaluación y aprobación de los proveedores.
  
- Exigir un precio estable o corriente.
  
- Negociar costos y tiempos de entregas.
  
- Preparar los pedidos de compras.
  
- Recibir los pedidos.
  
- Revisar los pedidos.

- Seguir la planeación.
- Procesar las facturas correctamente
- Monitorear pedidos, sistemas de contratación, y especiales arreglos contractuales.
- Analizar variaciones de los artículos en relación a precios, suministros y calidad.

### **2.12 Piso de control de la planta<sup>41</sup>**

Es un sistema donde se usa la información del nivel de planta para mantener y comunicar el estado de la información de las órdenes de manufactura y de los centros de trabajo. Sus principales funciones son:

- Asignación de prioridades de las órdenes de manufactura.
- Mantener el trabajo en proceso.
- Proveer actual información para los propósitos del control de la capacidad.
- Proveer medidas de eficiencia y de productividad en la fuerza de trabajo y en máquinas.

### **2.13 Componentes del MRP II**

#### **2.13.1 Plan del negocio<sup>42</sup>**

El concepto básico del Plan del Negocio es muy sencillo es la suma de los planes de producción expresados en dinero, ya que si los planes de producción representan lo que

---

<sup>41</sup> Shop Floor Control. Apics

<sup>42</sup> Business Plan. Wight

realmente va a suceder por qué no expresarlo en términos de dinero y de esa forma mantener el plan del negocio al día todo el tiempo.

El esfuerzo de unir las finanzas y las operaciones fue el proceso para pasar del ciclo cerrado del MRP (Closed Loop MRP) al MRP II. Cuando operaciones y finanzas están diciendo lo mismo, ambos están hablando el mismo lenguaje del negocio que es en términos de dinero y de esa forma se evitarían conflictos en informaciones erróneas. Como se ha dicho el Plan del Negocio se basa en la información en términos de dinero para que de esa forma tenga una visión de cómo está el negocio. A continuación se mostrarán algunas áreas en donde es necesario saber su funcionamiento en términos de dinero.

- El inventario disponible por grupo de producto (en pesos).
- ¿Cuánto material será consumido para soportar los niveles de ventas y del material requerido (en pesos)?
- ¿Qué se necesitará comprar para mantener las ventas (demanda) y material requerido para producir (en pesos)?
- Los recursos que utiliza la planeación de la capacidad convertirlos en términos de pesos.

Efectuando comparaciones de los actuales compras contra el plan de compras, el actual inventario contra la proyección del control del inventario, y otras comparaciones que se requieran hacer le proporciona a la empresa y a los directores si los planes están siendo ejecutados; y por lo tanto si está siendo realista el plan del negocio en todo su detalle.

### **2.13.2 Planeación de las ventas**

La planeación de las ventas es una expresión de la tasa de producción en términos de unidades, algunas veces expresada en dinero u otras mediciones. El propósito del plan es dar un control y soporte a las áreas de planeación. La planeación de las ventas usualmente es hecha sobre una visión de uno a dos años dependiendo de la política de la empresa. También este plan es un regulador del monto de material que será hecho o comprado ya que el programa maestro, la planeación de la capacidad y la planeación de los requerimientos de material derivan de éste.

Este plan también se basa en la organización de los productos mediante familia de productos o modelos para tener un mejor control de ellos para su venta.

#### **2.13.2.1 Políticas de la planeación de ventas**

- Establecer tasas de ventas para tener un mejor control de inventarios y órdenes de ventas en espera.
- Qué tanto se extenderá el horizonte de planeación
- Frecuencia de revisión de los periodos de ventas para determinar si se están cumpliendo objetivos.
- Responsabilidad de efectuar pronósticos lo mas exactos posibles.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## Capítulo 3: El enfoque del MRP y MRP II para los negocios manufactureros

### 3.1 El MRP

MRP es un sistema lógico de planeación que, basándose en un programa maestro de producción (MPS), identifica las partes y materiales específicos requeridos para fabricar productos terminados, y calcula las cantidades requeridas netas a partir de cantidades requeridas totales para artículos con demanda dependiente. Los requerimientos son obtenidos de la explosión de listas de materiales, desde los artículos con demanda independiente al más alto nivel, y son ordenados contra los balances a mano (en existencia) de inventarios y órdenes. Los requerimientos se determinan para partes y materiales que deben comprarse o fabricarse. El sistema crea también programas calendarizados indicando las fechas en que las órdenes para estos artículos deben ser liberadas y recibidas, o bien, completadas dentro del ciclo de producción.

#### 3.1.1 Propósitos, objetivos, filosofía y ventajas del MRP.

Los propósitos principales de un sistema MRP básico son controlar los niveles de inventario, asignar prioridades operativas para ciertos artículos, y planear la capacidad de carga de trabajo del sistema productivo. Esto puede ser expresado como sigue:

- **Inventario:** Ordenar el material correcto, en cantidad correcta, en el tiempo correcto.
- **Prioridades:** Ordenar con la fecha de entrega correcta y mantenerla válida.
- **Capacidad:** Planear una carga de trabajo completa, que sea exacta, y planear el tiempo de una forma adecuada para las cargas de trabajo futuras.

El tema del MRP es, en pocas palabras: obtener los materiales correctos en el lugar correcto en el tiempo correcto. Los objetivos de administración de inventarios bajo un sistema MRP son los mismos que los de cualquier sistema de administración de inventarios: mejorar el servicio al consumidor, minimizar la inversión en inventarios, y maximizar la eficiencia operativa de producción.

La filosofía de MRP es que los materiales deben ser agilizados cuando su escasez retarde el programa completo de producción, y retardados cuando dicho programa vaya atrasado, posponiendo así su necesidad. Tradicionalmente, y muy comúnmente, cuando una orden se encuentra atrasada conforme a un programa, se invierte un esfuerzo significativo al tratar de ponerla nuevamente a tiempo. Sin embargo el opuesto no siempre es verdad; cuando una orden, por cualquier razón se completa tardíamente, no se realizan los ajustes apropiados al programa. Esto resulta en un esfuerzo unilateral: las órdenes atrasadas son agilizadas, pero las órdenes adelantadas no se reprograman para realizarlas más tarde. A menos que se utilice una capacidad muy flexible, es preferible no tener inventarios de materiales y trabajo en proceso antes de la necesidad real, dado que los inventarios llevan implícitos costos financieros, necesidades de espacio, prohíben cambios en diseño y evitan la cancelación o retraso de órdenes. En años pasados, cuando las compañías cambiaron de sus procedimientos manuales -o computarizados inclusive- a un sistema MRP, vieron los siguientes beneficios:

- Inventario reducido
- Precios de venta reducidos
- Mejor servicio al consumidor
- Mejor respuesta a demandas de mercado
- Habilidad para modificar el programa maestro
- Tiempos ociosos reducidos
- Habilidad para fijar precios con una mayor precisión de datos

Además de ello un sistema MRP:

- Da a los gerentes información en avance, de tal manera que puedan ver los programas antes de la liberación de las órdenes, y así tener un mejor control sobre ellas.
- Dice cuándo agilizar los procesos, lo mismo que retrasarlos.
- Permite retrasar o cancelar las órdenes o bien, cambiar sus cantidades.
- Permite planear la capacidad para ampliarla o disminuirla según sean las necesidades productivas planteadas por el programa maestro.

### 3.1.2 ¿Dónde puede utilizarse el MRP?

El MRP puede ser usado en varias industrias con un ambiente tipo "taller de trabajo" (*job-shop*), es decir, un ambiente en el cual equipos similares se encuentran agrupados en departamentos funcionales, y los trabajos pasan en forma de lotes a través de esos departamentos. Sin embargo, cada lote puede seguir una ruta distinta. Por ejemplo, puede existir una fábrica en la cual existan los departamentos de maquinado, ensamble, pintura y empaque. Un trabajo puede llevar la ruta Torno-Fresa-Pintura-Empaque, mientras que otro trabajo puede llevar la ruta Rectificación-Empaque, y otro puede ser Torno-Fresa-Ensamblado-Empaque.

MRP es más valioso para compañías envueltas en operaciones de ensamblado, y menos valioso para aquellas que tienen procesos de fabricación. Un punto más que debemos hacer notar es que el MRP no trabaja bien en compañías que producen un bajo número de unidades anualmente. Especialmente para compañías productoras de complejos y caros productos que requieren avanzada tecnología y diseño, la experiencia ha mostrado que los tiempos de fabricación (*lead-times*) tienden a ser muy largos e inciertos, y la configuración del producto es muy compleja para ser manejada por el MRP.

### 3.1.3 Análisis del MRP

Antes de la llegada de MRP a fines de los años sesentas, muchas compañías habían utilizado sistemas de administración de inventarios durante muchos años, pero ellos eran independientes de los sistemas de programación y calendarización. El gran avance que logró el MRP fue ligar ambos sistemas en uno solo. La distribución en el tiempo de entregas de proveedores internos y externos fue un gran paso hacia adelante en el campo del control de los inventarios. La llegada de las computadoras hicieron que los cambios drásticos a los programas de producción fueran más fáciles de manejar, ya que esos cambios se hicieron más fáciles de incorporar en los planes de materiales y capacidad. MRP es en realidad una herramienta simple de planeación de materiales y de prioridades.

Con MRP los faltantes de material pueden ser prevenidos adelantadamente un año o más, en finos incrementos de tiempo, semanalmente, o hasta diariamente. Aun cuando los faltantes fueran

predeterminados un año antes, el elemento de cambio seguiría existiendo. Los programas estarían mal. Pero esa es justamente una fuerte característica del MRP: Es capaz de pronosticar, repronosticar y volver a pronosticar cuantas veces sea necesario.

Las limitaciones de MRP no están en la forma como calcula los requerimientos netos, sino en la exactitud de los datos de entrada al sistema. En pocas palabras, responde invariablemente a la famosa frase "Si entra basura, sale basura".

Una gran necesidad en el control de la producción y los inventarios fue resuelta por MRP. La herramienta computarizada permitió que grandes listas de materiales y cambios a los programas de producción y abastecimiento fueran manejados con simplicidad y rapidez. MRP no es un herramienta de ejecución, sino una excelente herramienta de planeación. Pero recordemos que se ejecuta de una mejor forma cuando existe un buen plan previo. MRP recomienda acciones lógicas a un planificador humano, quien puede ejecutarlas o simplemente ignorarlas. Entonces, la utilidad real de cualquier sistema MRP no está realmente en la fórmula matemática, sino en la habilidad del planificador y en cómo se aplica el sistema al negocio.

Además, MRP trata de llevar los inventarios a cero al proveer materiales a manufactura de forma precisa cuando son requeridos. En pocas palabras, MRP da la lógica de planeación necesaria para hacer o comprar únicamente lo que es necesario, cuando es necesario. Esto es lo que mucha gente pensó que era nuevo con la aparición de la manufactura Justo A Tiempo (*Just In Time - JIT*) en los 70's. Sin embargo, el concepto de adquirir únicamente lo que sea necesario ha existido desde los 60's en la idea original del MRP. La implantación de MRP utilizando tamaños de lote mayores que las necesidades reales, los inventarios de seguridad y los colchones de tiempo, ha sido la causa raíz del exceso de inventario en las operaciones de muchas compañías. El inventario es entonces el efecto de una planeación ineficaz, no la causa. Este inventario adicional fue planeado para cubrir problemas en el proceso y permitir que éste continuara trabajando. Cuando se emplea un MRP de acuerdo a sus raíces básicas, es en realidad un JIT.

### 3.1.4 Desventajas del sistema MRP

MRP se encuentra técnicamente muy bien desarrollado, y la implantación de un sistema de este tipo puede ser muy rápida. Sin embargo aún con ello existen muchos problemas con los sistemas MRP y fracasos al tratar de instalarlos. ¿Por qué esos problemas y fracasos ocurren con un sistema que ha probado su eficacia en muchas organizaciones y durante tanto tiempo?

La respuesta tiene que ver principalmente con factores organizacionales y de comportamiento humano. Se han identificado tres causas mayores:

1. La falta de compromiso por parte de alta dirección.
2. A la falta de reconocimiento de que MRP es únicamente una herramienta de software que necesita utilizarse correctamente y que los resultados que arroje se deben a la información de entrada, y
3. A la falta de capacitación de todas las personas que utilizan el sistema.

Parte de la crítica que se hace a la falta de compromiso por parte de la alta dirección puede ser la misma imagen que tiene el MRP. MRP suena más a un sistema de manufactura que a un plan de negocio, como lo es en realidad. Sin embargo, un sistema MRP también se usa para planificar recursos y desarrollar programas.

Un programa funcional bien hecho se puede usar para administrar los activos de la compañía de una manera más eficiente, y con ello aumentar las utilidades. El MRP entonces debe verse y ser aceptado por la alta dirección como una herramienta de planeación con referencia específica y directa a los resultados y utilidades. Partiendo de este punto se hace entonces necesaria la educación y capacitación intensiva a los ejecutivos, enfatizando la importancia del MRP como una herramienta de planeación integral.

La segunda causa del problema radica en que MRP ha sido presentado y percibido como un sistema independiente para operar una compañía, más que como parte del sistema completo. Debemos recordar que a final de cuentas un sistema MRP es un simulador de las operaciones de

la compañía. Por ello podemos decir que si es un sistema independiente como tal, pero la unión entre el sistema y la realidad de la compañía es través de las personas. Si esas personas no utilizan el sistema adecuadamente y con miras al mejoramiento integral del negocio entonces, efectivamente, MRP será un sistema que juegue separadamente del juego real de la compañía. Obviamente un sistema así no sirve para nada. Por ello, de nueva cuenta, se hace necesaria la educación y entrenamiento de las personas para que, además de saber operar el sistema, lo hagan con miras a tener mejores operaciones cada día.

MRP también necesita un alto grado de exactitud para su operación, lo cual comúnmente requiere un cambio en las operaciones de la compañía (reingeniería de procesos), y la continua actualización de datos. Ello representa muchas veces un inconveniente porque no existe organización que presente resistencia a los cambios y a la disciplina necesarios para operar un sistema de información avanzado, como MRP.

Por último, una de las mayores quejas por parte de los usuarios del MRP es sobre su rigidez. Cuando MRP desarrolla un programa calendarizado resulta difícil su cambio. Pero aquí nos preguntamos lo siguiente: ¿Acaso el cambio de programa en cualquier otro sistema de inventarios no es difícil? Una respuesta probable puede ser: Sí, en cualquier sistema es difícil ese cambio, salvo en el JIT, porque allí se usa estrictamente lo que se necesita y no más. Esta aseveración es válida, por la cual un sistema JIT es muy conveniente utilizarlo cuando sea posible. Sin embargo este sistema no es manejable en industrias de artículos de consumo masivo, por lo cual, en este y en cualquier otro caso donde el JIT no sea factible, es conveniente entonces llevar una mejor planeación para que los cambios al programa maestro sean los menos posibles.

### **3.1.5 Mejoras en el sistema MRP básico**

Cuando MRP fue introducido originalmente, sólo consideraba a los materiales. La revisión del programa debida a consideraciones de capacidad se hacía externamente al sistema del MRP. El programa se revisaba contra las restricciones de capacidad y el MRP se corría nuevamente. La respuesta a los requerimientos de capacidad y a otros elementos (contabilidad, creación de órdenes de compra, facturación, etc.) no eran parte del sistema.

Es claro que MRP se encontraba limitado y que incluir otras porciones del sistema productivo era una necesidad natural. MRP debía entonces ampliarse a un sistema que resolviera lo que Oliver Wight llamó “la ecuación fundamental de manufactura”<sup>1</sup>, que existe en toda compañía manufacturera, así haga pan o aviones:

- ¿Qué vamos a hacer?
- ¿Qué se necesita para hacerlo?
- ¿Qué tenemos?
- ¿Qué necesitamos conseguir?

Es evidente que la respuesta a las tres últimas preguntas tiene que ver, por un lado, con materiales, pero por otro con recursos humanos y de infraestructura.

Es así que refinamientos posteriores al MRP incluyeron la capacidad de los centros de trabajo como parte del programa, y también se introdujo la retroalimentación de información. Esto se conoció como “Ciclo Cerrado MRP”, y dio origen a los sistemas MRP II.

### 3.2 El MRP II

MRP II requiere a MRP, pero también considera a la capacidad de la planta en términos de personas, maquinaria, flujo de efectivo, áreas de almacenaje u otros recursos, para asegurar la factibilidad del plan de producción. Esto último es conocido como Planeación de los Requerimientos de Capacidad, o CRP.

Además, por ser la contabilidad mucho más sencilla y confiable cuando se maneja dentro del mismo sistema que mantiene bajo control a la operación de manufactura, MRP II une a los sistemas financiero y operativo, y logra con ello que las acciones en el piso de producción creen automáticamente transacciones contables que se transfieren a los libros de contabilidad general.

---

<sup>1</sup> WIGHT, Oliver. *Manufacturing Resource Planning: MRP II*. Capítulo 2.

### 3.2.1 Propósitos del MRP II

El primer propósito de MRP II es planear y monitorear todos los recursos de una compañía manufacturera (manufactura, compras, mercadotecnia, ingeniería, y finanzas) a través de un sistema que cierre el ciclo, generando figuras financieras. El segundo propósito importante del MRP II es simular el sistema completo de manufactura para obtener planes lo más cercanos posible a la realidad.

MRP II es, al final, de cuentas un sistema que permite a la gerencia tener los números para echar a andar el negocio. Un solo conjunto de números, válidos, y a todo mundo involucrado y utilizando dicho conjunto de números.

Durante más de una década los esfuerzos continuaron sobre los sistemas MRP II añadiéndole más funcionalidades y haciendo pequeñas mejoras, pero el sistema básico y la operación lógica para el cálculo de requerimientos de materiales y capacidad ha permanecido intacto.

### 3. 2. 2 Análisis del MRP II

Al utilizar un proceso iterativo de planeación basado en prueba y error, MRP II resolvió muchas de las deficiencias de un sistema MRP simple al integrar su información con la de diversas áreas funcionales. Los lazos de retroalimentación entre dichas áreas funcionales son los verdaderos avances que resultan de una implantación exitosa. Ahora es posible planificar el trabajo y tener a toda la gente trabajando sobre el mismo plan. La interacción constructiva reemplaza la desconfianza interfuncional y a las segundas suposiciones que ocurrían anteriormente. Esto es consistente con el enfoque de la calidad total de incluir en la planeación de actividades a todos los participantes afectados. La información es utilizada por todos, y las decisiones diarias son hechas utilizando los datos arrojados por ellos mismos.

Dentro de MRP II, el MRP y CRP pueden utilizarse de manera efectiva para administrar cualquier compañía manufacturera. La planeación de compras futuras da la oportunidad de ahorros sustanciales en costos de materiales. Al dar a los proveedores la visibilidad de los requerimientos futuros, se les permite planear su producción partiendo de una demanda conocida.

en vez de abandonarlos a la incertidumbre de un pronóstico. El resultado de esta certeza en la demanda son menores inventarios y capacidad de seguridad. Los beneficios de una mejor planeación para el proveedor “regresan” a la compañía a través de precios más bajos en los insumos. Al utilizar los recursos para construir únicamente lo que se necesita reduce costos para el proveedor y así, precios para el consumidor.

CRP da visibilidad de las demandas y tiempo para calcular los requerimientos de capacidad de recursos necesarios para llevar a cabo las metas de producción establecidas en el programa maestro. Se pueden desarrollar anticipadamente diversas opciones para obtener el mejor plan de ataque a los cambios en las necesidades de capacidad bajo condiciones de menor tensión para las personas que llevan a cabo estas tareas, y para la compañía en general.

La integración del material y la capacidad de los recursos a través de la cadena de abastecimiento<sup>2</sup> aumenta el éxito y las utilidades para cada eslabón. Ya no es posible confiar en pronósticos con todas sus inexactitudes inherentes; el futuro puede ser mejor planeado. A partir de que toda esta planeación permite la eliminación de inventarios de seguridad y la disminución general del inventario, la cadena de suplemento completa responde de una mejor forma a las necesidades del mercado y todos se vuelven más rentables; una verdadera solución ganar-ganar para las plantas, sus proveedores y sus clientes.

Un sistema de planeación es sólo una simulación de la realidad. MRP II es de esta forma, un simulador. Simula requerimientos de materiales de manera suficientemente anticipada, de tal forma que los faltantes pueden ser previstos, más que arreglados una vez que han sucedido. Simula requerimientos de capacidad anticipadamente de tal forma que se puedan también prevenir problemas de capacidad. Como menciona R. D. Garwood, “La manufactura puede hacer

---

<sup>2</sup> Se define a una cadena de abastecimiento como el conjunto de procesos que unen en cadena a compañías proveedoras y consumidoras, desde las materias primas iniciales hasta el consumo último del producto terminado. Desde el punto de vista de una compañía, la cadena de suministro está conformada por las funciones, dentro y fuera de dicha compañía, que permiten fabricar productos y proveer servicios a los consumidores.

cualquier cosa con suficiente tiempo y suficiente dinero"<sup>3</sup>. Podemos pensar, "nunca se tiene suficiente tiempo ni dinero", pero, dado que MRP II es un simulador efectivo, proporciona a la gerencia información anticipada de tal forma que disponga del tiempo suficiente para decidir si gasta dinero, y en qué lo gasta.

MRP II simula la realidad. La realidad dentro de una compañía manufacturera sucede alrededor de la ecuación fundamental de manufactura, mencionada anteriormente. Esta ecuación no cambia de compañía a compañía, sino que es estándar y lógica. Consecuentemente, existe una lógica estándar para los sistemas que se utilicen para planeación y control dentro de una compañía de este tipo.

La realidad dentro una manufacturera no puede cambiarse, y menos en el tiempo actual, cuando las situaciones se viven tan rápida e íntegramente como para pretender detenerse a cambiar la realidad. La ecuación fundamental de manufactura persiste. Es como la ley de gravedad, no puede ser cambiada sino que tenemos que vivir con ella. MRP II es por definición, una simulación de la ecuación fundamental de manufactura; como también lo es el JIT.

Aunque no existen dos fabricantes exactamente iguales, es un hecho que todos viven bajo el régimen de la ecuación fundamental. Entonces, si existe un sistema estándar y una lógica estándar en la manufactura, ¿por qué escuchamos frases como: "Necesitamos desarrollar nuestros propios sistemas para atacar nuestros requerimientos especiales"? Si en la realidad no importara que el sistema trabaje o no, sus diseñadores pueden echar a andar su creatividad ilimitada. Sin embargo, si el objetivo es tener un sistema que trabaje, deberá ser capaz de simular la ecuación fundamental de manufactura. Y su lógica fundamental será la misma que la de todos los demás sistemas que trabajen en la realidad.

Las compañías que utilizan MRP II exitosamente tienden a tener sistemas que no sólo son lo mismo, sino que se ven iguales. Los conceptos y la información en una compañía que fabrica

---

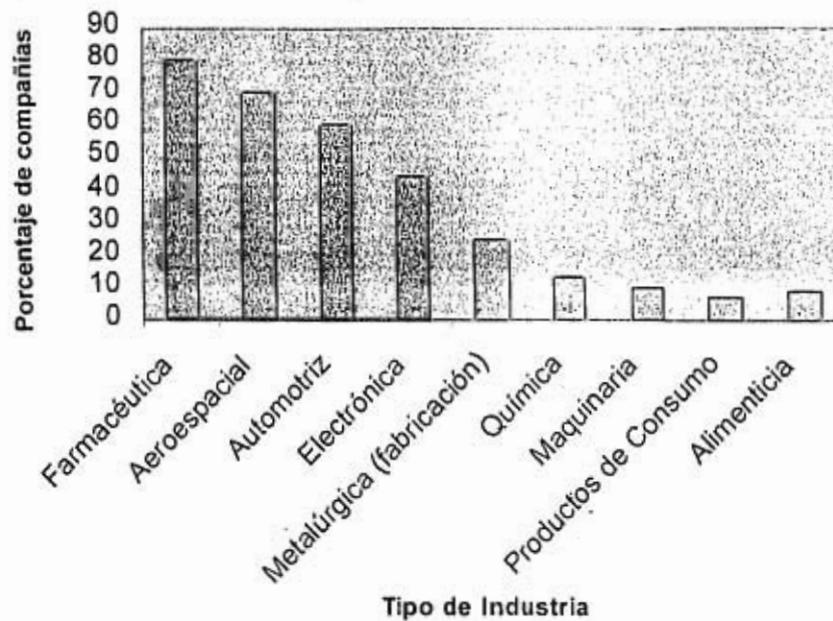
<sup>3</sup> O. Wight, pp. 56

cereales, otra que hace motores, otra que hace herramientas, otra farmacéutica, etc., todas se parecen en sus necesidades de información para planeación y control.

A final de cuentas, el mayor beneficio de un sistema de este tipo es la planeación anticipada del futuro en vez de la reacción al presente y al pasado. Cualquier problema, sin importar qué tan grande sea, puede atacarse con un posible plan exitoso antes de una crisis.

### 3.2.3 Utilización del MRP II en la industria

Como muestra de la aplicación del uso de MRP II en la industria mundial, se presenta la siguiente gráfica:



**Figura 3-1:** Porcentaje de compañías en 11 industrias con sistemas MRP II instalados.  
 Fuente: David A. Turbide, MRP+: The adaptation, Enhancement and Application of MRP II. New York: Industrial Press, 1995. Pp 11.

La gráfica muestra el porcentaje de compañías en Estados Unidos que tienen instalado un sistema MRP II. Las industrias farmacéuticas encabezan su uso en un 80%, la industria aero-espacial es la segunda con un 70%. La siguiente es la automotriz con un 60%, la electrónica con un 44% y la de fabricación de metales con un 25%. Existen cerca de 70,000 sistemas MRP II instalados en los Estados Unidos, y 100,000 en todo el mundo. Debido a que operan aproximadamente 550,000 firmas manufactureras en el planeta, obtenemos un porcentaje de instalación de MRP II en un 18.2%.

Como en años recientes el concepto de MRP se ha expandido para incluir un manejo muy amplio del flujo de información y datos administrativos, así como de la creciente necesidad de información confiable y actual en todas las compañías, el uso de MRP es muy susceptible de una gran expansión futura.

MRP comenzó a finales de los sesentas. Muchos sistemas han sido desarrollados y vendidos desde entonces por diversas compañías de software y consultoría. A pesar de que otros programas integrados de información que compiten con MRP también se han desarrollado (y muy probablemente sigan desarrollándose), los sistemas basados en MRP siguen en el liderato, y el panorama muestra que ahí seguirán por mucho tiempo.

Esto se debe a dos razones principales: por un lado MRP es un sistema cuya lógica para el cálculo de requerimientos y su calendarización, a pesar de ser simple, es muy poderosa; por tanto resulta difícil de sustituir por sistemas muy sofisticados. Por otro lado, tanto las firmas de software que construyen sistemas MRP como las compañías manufactureras que los utilizan, continúan el desarrollo y ampliación de estos sistemas.

### **3.3 La relación del MRP y MRP II con otras herramientas para administración de la manufactura.**

Las herramientas y métodos de planeación y ejecución en el escenario de la manufactura han cambiado dramáticamente en los últimos años propiciados por los cambios en la tecnología y la creciente competencia mundial.

A principios de los ochentas, cuando el Just-in-Time empezó a dar sus primeras noticias, muchos practicantes pensaron que una vez que JIT fuera instalado, los sistemas MRP serían obsoletos. Para los noventas, las nuevas herramientas incluían la Manufactura Síncrona (basada en la Teoría de Restricciones de Goldratt), Control Total de la Calidad, Manufactura Integrada por Computadora, e ISO 9000. Una vez más, muchos han creído que MRP es viejo y no necesario. Esto último simplemente no puede ser más equivocado.

MRP constituye una base firme para otros sistemas. Sucede como en los equipos deportivos, cuando comienzan las primeras prácticas de una temporada, el camino es siempre el mismo, se enfocan en las cuestiones básicas como correr, saltar, golpear, caer, bloquear, etc. Todas las prácticas avanzadas son desarrolladas sobre un cimiento firme de controles y técnicas básicas.

### 3.3.1 El MRP y el Just in Time

#### 3.3.1.1 Sistemas de empuje y jalón en manufactura

Existen básicamente dos tipos de sistemas para producción y movimiento de materiales dentro de una empresa manufacturera:

- **Sistema de Empuje:** En este sistema el inventario en proceso "empuja" al inventario de producto terminado hacia los almacenes, de acuerdo a un plan de producción previamente establecido. Los artículos se fabrican en base a dicho plan (es decir, los nuevos artículos producidos empujan a los ya existentes), y los materiales necesarios para producción se entregan en base a una orden de trabajo.
- **Sistema de Jalón:** En este sistema el almacén "jala" el inventario de producto terminado conforme exista una demanda. Es decir, el producto terminado se entrega al almacén hasta que éste lo requiere. Entonces, la producción de artículos se lleva a cabo únicamente cuando haya una demanda de uso, o para reemplazar aquellos artículos ya utilizados. Únicamente se entregan los materiales necesarios para producción en base a lo que ésta requiera para satisfacer la demanda.

La mayor parte de las empresas operan dentro de un medio de empuje, utilizando programas maestros y MRP para manejar sus programas de producción y el movimiento de los materiales en la planta. Un sistema de jalón, por el contrario, emplea una demanda ascendente (de abajo hacia arriba) que es determinada por las necesidades de consumo de las partes en el proceso de producción.

En un sistema de empuje, el MRP desencadena toda una serie de órdenes o lotes de producción, que se requieren para elaborar los productos en cantidades especificadas en el programa maestro. Una orden de producción es una salida que proporciona los materiales necesarios al área de manufactura para la elaboración de cierto número de productos. El planificador abrirá una orden de producción en la computadora para que el almacén autorice la salida de las partes hacia el área de manufactura. El empleado del almacén usa un listado por computadora (Lista de Recolección) para reunir todas las unidades especificadas en la orden de trabajo. Cuando se tienen juntas las partes, el empleado del almacén transfiere el paquete de partes al área de trabajo, junto con la documentación de la orden de producción. Estas órdenes de producción empujan a los materiales hacia el área de manufactura para cumplir con el plan de producción, definido por el MRP y por el programa maestro.

En un sistema de jalón, el consumo real rige el flujo del material a lo largo del proceso, en vez de los programas descendentes y las salidas. La necesidad en la terminación del proceso de manufactura, antes de que el producto llegue al punto donde se encuentran los productos terminados, es el factor de tracción que mueve los materiales a lo largo de la línea de producción.

En otras palabras, un sistema de jalón sólo tiene una regla sencilla: *los materiales deben moverse a la línea de producción sólo cuando se necesiten*. Esto significa que los materiales se mueven de acuerdo con la demanda. En cambio, un sistema de empuje mueve los materiales por abastecimiento de las órdenes de producción.

### 3.3.1.2 Los elementos del Just-in-Time

Un sistema Justo a Tiempo dedica una parte sustancial de su atención a administrar los inventarios a lo largo de la empresa de manufactura. Sin embargo, es necesario señalar que el JIT no significa tener inventario cero. JIT significa producir lo que es necesario cuando es necesario, y no más. Cualquier cosa que esté más allá de la cantidad necesaria es vista como un desperdicio, dado que implica un esfuerzo y uso de materiales para algo que no es necesario en realidad. Operacionalmente, JIT permite hacer el movimiento de los materiales en la planta con base en el consumo de los materiales, y no con base en un programa. Se puede decir que en un sistema JIT las partes nunca son llevadas a un centro de trabajo a menos que exista demanda de ellas, debido a que un exceso de partes para la elaboración se considera un desperdicio. Entonces, partiendo de las definiciones dadas en la sección anterior, JIT conforma un sistema de jalón a través de la planta.

En un sistema de empuje, el elemento que “empuja” la producción es una orden de trabajo. En un sistema de jalón debe existir un elemento que jale los materiales a través del proceso productivo hasta lograr la producción requerida. Toyota resolvió este problema con el sistema *kanban*, elemento fundamental del JIT. El principio del “kanban” es que un centro de trabajo no podrá generar demanda de un nuevo lote de material o de trabajo en proceso sino hasta que el lote actual no se haya consumido. Y sólo podrá mover el lote ya consumido hasta que el centro de trabajo subsecuente no haya solicitado dicho lote. Una de las ventajas que ofrece el sistema “kanban” es que fácilmente se puede detener el proceso productivo en un momento determinado. Si se tiene un problema con alguna operación y se desea que las operaciones restantes se detengan, la operación problemática simplemente detiene su “kanban” para no generar nueva demanda en la operación precedente, ni tampoco pasa su lote ya consumido a la operación subsecuente. Este sistema de operación produce menos exceso de material en la línea de producción que un sistema de empuje, logrando así la disminución del desperdicio.

Pero un sistema “kanban” no constituye en sí mismo una solución completa para la reducción de materiales inútiles en el piso o área de manufactura. Se debe considerar también un procedimiento claro para expedir materiales al área de producción, de tal forma que esos

materiales avancen como un flujo continuo a través de los centros de trabajo. Para ello, deben tomarse en cuenta dos aspectos críticos del trabajo: Primero, debe asegurarse que los materiales enviados sean suficientes para cumplir los requerimientos de producción. Segundo, debe permitirse que la empresa haga un seguimiento de los materiales que se mueven a lo largo del proceso de producción, de manera que en cualquier momento se pueda saber qué materiales están en qué sitio y qué cantidad de mano de obra se ha destinado ya a su transformación. Para ello, JIT requiere de tres elementos adicionales: Primero, la entrega de materiales a los centros de trabajo en un proceso continuo, que concilie el flujo en la planta con el tipo y número exacto de partes requeridas. Segundo, una sincronización de movimientos de los materiales a lo largo del proceso de producción, de manera tal que se tengan esperas muy cortas entre los diferentes subprocesos. Y tercero, el movimiento de los materiales de un centro de trabajo a otro, repetitivamente, en lotes que sean lo más pequeños posible (idealmente, lotes de una pieza). Para lograr que un sistema productivo sea JIT, se hace necesaria una fuerte disciplina por parte de los empleados, que derive directamente en un cuidado exhaustivo de la calidad y la mejora continua, de tal forma que el sistema logre funcionar "como relojito", justo a tiempo. Dos restricciones existentes para implantar un JIT son: 1) El ambiente productivo debe ser estable y, 2) es aplicable exclusivamente a manufactura discreta. En la manufactura continua, ya sea de procesos o de, es muy difícil implantarlo dado que en la mayoría de los casos no es posible detener las operaciones cuando existe un problema.

### 3.3.1.3 Los resultados del Just-in-Time

La primera reacción de los Estados Unidos cuando empezaron a perder competitividad contra Japón fue copiar lo que era obviamente exitoso para los japoneses, sin entender a profundidad la filosofía que había tras de sus herramientas. Muchos practicantes pensaron que el JIT podía ser implantado por la compra de un nuevo programa de software. Este mal entendimiento fue seguido por muchos creadores de software que anunciaban "software JIT". El enfoque sobre el inventario como causa del problema de la manufactura era incorrecto. Los esfuerzos de implantación fueron menos que exitosos debido a que JIT no es únicamente otro sistema de planeación computarizado, sino más bien una filosofía de trabajo. El inventario es el resultado de problemas en el proceso, y no el problema raíz.

Muchos pensaron que el JIT era otro programa que iría pasando con el tiempo. Otros sintieron que era el remedio mágico para todas las enfermedades de la manufactura. La verdad es que la manufactura JIT fue el inicio real del movimiento de calidad total y reingeniería que sería desarrollado por los noventas. La filosofía del JIT es en realidad una cruzada empedernida y continua de respeto por la gente y por la total eliminación de los desperdicios, que debe ocurrir no solamente en los procesos de manufactura sino a través de toda la organización. Los resultados directos son fáciles de observar en las plantas, pero los resultados en las otras áreas de soporte son igualmente importantes. Las consecuencias de la implantación de un JIT son una drástica reducción de inventario, tiempos de proceso, espacios requeridos, burocracia, logrando así una compañía más competitiva. Los ahorros no son en sí el costo directo del inventario o el espacio. Los ahorros reales están en los usos alternativos de estos recursos críticos para incrementar el éxito de la compañía completa. Esta meta no se consigue por la instalación de un nuevo programa de computadora o por el "kanban"; se consigue por el esfuerzo cooperativo de toda la compañía desde la alta dirección hasta los trabajadores de línea.

#### 3.3.1.4 Combinando el MRP y el JIT

Ante el JIT, MRP sobrevive de dos maneras distintas:

- A) Un sistema JIT no puede operar en toda clase de ambientes manufactureros. Únicamente lo puede hacer en un ambiente de manufactura repetitiva, ya que los programas se nivelan de tal forma que los procesos puedan reaccionar a las señales que disparan el jalón. Sin embargo las manufactureras con ambiente tipo taller de trabajo no son candidatas para sistemas que utilizan "kanban". MRP es el mejor sistema para controlar las actividades de producción e inventarios cuando un sistema de jalón no puede operar.
- B) La segunda forma en que se puede ver al MRP ante el JIT es formando entre ambos un *sistema híbrido*<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Se define como Sistema de Inventarios Híbrido a un sistema que resulta de la combinación de uno o más modelos de inventarios distintos.

La mayor parte de las grandes compañías manufactureras utilizan actualmente MRP. De las firmas que utilizan el MRP con manufactura repetitiva, muchas están también implantando técnicas del JIT. A pesar de que el JIT funciona mejor en manufactura repetitiva, MRP es usado en todos lados, desde los ambientes tipo taller hasta la producción en líneas de ensamble. La mayor parte de las firmas que han implantado exitosamente sistemas MRP no están interesadas en descartar al MRP para probar el JIT. Entonces un nuevo reto aparece en la integración del enfoque de mejora del JIT en el piso de planta con un sistema de planeación y control basado en MRP. Como ya se ha mencionado el MRP provee una base firme para la implantación de otros sistemas más avanzados. De hecho, el factor de éxito más importante en una implantación de MRP es la obtención de datos exactos y a tiempo. Los datos exactos son también esenciales para el JIT. Conforme los tiempos de proceso se hacen más cortos y la reposición de material se hace exclusivamente con base en las necesidades, el conocer qué cantidad existe en inventario, en tiempo real, se vuelve un aspecto crítico para toda la operación. Las listas de materiales deben ser ciento por ciento exactas para permitir un reabastecimiento rápido y confiable de las partes correctas. Como las operaciones de JIT están relacionadas con muy pocas cantidades de inventario, cuando el material no está disponible a tiempo se detiene la operación completa. El manejo de cambios de producto o actualizaciones de configuración puede ser un reto debido a los tiempos de proceso tan cortos que se presentan. El JIT puede entonces usar al MRP para ordenar grandes cargas de materiales y dar visibilidad a los requerimientos de cambio de producto. Esta visibilidad futura es siempre importante sin importar la rapidez con la que se ejecute el plan. De acuerdo a Lon Johnson, "en el matrimonio de MRP y JIT, aún cuando un sistema de jalón funcione, MRP es muy útil para la planeación a mediano y largo plazo de la producción y capacidad, requerimientos de compras, y provee coordinación en grandes compañías multiplanta y multiproducto." Pero veamos esto último con más de detalle: MRP Y JIT tienen beneficios cada uno. La pregunta es: ¿Cómo es posible combinarlos exitosamente para aprovechar las bondades de ambos en un mismo sistema? MRP es un gran sistema computarizado de planeación de producción. Es un hecho que intentar agregar el JIT en este sistema es difícil, y aunque muchas compañías han intentado crear nuevos módulos para ello, no existe un camino estándar para hacerlo. Parte de la dificultad para integrar ambos sistemas en un programa computarizado

un programa computarizado es causada por sus distintos objetivos y propósitos que entran en conflicto. Obsérvese el siguiente cuadro:

	MRP	JIT
Basado en:	MPS, BOM y registro de inventarios.	MPS y Kanban
Objetivo:	Planificar y controlar	Eliminar desperdicios y mejora continua.
Requerimientos de datos:	Exactitud de datos detallada y estricta.	Menor y tiende a ser visible.
Operación:	Computarizada.	Simple, ya que se cuenta con controles de piso manuales como el kanban.

Cuadro 3-1: Comparación conceptual entre MRP y JIT

Como se puede ver, bajo JIT no aparece ninguna característica que nos hable de planeación. Y de hecho, uno de los problemas que se tiene con un sistema de jalón como JIT es la falta de visibilidad para la planeación de alto nivel. El problema de planeación surge al traducir el pronóstico de ventas en planes de materiales y al descomponer detalladamente los requerimientos de partes. En un sistema de empuje, el programa maestro de producción y el sistema MRP hacen la planeación y cumplen con el requerimiento de análisis de los materiales. Este software también proporciona un sistema de control de inventario para seguir las partes hasta sus ubicaciones en el almacén, y todas las transacciones con los materiales en la fábrica. Esta parte del sistema de empuje trabaja bien, pero el sistema encuentra dificultades cuando los planificadores cortan las órdenes de compra a los proveedores y emiten órdenes de trabajo a la planta sin considerar los materiales que en realidad se requieren en el área de producción. Por el contrario, los sistemas de jalón operan muy bien en cuanto a la autocorrección de las variaciones en el proceso, una vez que la tasa de producción de la planta se ha determinado. Los centros de trabajo individuales no necesitan tener el cuadro completo para operar adecuadamente en la programación de los materiales a lo largo del proceso de producción. Al combinar las mejores características de ambos sistemas, una empresa es capaz implantar un sistema efectivo justo a tiempo que le permitirá planear, predecir y controlar los requerimientos de materiales en la planta. El programa maestro de producción y el sistema MRP se utilizan para hacer la traducción de alto nivel del pronóstico de ventas a un programa de producción y de requerimientos de materiales para cumplir con las

materiales para cumplir con las necesidades productivas. Esta información se usa para alertar a los proveedores y a la planta, de los requerimientos diarios de partes. Luego, con base en la demanda real, el sistema de jalón moverá los materiales hacia la línea de producción, y a la planta desde los proveedores.

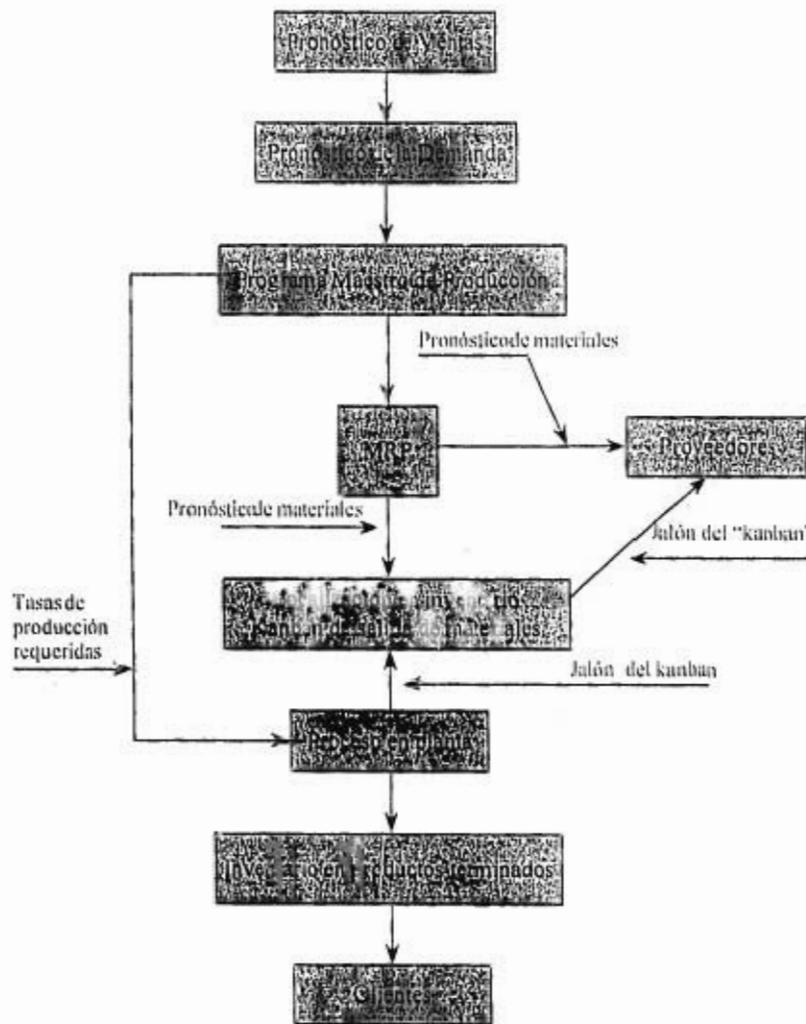


Figura 3-2: Sistema híbrido MRP/JIT.

La figura 3-2 muestra el flujo de un sistema híbrido MRP/JIT. En la parte superior tenemos a un programa maestro de producción alimentando al sistema JIT. Obsérvese que el MRP puede ser utilizado para crear el programa maestro de producción, y la a porción correspondiente a JIT opera bajo su propio sistema de jalón separado. El sistema utiliza el programa maestro de

producción MRP para hacer el pronóstico de las partes requeridas a los proveedores y para establecer los programas con las tasas de producción en la planta. Entonces, si el requerimiento se inicia en el último centro de trabajo antes de ir al inventario de productos terminados, el sistema jala el material requerido para la elaboración de los productos considerados en el centro de abastecimiento del proveedor y del almacén. La figura muestra el proceso de jalón con una flecha en reversa que señala el sentido desde el proceso de planta al almacén, y de éste hacia los proveedores.

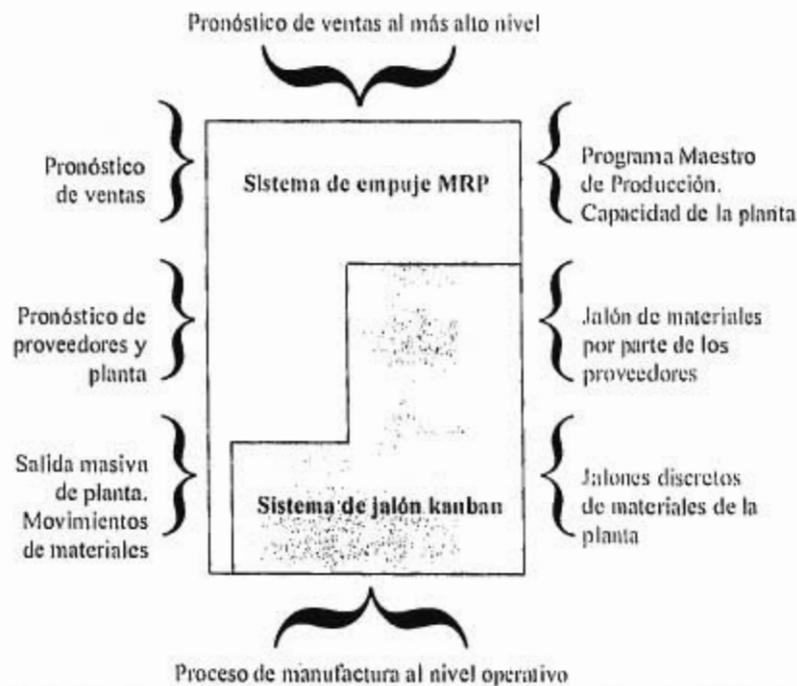


Figura 3-3: Áreas de colaboración entre un sistema de empuje MRP y un sistema de jalón kanban

La figura 3-3 muestra la manera en que un programa maestro de producción y un sistema MRP adaptarían un sistema de "kanban" de jalón. La idea es usar el MRP para planear los requerimientos de materiales y utilizar esta información como un pronóstico que se proporcionará a cada centro de trabajo. Luego, gracias al sistema "kanban", los materiales son captados de los proveedores en el momento en el que realmente se necesitan. Esta actividad debe ser coordinada con cuidado, de manera que se obtenga un resultado realista del MRP, pues los proveedores emplearán esta información para planear el resultado de sus líneas de producción. El JIT llama a

---

un conjunto elegido de proveedores de calidad que se comprometen con entregas frecuentes. Una manera de recompensar a estos proveedores por este servicio es ofrecerles un compromiso de exclusividad a largo plazo. El sistema MRP puede producir un pronóstico que se proporcione a los proveedores y un sistema de "kanban" puede jalar los materiales en el momento en que sean requeridos.

Otra forma de visualizar la combinación de ambos sistemas se muestra en la figura 3-4. En la parte superior se encuentra un sistema MRP convencional con sus entradas estándar tales como demanda pronosticada, estatus de inventario y listas de materiales. Este sistema produce un plan. El sistema en la parte inferior del diagrama, a la manera de JIT, controla cuando deben entregar material los proveedores, cuando se van producir bienes terminados, y cuando se va a distribuir el producto terminado. La sección intermedia – el programa de piso y el sistema "kanban" – son las interfases que unen a los sistemas MRP y JIT con el control de capacidad y la planeación.



### 3.3.2 El MRP y otras herramientas de los noventas

Herramientas más nuevas como la teoría de restricciones, la manufactura integrada por computadora, control total de la calidad, ISO 9000, fueron desarrolladas para dar respuesta a problemas y necesidades específicas que se han dado en las compañías. La feroz competencia mundial, cadenas de abastecimiento recortadas y la presión de los consumidores para disminuir precios y tiempos de entrega fueron los catalizadores que han llevado al desarrollo de estas nuevas herramientas. No podemos hacer más de lo que siempre hemos hecho y ni estar satisfechos de lo que siempre hemos obtenido. El ambiente ha cambiado y las reglas del juego han cambiado con él.

#### 3.3.2.1 Teoría de restricciones (TOC<sup>5</sup>)

Eliyahu Goldratt introdujo una nueva filosofía que parte del sentido común planteando como su principio fundamental que la meta principal de cualquier compañía comercial es hacer dinero<sup>6</sup>. El logro de esta meta, más que la suerte, es el uso del sentido común al tratar de vencer los obstáculos que no permiten a la compañía lograr este resultado.

El fundamento de Goldratt es que los cuellos de botella restringen la habilidad de la compañía para aumentar sus ganancias. Los cuellos de botella son restricciones en el proceso. La capacidad en un cuello de botella es, por definición, menor que la carga. Si el cuello de botella deja de trabajar, el sistema completo produce menos salidas. Es así que la salida del sistema completo depende de la productividad en el cuello de botella. Los centros de trabajo precedentes son capaces de alimentar este cuello de botella en exceso de lo que el mismo puede producir. Los centros de trabajo subsecuentes pueden desahogar el trabajo según como sea producido en el cuello de botella.

Los sistemas computarizados CRP estándar pueden aún usarse para la programación de la capacidad de los centros de trabajo. Las rutas y los programas se simplifican para enfocarse en el cuello de botella. Las operaciones anteriores al cuello de botella son jaladas por la actividad de

<sup>5</sup> TOC - Theory of Constraints

<sup>6</sup> Se excluyen de esta idea a las organizaciones que no tienen fines lucrativos, tales como instituciones de ayuda y desarrollo social, beneficencias y asociaciones civiles.

éste mismo. La lógica del MRP determina la secuencia y configuración de la producción en el cuello de botella. Este enfoque utiliza los conceptos y herramientas del control total de la calidad para optimizar la producción a través del cuello de botella. El trabajo se examina minuciosamente. Todos los pasos que no añadan valor se quitan. La simplificación del trabajo restante también incrementarán el "throughput". Cuando el cuello de botella es optimizado por completo puede romperse y no volver a ser el cuello de botella, y otra operación se convertirá en el nuevo cuello de botella. La máxima prioridad para el proceso de mejora continua de la compañía se logra entonces a través del examen secuencial y mejoramiento de las operaciones en los cuellos de botella.

Es así que la teoría de restricciones no es en realidad un cambio en la tecnología o en los sistemas sino más bien un cambio en el enfoque de las operaciones.

### **3. 3. 3 Combinando las herramientas**

Instalar y mantener un sistema MRP enseña lecciones de mucho valor para todos los que se encuentran envueltos en todo el sistema. La exactitud de datos y el control del flujo de materiales completo son imperativos cuando se desea progresar a conceptos más avanzados. Las prácticas de conteo cíclicos y controles de calidad total son parte de cualquier buen proceso de control de inventarios. Una implantación exitosa de MRP es un excelente cimiento para el futuro. MRP II se construye sobre muchas de las habilidades aprendidas durante la fase del MRP y añade énfasis en la comunicación interfuncional. Una implantación exitosa de MRP II puede requerir un gran cambio en la organización y en los canales de comunicación dentro de una compañía. Esta mejor comunicación y visibilidad hacen a MRPII un gran avance en el campo. La práctica en la planeación del trabajo y el que todo el mundo trabaje sobre el mismo plan es un gran paso adelante.

Cuando se implementa JIT, un gran cambio de enfoque ocurre en las funciones ejecutoras. La lista de materiales es simplificada, y las partes se agrupan por procesos de producción similares. La capacidad se dedica a la producción de estos grupos de productos. Máquinas no similares son juntadas dentro de pequeñas áreas llamadas células de manufactura. Ellas ahora manejan en una

ruta lo que antes se lograba con multitudes de rutas, movimientos de material y líneas de espera. Los tiempos de entrega cortos a través de la célula resulta en reducciones dramáticas de inventario en proceso. Esta reducción en inventario permite a su vez una rápida identificación de problemas. Siempre que el inventario disminuya súbitamente entre las operaciones, las operaciones posteriores verán el problema inmediatamente. Los recursos se pueden mover inmediatamente para resolver el problema. El programador maestro ya no necesita combinar manufactura y mercado con inventario de productos terminados porque JIT permite una sinerona exitosa con las demandas de mercado. El programa maestro ahora sirve como una función de mediano y largo plazo que da visibilidad de las tasas de producción futuras. El horizonte de planeación se acorta debido a la reducción de los tiempos de entrega a través de la cadena de suplemento completa.

La teoría de restricciones se desarrolla en muchos de los requerimientos del JIT y MRP, pero se basa en la identificación de cuellos de botella. Esta teoría se concentra en invertir capacidad crítica para crear únicamente lo que requiere el mercado y cuando lo requiera. La flexibilidad de respuesta a la demanda de un consumidor es un beneficio. No importa qué clase de ambiente de negocio se tenga, la lógica de la teoría de restricciones puede ser aplicada.

En resumen:

Por un lado todos estos ambientes de negocio son aparentemente muy distintos, pero por otro lado son muy parecidos. Todos los negocios manufactureros tienen entradas de materiales, añaden valor, y generan salidas de productos. La administración de recursos y materiales necesaria para añadir ese valor es la tarea de las distintas herramientas expuestas: MRP II, JIT, TOC, TQM. Estos nombres de herramientas pueden verse a simple vista como una sopa de letras, pero cuando son bien entendidas y utilizadas de manera efectiva pueden crear una ventaja estratégica para la compañía. Entender los requerimientos y filosofías de cada una de estas herramientas es relativamente fácil. La dificultad real es entender su aplicación e integración final. Aunque muchos filósofos de la ciencia administrativa niegan la factibilidad de utilizar algunas de las herramientas con otras, hemos visto en este capítulo cómo el MRP/MRP II es un sistema que puede combinarse y mejorar cualquiera de las soluciones avanzadas. Es así que el

verdadero arte se da al tomar lo mejor de cada una de esas herramientas y combinarlas sinérgicamente para responder a las necesidades de la compañía, sin importar su tamaño. La experiencia ha enseñado que cuando estas herramientas son bien entendidas y utilizadas para crear un sistema único que verdaderamente se amolde a las necesidades del negocio y de sus consumidores, ese negocio puede convertirse en un competidor de clase mundial sin importar su tamaño.

## Capítulo 4

### Sistemas tipo MRP avanzados

#### 4.1 El nuevo MRP II: ERP

En las dos últimas décadas los sistemas MRP II han sido la primera elección de planeación para compañías manufactureras. Durante este tiempo el mundo ha evolucionado vertiginosamente, y más en la última década, con la nueva competencia global. Este cambio ha significado para varias compañías el manejo de múltiples plantas en sitios internacionales, demanda de producto ya no sólo para un lugar, sino para varias partes en el mundo, subcontratación internacional, y diversos ambientes políticos, monedas, y unidades de medida. Los programas MRP II existentes en su forma estándar no eran capaces de manejar esta gran amplitud de situaciones.

Además, en el ambiente manufacturero de nuestro tiempo, los usuarios de MRP requieren acceso instantáneo a la información sobre las necesidades del consumidor y saber cuáles plantas pueden satisfacer estas necesidades, los niveles de inventario y capacidad disponible de la compañía completa. Esta situación hizo necesaria la aparición de sistemas de información que permitieran manejar los nuevos esquemas operativos de manera confiable, eficiente y flexible.

Quienes han dado respuesta a estas necesidades recientes son los más de trescientos proveedores de sistemas de software MRP. Muchos de ellos se han envuelto en el desarrollo de sistemas MRP desde años atrás, y continúan mejorando sus sistemas existentes, mientras que otras compañías recientes han desarrollado nuevos sistemas avanzados.

Estas compañías de software añadieron al MRP y al MRP II nuevas características y opciones para hacer juego con las cambiantes filosofías de administración de la manufactura. Por otra parte, tecnológicamente, el cambio más importante a los sistemas MRP es la incorporación de interfases gráficas y arquitectura cliente-servidor<sup>1</sup>, eliminando así los complejos sistemas

---

<sup>1</sup> Cliente-Servidor es la separación de procesos de una aplicación en tareas que se realizan en computadoras separadas: una estación de trabajo programable tal como una computadora personal y un servidor. La computadora personal (el cliente) realiza parte del procesamiento de datos, mientras que el servidor usualmente

basados en una unidad central computarizada (mainframe). Esto último ha significado reducción de costos en la administración de la manufactura, mayor eficiencia en el manejo de información, y flexibilidad para obtener nuevas combinaciones de datos.

Varios nombres se han dado a esta nueva generación de MRP. The Gartner Group<sup>2</sup> llamó al nuevo MRP *Sistema de Planeación de los Recursos de la Empresa (Enterprise Resource Planning- ERP)*, y así es como se ha conocido mundialmente en los últimos años.

ERP es un software que ha evolucionado a través de la lógica del MRP II, y que integra los avances en telecomunicaciones y computación, haciendo posible la coordinación completa de compañías manufactureras. Para operar por completo en un sentido empresarial, existen dentro de una sola aplicación de software diversas aplicaciones distribuidas para planeación, programación, costeo, contabilidad y muchas más, en los múltiples puntos de la organización: centros de trabajo, almacenes, puntos de venta, divisiones, casa matriz. Y con dichas aplicaciones es posible planear y controlar las operaciones de la compañía, desde las compras hasta la entrega de los productos terminados.

ERP, además de manejar órdenes de venta, producción y distribución, enfocados directamente hacia el consumidor, permite realizar análisis de información operativa y financiera en tiempo real para soportar una toma de decisiones efectiva.

#### **4.1.1 Los avances en tecnología de información que han dado origen al ERP**

Durante los 80's se fueron mejorando los sistemas computarizados MRP II, añadiendo nuevos módulos y realizando continuamente pequeñas mejoras, aunque el sistema básico y su lógica operativa permaneció intacta.

---

almacena la información y el software. Ambas partes se conectan por medio de una red local (LAN) o una red de gran área (WAN).

<sup>2</sup> The Gartner Group es una compañía consultora estadounidense reconocida como autoridad líder mundial en investigación de mercados para desarrollo e implantación de tecnologías informáticas.

Por ejemplo, uno de los sistemas más importantes de la época fue MAPICS<sup>3</sup>, de IBM, el cual contenía 19 módulos interrelacionados:

- Cuentas por pagar
- Cuentas por cobrar
- CRP
- Soporte de aplicación
- Soporte a la colección de datos
- Análisis financiero
- Pronósticos
- Contabilidad General
- Administración de inventarios
- Administración de inventarios para proceso
- Administración de ubicaciones/lotes
- MPS
- MRP
- Administración de órdenes de venta y facturación
- Nómina
- Administración de datos de producto
- Control de Producción y costeo
- Compras
- Análisis de Ventas

Los procesos de este y muchos otros sistemas se llevaban a cabo en una unidad central computarizada con alto poder de procesamiento (mainframe). Sin embargo, al continuar el desarrollo de la computación se encontraron nuevas formas, más baratas, de dar mayor flexibilidad y eficiencia a los procesos computacionales.

---

<sup>3</sup> MAPICS (Manufacturing Accounting and Production Control System / Sistema para Control de Manufactura, Contabilidad y Producción.).

En la segunda mitad de los ochentas, la tecnología cliente-servidor fue proclamada como el rompimiento en tecnología para integrar la cadena de abastecimiento de los manufactureros y la evolución de los sistemas MRP II. Debido a que computadoras unidas por redes de comunicación pueden utilizarse para realizar ciertas tareas sin sacrificar la integración de datos y procesos, se desarrollaron nuevos productos MRP utilizando la tecnología cliente-servidor y las bases de datos relacionales<sup>4</sup>, para así lograr un *procesamiento distribuido de datos*<sup>5</sup>.

Con el procesamiento distribuido, varias estaciones remotas pueden tener acceso a datos contenidos en una gran base de datos relacional, manipularlos, realizar procesamientos locales (tales como consultas, reportes, etc.), y realimentarlos al sistema. Para ello se utilizan "mainframes", minicomputadoras y computadoras personales, dispuestas a través de una red, de tal forma que permitan centralizar los datos, pero a la vez consultarlos y manipularlos eficientemente y de manera lógica donde sean necesarios. Con esto los usuarios pueden tomar ventaja del desempeño y flexibilidad de una computadora personal, al mismo tiempo que les es posible incrementar los resultados de sus cargas de trabajo.

Durante la década de los noventas este nuevo enfoque de distribución de información, al igual que los programas y herramientas de software, han tenido un desarrollo increíble, llegando hasta los avances actuales tales como INTERNET. Y el MRP no podía ser la excepción ante estos grandes avances, de tal forma que su evolución continúa, llegando hasta lo que hoy en día conocemos como ERP.

---

<sup>4</sup> Una base de datos relacional es aquella que se encuentra organizada de acuerdo a relaciones definidas entre los datos que puede contener, y se accesa a ellos a través de dichas relaciones. Las relaciones entre los datos se expresan por medio de tablas y las interdependencias entre las tablas se expresan por medio de valores de los datos.

<sup>5</sup> Existen tres tipos de ambientes computacionales con respecto al procesamiento de datos:

- *Procesamiento centralizado*: Controla los datos provenientes de múltiples terminales en una sola unidad central (mainframe).
- *Procesamiento descentralizado*: Es la distribución de los datos a través de varias unidades autónomas. El control de los datos en cada unidad es independiente de las otras.
- *Procesamiento distribuido*: Es una combinación de los procesamientos centralizado y autónomo, de tal manera que se realiza parte del control de datos en una unidad central, y otra parte en unidades terminales.

En realidad lo que distingue al ERP de un sistema MRP II moderno son las tecnologías de hardware, software y comunicaciones con las que ha sido desarrollado. A continuación se mencionan las más importantes:

- Arquitectura cliente-servidor
- Bases de datos relacionales con consulta a través de SQL<sup>6</sup>
- Interfaces gráficas de usuario (ambiente tipo Windows)
- Sistemas finales para tomas de decisiones (Almacenes de Datos<sup>7</sup>, consultas a la medida, reporteadores)
- Intercambio electrónico de datos (EDI<sup>8</sup>)
- Programación estándar de interfaces

Con estas características técnicas, las grandes compañías desarrolladoras de software para negocios han creado programas informáticos para planeación de manufactura (MRP), planeación de distribución (DRP), compras, logística, programación y control de planta, control de calidad, ventas, distribución, mantenimiento, contabilidad, análisis financiero y recursos humanos. Estos distintos programas, integrados, constituyen propiamente un sistema ERP. Sin embargo, también es posible instalarlos por separado.

#### 4.1.2 Las compañías líderes en el desarrollo de sistemas ERP

Algunas de las compañías que han desarrollado las mejores aplicaciones de negocio, susceptibles de integrarse y constituir un ERP, son: SAP AG (Alemania), Oracle Corporation (Estados Unidos), JD Edwards (Estados Unidos), BaaN (Holanda), People Soft (Estados Unidos), entre otras. A continuación se presenta una gráfica que muestra la distribución del

<sup>6</sup> SQL (Structured Query Language / Lenguaje Estructurado de Consulta) es un lenguaje de datos relacional en inglés que permite realizar, de manera precisa, consultas, definiciones, manipulación y control de datos contenidos en una base de datos relacional.

<sup>7</sup> Almacén de Datos (Data Wareh): Es un repositorio alojado en una computadora central que almacena todos los datos (o una porción significativa de ellos) recolectados por los múltiples sistemas de información de una compañía. Los datos provenientes de las aplicaciones procesadoras de transacciones en línea, así como de otras fuentes, son selectivamente reunidos, extraídos, ordenados y depurados. Entonces se guardan en un almacén de datos, el cual se encuentra usualmente en el servidor central de la compañía.

<sup>8</sup> EDI (Electronic Data Interchange / Intercambio Electrónico de Datos) es el intercambio electrónico de documentos comerciales, tales como órdenes y facturas, utilizados para el comercio electrónico. Permite una comunicación inmediata con clientes y proveedores, manteniendo siempre la integridad de los datos.

mercado de aplicaciones de negocio entre las compañías desarrolladoras más grandes del mundo, en 1997:

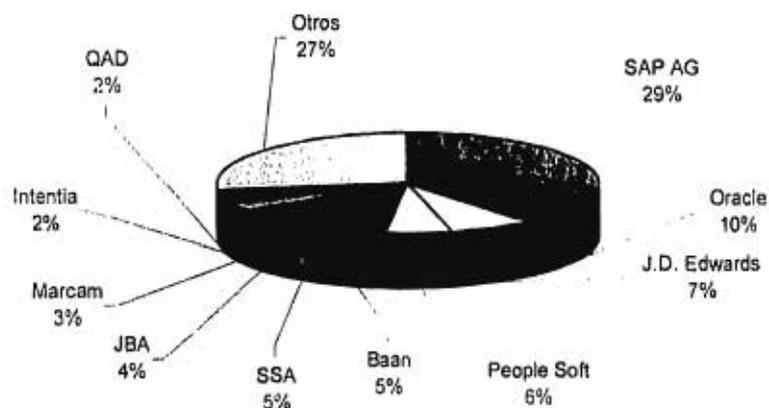


Figura 4-1: Distribución del mercado mundial de aplicaciones de software ERP (Fuente: Revista Information Week. Septiembre de 1997.)

Como un ejemplo de las aplicaciones ERP más exitosas en la actualidad podemos mencionar a *R/3*, de SAP<sup>9</sup>. Lanzado al mercado en 1992, *R/3* es un paquete de software altamente integrado y configurable que abarca tres grandes módulos: Finanzas, Logística y Recursos Humanos. *R/3* es un sistema que se desarrolló directamente a partir de *R/2*, el primer sistema creado por SAP, lanzado al mercado en 1979. Ambos tienen funcionalidad similar. La gran diferencia es que *R/3* es un sistema abierto, con procesamiento distribuido de datos y hecho en ambiente gráfico, mientras que *R/2* opera bajo arquitectura mainframe de IBM.

SAP se ha implantado en muchos sectores, incluyendo industrias de procesos, seguros y finanzas. SAP soporta a más de 3000 clientes globalmente, de los cuales 2580 utilizan *R/3* actualmente. Muchos de sus clientes son compañías multinacionales con más de 1000 usuarios concurrentes, entre las que destacan: Texaco, ICI, Unilever, Procter & Gamble, Guinness y Cadbury.

### 4.1.3 El ERP en las compañías pequeñas

Es un hecho que MRP, MRPII y demás acrónimos han tenido por mucho tiempo presencia en las grandes compañías. Hace todavía 10 años, grandes equipos para servicios de información, con grandes computadoras, fueron requeridos para utilizar estas herramientas esenciales. Actualmente, los sistemas ERP más avanzados están hechos también para grandes compañías, muchas de las cuales ya operan con un enfoque global.

Sin embargo, debemos recordar que, a pesar de que estas compañías tienen gran fuerza e importancia económica preponderante, en número representan un pequeño porcentaje del total de compañías manufactureras que existen en el mundo. La mayor parte de las compañías son, en realidad, empresas medianas o pequeñas, que en muchos casos trabajan como proveedores de las grandes.

Estos pequeños negocios envidiaban los recursos disponibles en los grandes negocios, pero el advenimiento de poderosas microcomputadoras ha traído estas herramientas sofisticadas a su alcance. Las compañías de software han comenzado a desarrollar programas de manufactura, planeación y programación de materiales para este gran mercado.

Paquetes de software como MRP-9000 integran las herramientas del MRP y MRP II con los requerimientos necesarios para una certificación ISO-9000 dentro de un sistema intuitivo utilizando una base de datos comercial llamada Microsoft Access. Esto es un ejemplo claro del gran desarrollo que han tenido los sistemas de planeación y control, logrando estar también disponibles para organizaciones que pueden operar con una base de datos popular y pequeña, pero poderosa, como la mencionada anteriormente. Debido a ello el costo de un sistema de este tipo es tan bajo como el de el promedio de un auto nuevo. Además la implantación es sencilla porque los usuarios están familiarizados con la funcionalidad de Windows.

---

<sup>9</sup> SAP (SAP AG: Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung / Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos).

Otros programas software disponibles para pequeños negocios son los sistemas QAD MFG-PRO y Fourth Shift. Inclusive, otro ejemplo es PRO:MAN, programa utilizado por algún tiempo para fines educativos en algunas universidades.

Estos son sólo algunos ejemplos de la nueva gama de productos de programas que han ayudado a transferir la computación para manufactura de las grandes industrias hacia las pequeñas. El movimiento del MRPII/ERP hacia los pequeños fabricantes es un paso pequeño pero importante, ya que el crecimiento y éxito continuo de estos pequeños negocios es crítico para la salud económica del mundo.

#### **4.1.4 El MRP II y el ERP**

Las compañías de software nos han hecho creer que ERP es algo nuevo y diferente, cuando en realidad la funcionalidad de un sistema de este tipo es idéntica a la funcionalidad de un sistema MRP II moderno. Es simplemente cuestión de nomenclatura. La diferencia está en que los sistemas ERP se han hecho sobre las más avanzadas plataformas de software, y están pensados para compañías multiorganizacionales, es decir, permiten integrar la información de diversas organizaciones de una compañía, tales como plantas, centros de distribución, centros financieros, almacenes a consignación, etc.

Es así que al comparar un ERP con un MRP II, se puede considerar al MRP II como viejo o anticuado. Y no es para menos. Es como comparar, por ejemplo, un Jetta modelo 99 con un Atlantic modelo 85 (lo cual difícilmente es una comparación válida). Ambos satisfacen la misma necesidad: Llevar a una persona sentada, de una posición a otra. Sin embargo, el Jetta lo hace de una manera más agradable, rápida y cómoda. De la misma forma, la tecnología ha cambiado, y también lo han hecho los sistemas MRP, sin importar cómo se le nombre hoy en día – MRP II o ERP. El sistema puede llamarse MRPII, ERP o de cualquier otra forma. El hecho es que para aquellos grandes o pequeños fabricantes que buscan un crecimiento sostenido y prosperidad para el siglo XXI, esta revolución en la información les dará una ventaja competitiva real dentro de la voraz competencia global.

#### 4.2 El siguiente paso: Sistemas de administración para cadenas de abastecimiento

A partir de 1996 surgió un concepto nuevo que, si bien es en realidad un paso más en el desarrollo de los sistemas tipo MRP, ha contemplado refinamientos que van más allá del ERP: los *Sistemas de Administración para Cadena de Abastecimiento (Supply Chain Management - SCM)*.

Mucha gente ha hablado sobre la cadena de abastecimiento durante décadas. Es decir, este tema no es nuevo en realidad. Sin embargo, el concepto de SCM es nuevo en el sentido de que se trata con tecnologías y aplicaciones informáticas que no existían sino hasta hace pocos años.

¿Qué tecnologías? Las comunicaciones vía Internet, sean éstas a través de correo electrónico o cualquier otro medio de transferencia de archivos o datos, han permitido que la información se mueva con seguridad a un paso increíblemente veloz. También el comercio electrónico, que aún se encuentra en infancia, pero indiscutiblemente cambiará la forma de hacer negocios en un futuro próximo. Estos dos factores juntos nos dan una estructura que permitirá a múltiples compañías tratar con otras de una forma que nunca había sido posible sino hasta ahora. Esto es algo ya lejano a la simple transferencia electrónica de datos. Los proveedores hablan a sus consumidores y a los consumidores de los consumidores para servir mejor a sus necesidades. SCM está permitiendo que entidades individuales y separadas traten entre sí de una manera vertical.

Como ya se ha expuesto, conforme MRP II evolucionó hacia el ERP, muchas características los ha situado en lugares distintos. ERP es capaz de manejar una gran organización con múltiples plantas y sitios de operación, incluyendo un conjunto de aplicaciones de las cuales muchas ya ni siquiera tienen que ver directamente con el MRP II.

Esto mismo sucede conforme nos movemos del ERP al SCM. Muchos "expertos" (nuevamente) dirán que SCM es una nueva invención, algo totalmente sin igual, tal como sucedió al pasar de MRP II a ERP. Querrán hacernos creer que todo lo que una compañía posee actualmente es ya obsoleto y que debe ser reemplazado por SCM. Sin embargo, son sólo

algunas nuevas características las que hacen diferentes a SCM del ERP. Más que cambios radicales en la funcionalidad del sistema, SCM tiene nuevos refinamientos y aplicaciones de tecnología.

Estas características incluyen:

- **Información de inventarios unificada y uniforme:** La habilidad de los proveedores y consumidores para ver los datos de inventarios del otro y reaccionar ante ellos. El intercambio puede incluir cuestiones como la administración directa del inventario por parte del proveedor, programas de reabastecimiento automático, o variaciones de ambas.
- **Comercio electrónico (e-commerce):** El comercio electrónico es el uso de tecnologías de comunicación para transmitir información y realizar transacciones de negocio. Tomar una orden vía telefónica es una forma simple de comercio electrónico. El comercio vía Internet también es comercio electrónico, pero los intercambios comerciales en Internet son sólo una de las muchas formas avanzadas de comercio electrónico, el cual utiliza diferentes tecnologías, aplicaciones informáticas y procesos de negocio integrados para unir empresas. El comercio electrónico de negocio a negocio se enfoca en transacciones y comunicación, específicamente el intercambio electrónico de información, bienes, servicios y pagos. Los procesos de negocio clave manejados por medio de comercio electrónico incluyen compras, registro de pedidos, procesamiento de transacciones, pagos, datos de inventario y soporte al consumidor.

Esta nueva modalidad comercial constituye, por un lado, el refinamiento tecnológico de las aplicaciones informáticas para la creación y liberación de órdenes de compra o de venta, y por otro lado, una forma totalmente nueva en que los consumidores llegan al manufacturero directamente (haciendo a un lado a los intermediarios).

- **Copporación vertical virtual:** La habilidad que tienen muchos miembros de la cadena de suministro para actuar virtualmente como una sola organización, más que como componentes separados, intercambiando datos, transformándolos y comunicándolos al siguiente nivel. Por ejemplo, un vendedor que pasa la información al mayorista, quien la transforma y la envía a la compañía que realiza el acabado de los productos, quien la

transforma y a su vez envía esa información al manufacturero, etc., dentro de un mismo sistema.

El comercio electrónico y otras aplicaciones basadas en Internet son totalmente nuevos, pero son únicamente una parte de SCM. A muchos proveedores y consultores de software para negocios les gusta engrandecer la definición de SCM conforme las aplicaciones se mueven del software tradicional a aplicaciones basadas en objetos. Mientras que el concepto de aplicaciones basadas en objetos es atractivo debido a su portabilidad, conectividad y su habilidad para agrupar fácilmente objetos previamente programados con pequeñas adecuaciones, este concepto tiene en realidad poco que ver con SCM. En realidad tiene que ver con la evolución natural de los sistemas, las técnicas de desarrollo y los nuevos enfoques de sistemas informáticos.

La parte realmente difícil de la administración de cadenas de abastecimiento es, valga la redundancia, la administración real. Es naturalmente complicado para los gerentes de operaciones de compañías separadas trabajar juntos para optimar la cadena completa. Ellos tienen su propia pieza (aunque sea pequeña) para cuidar y optimar, aunque sepan que lo mejor para la cadena completa muchas veces no es lo mejor para cada uno de los eslabones. Y, por supuesto, la mayor parte de las compañías no tienen una sola cadena, sino que son proveedores de varios clientes, y clientes de muchos proveedores. Sin embargo, el desarrollo de sistemas que permitan integrar a las cadenas más fácil y rápidamente es un paso importantísimo en la búsqueda de cadenas mejor administradas.

Pero, nuevamente, sin importar cuál nombre o acrónimo se utilice, la base siempre será importante. Las compañías deben ser capaces de hacer lo básico: Tomar una orden, dar una fecha prometida de entrega exacta, fabricar los productos correctos, asignar y comprometer inventarios apropiadamente, entregar eficientemente, y hacer todo ello de manera efectiva con respecto a los costos al mantener lo más bajo posible a los inventarios. Cualquier sofisticación

que se añada a la base para mejorar es buena, pero si la compañía no puede cumplir con las cosas simples, no existe camino alguno por el cual pueda soportar las nuevas y complicadas aplicaciones de software o tecnologías de punta.

Ahora bien, aun siendo capaz de manejar lo simple de una forma adecuada, para entrar al juego de SCM, hay un cierto número de cosas que son inevitables:

- Estar cerca de los consumidores
- Reducir desperdicios (tiempo, gastos, inventarios) en la cadena de abastecimiento
- Acceso a las tecnologías de información entre proveedores y clientes
- Sociedades más estrechas y coordinación vertical virtual

Al final ello es similar a comprar una nueva computadora personal. No se puede esperar por el modelo más nuevo, rápido, barato y eficiente. Tan pronto uno compre alguno, habrá uno mejor. Pero es necesaria una aplicación lo suficientemente eficiente y robusta si se desea entrar al juego de la administración de cadenas de abastecimiento.

### **4.3 Ejemplo práctico de un sistema MRP II: GEMMS**

#### **4.3.1 Descripción del sistema**

##### **4.3.1.1 Generalidades**

GEMMS – Global Enterprise Manufacturing Management System

GEMMS es una aplicación de manufactura integrada por computadora que posee las características propias de un sistema ERP. Fue desarrollada inicialmente por Datalogix International, y actualmente es propiedad de Oracle Corporation. GEMMS es un conjunto de módulos especializados para satisfacer los requerimientos de datos específicos de las empresas de fabricación por procesos, tales como fabricantes de productos alimenticios, bebidas, químicos, farmacéuticos y de mercancía de consumo empaquetada. GEMMS apareció en el mercado estadounidense en 1984 y se ha implantado exitosamente en más de 180 compañías industriales dentro de ese país, Europa y Latinoamérica.

Entre esas compañías destacan:

<u>Compañía</u>	<u>Fabricante de:</u>
Kellogg	Cereales
Dannon (Groupe Danone)	Lácteos
Land O'Lakes	Lácteos
Biogen	Productos farmacéuticos
GE Plastics	Plásticos y silicones
Sara Lee Bakery	Postres
J. M. Smucker	Conservas de fruta
Sherwin Williams	Pinturas automotivas
Frito-Lay	Botanas saladas
Nike Japan	Zapatos y ropa atlética
Revlon NY	Cosméticos
Starbucks	Café

Y en México, GEMMS se ha implantado exitosamente en:

<u>Compañía</u>	<u>Fabricante de:</u>
Kellogg de México	Cereales
GE Plastics México	Plásticos y silicones
Gamesa	Galletas
Sabritas	Botanas saladas

El nombre original de GEMMS se conservó hasta la versión 4.10, lanzada al mercado en 1997. Sin embargo, a partir de la versión 11.0, lanzada al mercado a principios de 1999, el nombre de GEMMS cambió a Oracle Process Manufacturing.

#### 4.3.1.2 Objetivos de GEMMS

Al adaptar flexibilidad y un diseño basado en *Prácticas de Clase Mundial*<sup>10</sup> en el negocio y en los procesos de manufactura, GEMMS permite estandarizar las operaciones empresariales de los fabricantes multinacionales, multi-idiomas y multi-divisas de hoy en día. Es una herramienta informática que ayuda a satisfacer las crecientes demandas de servicio, calidad y costo por parte de los clientes, con máxima eficiencia y sencillez. También permite sincronizar

todas las operaciones de la compañía, desde el desarrollo de productos, a la fabricación y logística, hasta la administración financiera. GEMMS da un conocimiento oportuno de lo que sucede en toda la cadena de abastecimiento y brinda la posibilidad de hacer cambios rápidos y significativos cuando se necesiten.

Las metas de una implantación exitosa de GEMMS son:

- Satisfacer de la demanda de los consumidores de productos, con calidad y consistencia, logrando ciclos de órdenes más cortos y costos reducidos.
- Permitir un control total sobre la cadena de abastecimiento de la compañía.
- Expandir la planeación y el control de la manufactura a toda la compañía.
- Mejorar el servicio al cliente a través del ciclo de órdenes.
- Incrementar la visibilidad y control financiero.
- Reducir los costos de operación y tiempos de ciclo en todas las áreas donde se implemente.

Esto se traduce, estratégicamente en:

1. Mayor satisfacción de clientes, proveedores y empleados,
2. Mejor administración de materiales y productos, y
3. Aumento en la productividad de los recursos, tanto humanos como materiales.

#### 4.3.1.3 Características técnicas

GEMMS es un *sistema abierto*, es decir un sistema que puede unirse a otro sistema computacional (como un sistema de códigos de barras, por ejemplo) o bien, un sistema al cual pueden añadirse nuevas funcionalidades (como reportes, consultas, módulos, etc), a través de interfases que operan de acuerdo estándares formales, multilaterales y generalmente disponibles de la industria.<sup>11</sup> Utiliza una base de datos relacional y trabaja sobre arquitectura cliente-servidor.

<sup>10</sup> Se ha llamado *Prácticas de Clase Mundial* a lo que hacen las compañías mejor dirigidas del mundo para competir exitosamente en los mercados globales. Los procedimientos que establece un sistema MRP II están considerados como una práctica de clase mundial.

<sup>11</sup> "Formal" implica que el estándar es seleccionado y mantenido utilizando un proceso público estructurado. "Multilateral" implica que el estándar no es controlado por un sólo proveedor. "Generalmente disponible" implica que las especificaciones han sido publicadas y que cualquier persona puede obtener licencias y derechos de uso. (The Gartner Group Glossary)

#### 4.3.1.4 Características funcionales

GEMMS posee las siguientes características generales:

- Manejo integral de múltiples compañías, plantas y centros de distribución.
- Multi-moneda, multi-lenguaje y multi-medidas
- Capacidad para manejo de distintos ambientes de manufactura: Flujo, por lotes o Discreto.
- Manejo agregado de programas e inventarios provenientes de distintas plantas.
- Soporte de planeación y logística centralizado y descentralizado.
- Genealogía y rastreabilidad de lotes de inventario.

El sistema es capaz de manejar información sobre cuatro categorías funcionales de negocio: Planificación empresarial, Fabricación y logística, Desarrollo de productos y Administración de sistemas. Este trabajo lo hace a través de 18 módulos completamente integrados entre sí:

- Administración del Sistema
- Administración de Inventario
- Inventario Físico
- Administración de Fórmulas
- Administración de Producción
- Control de Operaciones de Procesos (POC)
- Pronósticos
- Programación Maestra de Producción (MPS)
- Planificación de Requerimientos de Materiales (P/MRP)
- Planeación de los Requerimientos de Capacidad (P/CRP)
- Administración de Compras
- Administración de Ventas
- Impuestos
- Control de Calidad
- Laboratorio
- Administración de Costos
- Control Contable de Manufactura

- Integración con las aplicaciones financieras *Oracle Financials*: Oracle Accounts Payable (Cuentas por Pagar), Oracle General Ledger (Contabilidad General) y Oracle Accounts Receivable (Cuentas por Cobrar).

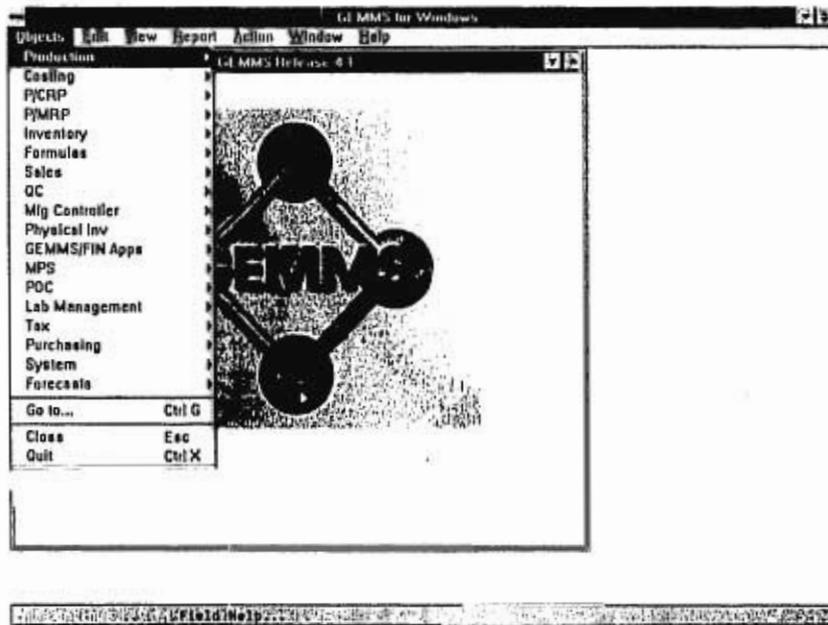


Figura 4-2: Menú principal de GEMMS

En la siguiente página se muestra un diagrama con los distintos módulos de GEMMS y sus interrelaciones

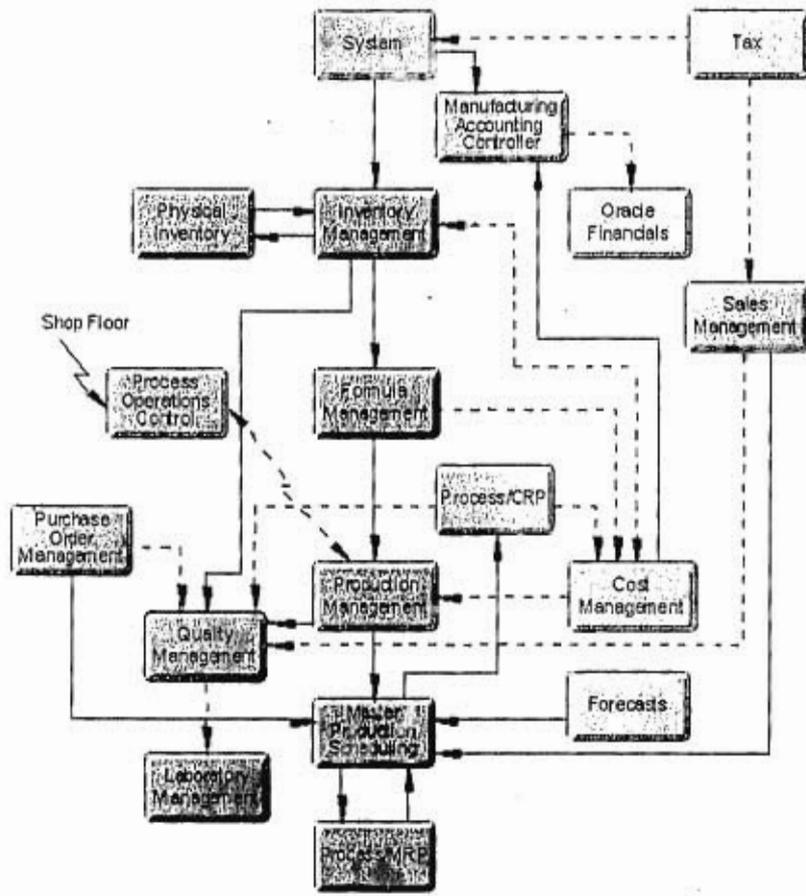


Figura 4-3: Relaciones funcionales entre los módulos de GEMMS

Como observamos en las figuras anteriores, además de los módulos propios para administración de manufactura, GEMMS está preparado para integrarse inmediatamente con las aplicaciones de administración financiera *Oracle Financials*, y así ofrecer una solución empresarial completa.

A continuación se describe la funcionalidad de cada módulo y la manera como se relacionan con los demás:

**Administración del sistema (*System*):** En este módulo se definen los niveles de acceso a la información que tendrán los usuarios, así como los datos fundamentales para operación del sistema: estructura organizacional, códigos geográficos, idiomas, unidades de medida, formatos, orden y numeración de transacciones, etc. Además, tiene otras herramientas para lograr una operación eficiente y segura de todos los demás módulos.

**Administración de inventario (*Inventory Management*):** Permite mantener cantidades exactas de inventario, compromisos y localización de sus artículos por ubicación, almacén, lote, estado de lote y grado de calidad. Para ello, es necesario definir todas las entidades relacionadas al manejo de inventarios de la compañía, tales como almacenes, ubicaciones de almacenes, artículos, reglas de reorden, parámetros de calidad (vida de anaquel, control por lote, grados de control de calidad, etc.). Estas definiciones se hacen pensando en la planeación y en la operación, pudiendo tener de esta forma definiciones que correspondan a la realidad operacional de la compañía y otras definiciones lógicas o virtuales que correspondan a aspectos de simulación para la planeación futura. Las definiciones hechas en este módulo serán utilizadas por los módulos de Fórmula, Producción, MPS y MRP, y Costos. En este módulo también se realizan transferencias de artículos entre almacenes, ajustes y cambios de estado de lote. Cabe mencionar que cada una de las transferencias o ajustes de inventario tiene un impacto contable automático en base a costos definidos en el módulo de Costos.

**Inventario físico (*Physical Inventory*):** En este módulo se llevan a cabo las definiciones y registros de conteos físicos y de conteos cíclicos de inventarios. Está directamente relacionado al módulo de Inventario debido a que todos los ajustes que se lleven a cabo por cualquier clase de conteo se reflejarán directamente en sus registros.

**Administración de fórmulas (*Formula Management*)<sup>12</sup>:** Permite manejar fórmulas y rutas estándares para planificación corporativa, y fórmulas de planta para satisfacer los

---

<sup>12</sup> Las fórmulas son recetas o listas de ingredientes que son asociados con cantidades. Una fórmula para la industria de procesos es lo que la lista de materiales es para la industria de ensambles. La fórmula maneja cantidades continuas de ingredientes y productos, mientras que una lista de materiales maneja cantidades

requerimientos locales, disponibilidad de los ingredientes y necesidades de productos. Es así que en este módulo se definen, por un lado, todas las fórmulas que utilizará posteriormente el sistema en los cálculos de MRP, en la definición de órdenes de producción y en los cálculos de costos de materiales y productos. Por otro lado, también se definen las rutas de operaciones que se usarán posteriormente para Control de Operaciones de Procesos (POC), en los cálculos de CRP y en los cálculos de costos de operaciones. Además, deben indicarse las reglas o *efectividades* que deberá seguir GEMMS para el uso de las fórmulas en las distintas organizaciones que se hayan definido en el sistema.

**Administración de producción (*Production Management*):** En el módulo de producción se registran órdenes planificadas en firme (FPOs) y órdenes de producción. También se trabaja con las órdenes de producción que ya se encuentran en proceso, registrando los consumos de materiales, las salidas de productos intermedios o terminados, y los desperdicios. Este módulo proporciona los datos de entrada y salida de ingredientes y productos al módulo de Control de Operaciones de Procesos (POC); también actualiza los registros de inventario de ingredientes al consumirlos, y los registros de inventario de productos al salir del proceso. Para MPS y MRP, el módulo de Producción proporciona datos sobre FPOs abiertas, y órdenes de producción pendientes, en proceso y completas. Al igual que las transacciones con inventarios, las transacciones derivadas de este módulo tienen un impacto contable inmediato, en base a costos definidos en el módulo de Costos.

**Control de operaciones de procesos (*Process Operations Control – POC*):** Tiene una relación directa con el módulo de producción. Éste último se utiliza para el registro de todos los datos relacionados a materiales (consumos, variaciones con respecto a la fórmula, desperdicios, salidas de material, etc.), mientras que el módulo POC es usado para el registro de datos propios de las operaciones (tiempo de utilización de máquina, mano de obra, eficiencias, etc.). Estos registros son utilizados por el módulo de Costos para determinar costos de mano de obra y gastos indirectos.

---

discretas de partes, componentes y productos. Además, la fórmula incluye también datos de calidad para los ingredientes tales como tasas de desperdicio y rendimientos teóricos.

**Pronósticos (*Forecasts*):** Este es el módulo más sencillo de todos. En él sólo se registran los pronósticos de venta de productos terminados, y se relacionan al MPS.

**Planificación maestra de la producción (*MPS*):** Este módulo es el centro de las funciones planificadoras de GEMMS. Del módulo de Producción toma datos sobre órdenes de producción pendientes, en proceso y completas. Del módulo de Compras toma datos sobre órdenes de compra pendientes y surtidas. Igualmente, del módulo de Ventas toma los datos sobre órdenes pendientes, órdenes ya entregadas y órdenes con retraso (*backorder*). También, dentro de MPS, se definen los parámetros que tomará MRP para desarrollar su programa de abastecimiento, tales como calendario laboral, horizonte de planeación e intervalos de planeación (días, meses, o años). Estos parámetros se relacionarán directamente a un pronóstico, previamente definido en el módulo de pronósticos, y ellos formarán las entradas que usará MRP para calcular las cantidades y el tiempo para reabastecer los inventarios.

**Planificación de requerimientos de materiales (*P/MRP*):** En este módulo se ejecutan las corridas de MRP. Al ejecutarse cada corrida, MRP toma datos de reglas de reorden previamente definidas dentro del módulo de Inventario. Una vez concluida una corrida, es posible consultar mensajes de acción que sugieren crear o liberar nuevas órdenes, o bien, cancelar o retrasar órdenes ya existentes. También permite ver las actividades globales de negocio en una sola pantalla, para apoyar la toma de decisiones críticas. Se pueden hacer tantas corridas de MRP como uno quiera, llegando siempre a una última corrida de donde se pueden convertir automáticamente los mensajes de acción en órdenes pendientes, ya sean de compra o de producción.

**Planificación de requerimientos de capacidad (*P/CRP*):** Este módulo planifica el trabajo en torno a restricciones de capacidad de uso, sincroniza operaciones y mejora el flujo de producción. Maximiza la utilización de los recursos que permitan cumplir con lo prometido a los clientes. Toma de MPS la información sobre órdenes pendientes y demanda, para compararla contra la capacidad disponible y elegir la mejor forma de producción para satisfacer los requerimientos de los clientes.

**Administración de compras (*Purchasing Management*):** Este módulo maneja información sobre proveedores y proyectos, y él se registran contratos con proveedores, órdenes de compra (pedidos), recepciones de compras, ajustes, rechazos y devoluciones. Estas transacciones son consideradas por MRP al planear el reabastecimiento de materiales o de productos terminados. Las recepciones de compras, ajustes, rechazos y devoluciones tienen un impacto directo sobre la contabilidad de la organización, en base a costos definidos en el módulo de Costos, o bien, en base a los precios de compra.

**Administración de ventas (*Sales Management*):** Este módulo maneja información sobre clientes locales o globales, vendedores, transportistas y precios. En él se capturan órdenes de venta (pedidos de los clientes) y entregas en tiempo real, y se lleva una bitácora sobre el estado de la orden (pendiente, en tránsito, entregada, facturada, pagada, retrasada). Estas transacciones son consideradas por el MPS para determinar la demanda de productos y para comprometer cantidades de inventario a órdenes pendientes. Dichas transacciones también tienen un impacto directo sobre la contabilidad de la organización en base a los precios de venta y a los costos definidos en el módulo de Costos.

**Impuestos (*Tax*):** Este módulo calcula los impuestos de órdenes de venta y facturas. Para ello se registran tasas por ubicación geográfica así como distintos casos de variación que puedan existir en la determinación del impuesto. Dicha información se relaciona con los distintos clientes y órdenes de venta en el módulo de Administración de Ventas.

**Control de calidad (*Quality Control*):** Con este módulo es posible controlar los materiales desde la recepción hasta la entrega a los clientes al visualizar la genealogía de lotes de materiales, de trabajo en proceso y de producto terminado. En él se tiene un archivo maestro de especificaciones de artículos. Al realizar pruebas de calidad se registran las muestras y los resultados de las pruebas, llevándose a cabo una comparación automática con las especificaciones para así determinar cuándo un artículo tiene un buen estado de calidad y cuándo debe rechazarse. Este módulo soporta los requerimientos de ISO-9000 mediante datos de calidad integrados con datos de operaciones.

**Laboratorio (*Laboratory*):** Este módulo calcula propiedades de productos basándose en las propiedades y cantidades de los ingredientes en las fórmulas. Para ello se pueden utilizar fórmulas provenientes del módulo de Fórmulas o dar de alta una fórmula experimental en el módulo de Laboratorio. Se registran distintas propiedades o especificaciones de los artículos para que GEMMS calcule las propiedades de los productos y para simular distintos escenarios posibles, variando las fórmulas o las propiedades de los ingredientes, y ver el impacto en las propiedades de los productos. Una vez determinada una fórmula definitiva, puede transferirse directamente al módulo de Fórmulas para utilizarla en producción y planeación.

**Administración de costos (*Cost Management*):** En este módulo se realiza el registro y cálculo detallado de los costos de materiales y recursos. Evalúa las fórmulas y rutas de producción con el fin de determinar exactamente los costos por productos (intermedios o terminados) y por actividades. Tiene capacidad de manejar costos por el método ABC. También es posible incorporar los gastos indirectos como gastos generales y de depreciación para mejorar el análisis de costos totales. Otra capacidad importante es que permite analizar costos de alternativas para determinar la secuencia de producción más económica, considerando también los cálculos de CRP. Este módulo es fuente de los datos de costos que utiliza GEMMS para valuar y contabilizar las transacciones de compra, inventarios, producción y venta.

**Controlador contable de manufactura (*Manufacturing Accounting Controller – MAC*):** Aquí se definen los parámetros fiscales (moneda funcional, calendario fiscal, método de costos, juego de libros contables, etc.) que utilizarán las distintas organizaciones definidas en el sistema, así como las cuentas relacionadas a transacciones de compras, inventario, producción, costos y ventas. La afectación contable que resulta de las distintas transacciones que se llevan a cabo en un período se registran de manera automática en este módulo; para ello se utilizan directamente los costos definidos o calculados en el módulo de Costos. Una vez realizado ese registro, es posible transferirlo a las aplicaciones financieras Oracle (Oracle Financials) a través de interfases. Si GEMMS no está integrado con Oracle Financials, el Controlador Contable de Manufactura es donde termina el ciclo financiero de GEMMS.

**GEMMS/Oracle Financials:** Este módulo es un administrador de interfases entre GEMMS y Oracle Financials. A partir de aquí GEMMS recibe datos de esta última aplicación (como, por ejemplo, tipos de cambio, términos de pago, códigos de cuentas, etc.) y envía los resultados contables a tres aplicaciones financieras: Oracle General Ledger (GL), que conforma el libro mayor; Oracle Accounts Payable (AP), que conforma el área de cuentas por pagar; y Oracle Accounts Receivable (AR), que conforma el área de cuentas por cobrar. En estas últimas aplicaciones es donde se generan documentos financieros que utilizará la compañía para su control interno: En GL se generan pólizas contables, en AP se generan pagos a proveedores y en AR se generan facturas y registros de cobranza.

#### **4.3.2 GEMMS como parte de un sistema ERP**

En base a las características expuestas, es evidente que GEMMS conforma una aplicación enfocada al área de manufactura. Sin embargo, por ser una aplicación abierta, es posible integrarla con otras aplicaciones que cumplan con funciones que GEMMS no es capaz de realizar. La integración de GEMMS con Oracle Financials es un claro ejemplo de ello.

La combinación GEMMS/Oracle Financials es la más común, pero GEMMS también se ha integrado con otras aplicaciones conocidas. Oracle Corporation, con el afán de ofrecer una aplicación ERP completa para la industria, desarrolló un concepto llamado *Oracle Consumer Packaged Goods (CPG)*. CPG es una aplicación formada por la integración de GEMMS y Oracle Financials con otras aplicaciones conocidas, tales como Manugistics (para planificación de requerimientos de distribución y planificación de la demanda), System ESS (para control de ventas y distribución) e Enterprise MPAC (para mantenimiento de planta).

#### **4.3.3 Ventajas prácticas de GEMMS**

- Es una aplicación específica para la industria de procesos, basada en nomenclatura y prácticas de clase mundial definidas por APICS.
- El costo de implantación es económico, comparado con otras aplicaciones similares.

- 
- Puede implantarse rápidamente.
  - Su interfaz de usuario es muy clara y fácil de aprender.
  - Los módulos son fáciles de utilizar, ocupando poco tiempo para captura de datos, consultas y obtención de reportes.
  - Los datos se encuentran integrados al 100% a través de todo el sistema.

## Capítulo 5

### Análisis de costos y beneficios de un sistema MRP II moderno

Debido a que el enfoque de nuestra tesis no es en un proyecto o situación particular, sino en el uso de los sistemas MRP, resulta difícil realizar un análisis costo-beneficio con cifras concretas. Esto es porque, a final de cuentas, el costo y los beneficios tangibles que proporcione la implantación de un sistema de este tipo serán distintos para cada empresa.

Sin embargo, en esta sección damos algunas cifras y elementos que nos pueden ayudar a dimensionar y comprender la factibilidad de implantación de un sistema tipo MRP II o ERP. Asimismo, planteamos un ejemplo con base en un modelo de implantación propuesto por Oracle Corporation.

#### 5.1 Costos

Una buena forma para clasificar los costos de la implantación de un sistema de este tipo es dividiéndolos en tres categorías: **Cómputo**, **personal** y **datos**.

##### **Cómputo**

1. Nuevo hardware necesario para ERP o MRP II: Servidor, clientes (computadores de escritorio o portátiles), accesorios.
2. Comunicación digital: Redes locales (LAN), redes de área para el caso de interconexión entre distintos sitios (WAN), líneas telefónicas para acceso remoto.
3. Base de datos relacional.
4. Software de aplicaciones ERP, ya sea propio o rentado.
5. Personal de sistemas: Por lo menos un administrador de base de datos (DBA), y programadores para:
  - Instalar el software, ponerlo a trabajar y certificarlo.
  - Si la compañía va a conservar algún sistema, crear las interfases del nuevo software con el sistema existente.
  - Programar nuevo software para reportes o consultas a la medida.
  - Desarrollar documentación

- Dar mantenimiento al sistema

Estas personas pueden ser parte del equipo de la compañía, o ser contratados temporal o permanentemente, dependiendo del tamaño de la empresa y de la complejidad de su sistema.

6. Costos de mantenimiento del software: Soporte técnico (especialmente cuando se trata de una aplicación comercial como SAP u Oracle), actualizaciones, corrección de problemas (bugs), copias de respaldo, etc.

### **Personal**

1. El equipo de proyecto, típicamente formado por un líder de proyecto de tiempo completo y sus asistentes.
2. Capacitación y entrenamiento, tanto para los implantadores como para los usuarios finales del sistema. Si la capacitación es impartida fuera de la compañía, se incurre también en costos de viaje, más una parte proporcional por los días no laborados. También debe incluirse el costo de de manuales y guías para los usuarios finales.
3. Servicios de consultoría: Probablemente el costo más alto y variable, dependiendo del tiempo que se necesite a los consultores y de las necesidades de la compañía, ya que puede requerirse de consultoría enfocada a los procesos del negocio, consultoría técnica especializada en el sistema e, inclusive, consultoría para el desarrollo del proyecto. Si los consultores son foráneos, deben considerarse también los gastos de viaje.
4. Incrementos indirectos en la nómina, ya sea temporales o permanentes. Como ejemplos pueden ser quizá un nuevo planificador con más habilidades para el área de planeación, un nuevo despachador, secretarías que requieran conocer de computación, etc. Para la mayor parte de las compañías que ya tienen un esquema de planeación basado en MRP II, este costo no es significativo. Para aquéllos que no cuentan con una buena función de planeación, este costo será mayor.

### **Datos**

1. Exactitud en el registro de datos de inventario, que puede incluir:
  - Nuevas básculas, lectores láser y cualquier otro equipo nuevo requerido para el registro y control del inventario.

- Costos asociados con redistribución de la planta o de los almacenes, lo cual es algunas veces necesario para crear o consolidar bodegas.
  - Costos por conteos periódicos (ajustes)
  - Otros incrementos por recursos humanos necesarios para lograr y mantener la exactitud de los inventarios.
2. Exactitud en la creación de listas de materiales y estructuras: Para una compañía que no ha utilizado un sistema de planeación MRP, esta labor requiere de bastante trabajo previo. Ello es debido a que deben clasificarse los materiales, partes y componentes, documentar secuencias de fabricación en planta, determinar con exactitud cantidades que se utilizan y tomar decisiones importantes sobre cómo conformar los niveles de cada lista.
  3. Exactitud en las rutas: Al igual que el punto anterior, se requiere de mucho trabajo previo si se trata de una compañía que nunca ha manejado un esquema de planeación basado en MRP.
  4. Otros elementos de datos, tales como pronósticos, órdenes de los clientes, datos de los artículos utilizados (materiales, partes), costos de fabricación, etc.

Todos los anteriores son los principales costos de un sistema ERP o MRP II. En realidad ninguno puede ser eliminado ya que, como se puede apreciar, son costos esenciales. El costo más importante es el de la gente. Si por alguna razón es absolutamente necesario recortar el presupuesto del proyecto, ¿en qué categoría sería menos dañino hacer ese recorte? Lo más recomendable sería hacerlo en lo referente al cómputo. Muchas compañías han logrado ser muy exitosas en el uso de MRP II únicamente con hardware y software muy básicos.

Otra cuestión importante para obtener los costos de una implantación de MRP II o ERP es determinar qué erogaciones se harán una sola vez y qué erogaciones se harán de manera recurrente.

## 5.2 Beneficios

1. Incremento en ventas, como resultado del mejoramiento en el servicio al cliente:
  - Tiempos de entrega más cortos
  - Mayor número de embarques a tiempo

- Disminución de errores en los pedidos
- El hecho de que los vendedores inviertan más tiempo en vender y menos tiempo en monitorear las órdenes y los embarques.
- Respuesta más rápida a problemas

La mejora posible depende del punto de partida. Obviamente una compañía que entrega el 98% de sus órdenes a tiempo no puede esperar un 5% de mejora, pero si no se ha dado previamente una atención especial al mejoramiento del servicio al cliente, entre un 5 y 10% de incremento de ventas en un año sería una estimación conservadora.

2. Reducción de existencias en inventario.

Una reducción del 15% es una buena estimación, pero nuevamente, eso depende de qué tan avanzada se encuentre la compañía en cuestión de planificación y administración de inventarios. Existen casos en los que no está fuera de la realidad esperar hasta un 50% de reducción. Otro ahorro importante se da en el costo de acarreo de inventario, ya que la rotación de ésta aumenta cuando se tiene una mejor programación de la producción. Los costos de acarreo disminuyen típicamente 20% al año. El riesgo de obsolescencia también disminuye al tener menores existencias en el inventario. Y un resultado más: Es posible también que al disminuir el inventario no sea necesario rentar o construir cuando se requieran nuevos espacios de almacén o de oficinas.

3. Incremento en la productividad como resultado del uso de programas válidos. La productividad se incrementa por:

- La entrega de cantidades necesarias de componentes a las áreas de fabricación.
- La reducción de tiempo desperdiciado en expedir órdenes, cortar lotes y cambiar productos por emergencia.
- Un menor requerimiento de tiempo extra no planeado, debido a la visibilidad a futuro que ofrece MRP.

Un incremento en la productividad laboral de entre 10 y 15% es siempre un objetivo razonable y alcanzable. Para muchas compañías la mano de obra directa ya no significa uno de los mayores costos, de tal suerte que un 5% de ahorro es bueno. El ahorro será más

significativo si a través de él es posible retardar la expansión de la planta o la adquisición de nuevos equipos al tener un mejor uso de los recursos existentes. Con un buen control, el equipo perderá menos tiempo por materiales o por mano de obra. La reducción en trabajo en proceso permitirá liberar espacio de almacenamiento para otros propósitos.

4. Ahorros en costos de compras.

Ello se debe al desarrollo de buenas relaciones con proveedores al proporcionarles información más exacta sobre los requerimientos futuros, lo cual a su vez puede ser una base para negociaciones que faciliten precios más favorables. Más aún, los programas válidos computarizados pueden liberar a los compradores de muchos papeles y del tener que expedir continuamente las órdenes, de tal forma que pueden enfocarse más a las partes realmente importantes de sus trabajo: Investigación, negociación, contratación, análisis de valor, reducción de costos, etc. Un ahorro (o más bien, gasto evitado) de un 3% es una estimación realista. Sin embargo, muchas compañías han logrado reducciones mayores al 7%.

5. Mayor control de calidad.

Las aplicaciones MRP II actuales permiten tener un control por lotes a través de la cadena completa, es decir, desde la recepción de los materiales hasta la entrega de los productos. Ello permite una rastreabilidad rápida y completa para tomar acciones referentes a la calidad, ya sea en los materiales o los procesos.

Por otro lado, uno de los resultados de manejar programas válidos es el tener un ambiente más estable, lo cual puede significar un menor desperdicio debido a errores. Reducir los picos de final de período –en los que en algunos casos llegan a ser 75 u 80% de los envíos se realizan en la última semana del mes- puede también significar en algunos casos una reducción de costos por garantía de entrega de pedido.

6. Reducción de costos de distribución debida a una menor necesidad de fletes urgentes. Ello se debe a que se maneja y embarca lo que es necesario, y a que se tiene una mayor capacidad de entregar a tiempo.

7. Eliminación de conteos físicos. Si los números de inventario son lo suficientemente exactos para MRP (hasta un 2% de variación es una medida aceptable), ellos lo serán también para los balances de período. Entonces no es necesario hacer conteos completos continuamente. En un caso extremo, llegaría un momento en que no sería necesario realizar conteos, pero lo más natural es realizar conteos cíclicos en vez de conteos completos. Ello puede significar un ahorro considerable en algunas compañías. Ello puede incluir no sólo los costos del conteo en sí mismo sino también los costos de interrupción de la producción dado que muchas compañías no pueden producir mientras se realiza el conteo.
  
8. Otros beneficios no tangibles:
  - Mayor integración entre áreas al compartir programas, pronósticos e información sobre órdenes en un mismo sistema.
  - Mayor confianza: Los empleados reciben datos claros, eliminando así gran parte de la desconfianza que se tiene al manejarlos informalmente a través de teléfono o papel.
  - Mayor preparación de los empleados: Conocen y aplican conceptos avanzados de planeación y control. Utilizan tecnologías computacionales en su trabajo diario.
  - Capacidad de combinar los datos de la manera más conveniente, ya sea en reportes o en consultas, para así convertirlos en información más rápida y fácilmente.
  - Capacidad de movilidad de los usuarios: Cuando se utilizan las aplicaciones cliente servidor, un usuario puede acceder al sistema desde cualquier computadora conectada a la red de la compañía, es decir, no es necesario que se encuentre en un lugar fijo para consultar o capturar datos.

### **5.3 Ejemplo de un análisis costo-beneficio**

Oracle Corporation ha diseñado una estrategia de implantación rápida de una solución ERP para compañías manufactureras por procesos de tamaño mediano, o bien, para divisiones de compañías más grandes. En este caso se consideran compañías o unidades de negocio que facturen en promedio entre 20 y 500 millones de dólares al año. Oracle ha llamado a este tipo de implantación *Fastforward Process Manufacturing*, y está formada por la integración de

Oracle Process Manufacturing (el sistema que en su versión anterior se llamaba GEMMS) y las aplicaciones financieras Oracle Financials. Se trata de una solución “prefabricada”, a precio y tiempo fijos, que incluye el software, los servicios de consultoría, entrenamiento y soporte técnico. La idea es utilizar procesos de información estandarizados, lo cual reduce substancialmente la complejidad y el riesgo asociados con una implantación tradicional de gran escala. La meta es entregar al sistema en 100 días laborales o menos, con funcionalidad suficiente para 2 ó 3 años. Existe un plan para un máximo de 25 usuarios finales (es decir, 25 licencias de uso) y otro para un máximo de 50.

**Elementos**

Los elementos que Oracle ofrece para de una implantación de este tipo son:

1. Instalación del administrador de aplicaciones en el servidor (Oracle Applications Server) y herramientas para desarrollo.
2. Aplicaciones:

**Oracle Process Manufacturing versión 11**

Administración de Costos  
 Controlador de Manufactura  
 Administración de Inventario  
 Administración de compras  
 Ventas  
 Administración de Fórmulas  
 Administración de Producción  
 MPS  
 MRP  
 Sistema

**Oracle Financials versión 11**

Contabilidad General  
 Cuentas por Pagar  
 Cuentas por Cobrar  
 Activos Fijos  
 Compras

3. Servicios de Consultoría: Incluye un equipo formado por especialistas en cada módulo para sugerir y asistir en el desarrollo de modelos de procesos funcionales, y a un gerente de proyecto para planear y coordinar las tareas diarias de los miembros del equipo. Este gerente es también responsable del aseguramiento de calidad del trabajo realizado y el principal punto de contacto con el cliente.

4. **Capacitación:** 15 días de entrenamiento para el equipo del proyecto, ofrecido por entrenadores de Oracle en el sitio de la compañía. También incluye el acceso permanente a un archivo de información que contiene documentos, manuales, guías y presentaciones para entrenamiento de usuarios finales y para soporte posterior.
5. **Soporte Técnico:** Un año de asistencia via telefónica y via INTERNET, ofrecido por analistas de Oracle, las 24 horas durante los siete días de la semana. Este producto es llamado OracleSILVER Suppot.

**Prerrequisitos que la compañía debe cumplir:**

1. **Recursos humanos:**
  - Un gerente de proyecto
  - Un líder funcional de tiempo completo
  - Un administrador de sistemas
  - Un administrador de red
  - Un administrador de base de datos

(En algunos casos, estas tres últimas funciones son cubiertas por una sola persona).
2. **Infraestructura:** Debe existir o haber planes de comprar o construir un ambiente cliente-servidor apropiado, con hardware y red instalados, así como un espacio físico asignado exclusivamente para el equipo de implantación durante el proyecto.
3. **Restricciones:**
  - Un máximo de 50 usuarios finales
  - Una sola unidad de negocio (no se trata de una implantación multisitio)
  - Una sola moneda
  - Un solo idioma

**Costo del plan**

Se muestra a continuación el costo del plan (agosto de 1999):

Elemento	Plan para 25 usuarios finales USD	Plan para 50 usuarios finales USD
Software	\$ 125, 325	\$ 245, 650
Soporte Plata (OracleSILVER)	\$ 34, 675	\$ 69, 350
Consultoría	\$ 440, 000	\$ 465, 000
Educación	\$ 55, 000	\$ 70, 000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 665, 000</b>	<b>\$ 850, 000</b>

Con base en esta idea se plantea un ejemplo de análisis costo beneficio utilizando una compañía hipotética. Esto es debido a que no es posible obtener cifras reales de una compañía que haya implantado esta solución anteriormente; son datos de alta confidencialidad. Sin embargo, se ha hecho lo posible por ajustarlos a la realidad.

La compañía de este ejemplo será llamada "Manufacturera Panamericana" y sus características principales son las siguientes:

- Situada en la zona Industrial Vallejo, en la Ciudad de México.
- Ventas anuales: \$120 Millones USD
- Empleados: 700
- Número de plantas: 1
- Productos: A, B y C, de consumo masivo.
- Utilidad antes de impuestos: 14 % de las ventas
- Costo anual de mano de obra directa: \$ 2.5 Millones USD
- Volumen anual de compras (materiales): \$30 Millones USD
- Inventarios actuales: \$ 24 Millones USD

A continuación se presenta el análisis costo-beneficio con base en los datos de esta compañía y considerando cifras planteadas durante el desarrollo de esta sección.

**COSTOS\***

Computo	Una vez	Recurrentes (año 1)	Recurrentes (año 2)	Comentarios
Hardware	\$180,000	\$25,000	\$15,000	Aunque existen algunas computadoras de escritorio, tendrán que comprar nuevas. También se adquirirá un servidor UNIX, "lap tops" y accesorios. Este costo incluye actualizaciones que deban hacerse al equipo en el año 2.
Comunicaciones	\$50,000			Instalarán una red local que abarcará la planta, almacenes y oficinas. Se abrirán también 8 nuevas líneas telefónicas para conexiones remotas.
Software	\$275,650			Se consideran \$30,000 USD de licencias de base de datos más el software ofrecido por Oracle en el plan de implantación. El software propio de cada cliente y de la red se considera como parte del costo de hardware y comunicaciones, respectivamente.
Administración de sistemas y programación	\$40,000	\$15,000	\$15,000	Personal para instalar, modificar, enviar, mantener y documentar el software.
Soporte Técnico	\$69,350		\$47,000	El plan es contar con el soporte OracleSILVER únicamente el primer año, y posteriormente utilizar el servicio OracleBRONZE, que es más barato.
Adecuaciones de infraestructura	\$16,000			Se requiere adecuar una sala con aire acondicionado para el servidor, así como diversos espacios para los distribuidores de red. Se consideran también muebles y remodelaciones necesarias.
<b>TOTAL</b>	<b>\$631,000</b>	<b>\$40,000</b>	<b>\$77,000</b>	
Operación	Una vez	Recurrentes (año 1)	Recurrentes (año 2)	Comentarios
Equipo de proyecto	\$35,000			Un líder de proyecto de tiempo completo, dos líderes por área (manufactura y finanzas) y dos asistentes. Se considera también una parte proporcional de costos de las personas por área que deberán colaborar con el proyecto.
Educación en planta	\$82,000	\$14,000		Se considera el plan de capacitación de Oracle más un curso adicional de MRP ofrecido por APICS cuyo costo es de \$12,000 USD. Durante el año se impartirán otros cursos más sencillos relacionados a MRP y sistemas de cómputo.
Consultoría	\$465,000			Únicamente se utilizarán servicios de consultoría durante el proyecto. Debido a que todos los consultores radican en la Ciudad de México, no se consideran gastos de viaje.
Otros	\$12,000			Acondicionamiento de oficinas, papetería, pago de teléfono, mensajería, gastos de representación, etc.
<b>TOTAL</b>	<b>\$594,000</b>	<b>\$14,000</b>	<b>\$0</b>	
Datos	Una vez	Recurrentes (año 1)	Recurrentes (año 2)	Comentarios
Exactitud de inventarios	\$55,000	\$4,000	\$4,000	Incluye nuevo equipo de lectores láser y una persona adicional para los conteos cíclicos.
Desarrollo de listas de materiales	\$25,000			Las listas tendrán que ser revisadas y reestructuradas. Se requerirán dos ingenieros con experiencia para esta tarea.
Exactitud de rutas	\$25,000			Al igual que las listas de materiales, las rutas habrán de actualizarse. Se utilizará otro equipo de dos ingenieros.
<b>TOTAL</b>	<b>\$105,000</b>	<b>\$4,000</b>	<b>\$4,000</b>	
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$1,330,000</b>	<b>\$58,000</b>	<b>\$81,000</b>	

\* Todas las unidades se encuentran expresadas en Dólares estadounidenses (USD)

**BENEFICIOS\***

Función	Monto	Beneficio	Monto	Beneficio	Comentarios	
Ventas	120000000	3% del 14% de utilidad	\$504,000	4% del 14% de utilidad	\$705,600	La utilidad antes de impuestos es del 14% anual. El primer año se espera un 4% de aumento de ventas por mejoras en procesos de servicio a clientes, y el segundo año un 5% sobre el acumulado.
Productividad de mano de obra directa	2500000	5%	\$125,000	3%	\$71,250	Se reasignará personal a nuevas áreas, evitando así nuevas contrataciones.
Reducción de costos de compras	30000000	2%	\$600,000	2%	\$600,000	Se tiene un plan agresivo de trabajo con los proveedores para lograrlo. Se considera a este costo como fijo para los dos años.
Reducción de inventario	24000000	30% del 20%	\$1,440,000	70% del 20%	\$3,360,000	Se planea decrementar el inventario un 20% en dos años. De esta disminución, el 30% se logrará el primer año, y el 70% el segundo. Existe aproximadamente un 15% de costo de acarreo de inventario, el cual disminuirá proporcionalmente a la disminución de inventario registrada en el año.
		15% del anterior	\$216,000	15% del anterior	\$504,000	
Obsolescencia	240000	20%	\$48,000	20%	\$38,400	Actualmente se quedan obsoletos aproximadamente el 1% de los inventarios. Ello tendrá una reducción más drástica que la del inventario, por lo que se considera el 20% anual.
<b>TOTAL BENEFICIOS ANUALES</b>			<b>\$2,933,000</b>		<b>\$5,279,250</b>	

\* Todas las unidades se encuentran expresadas en Dólares estadounidenses (USD)

**FLUJO DE EFECTIVO**

Año	Ingreso	Acumulado	
0	(\$1,330,000)	(\$1,330,000)	Costo total del proyecto (una vez)
1	(\$58,000)		Costos anuales recurrentes
	<u>\$2,933,000</u>		Beneficios esperados en el año 1
	\$2,875,000	\$1,545,000	Flujo de efectivo total al final del año 1
2	(\$81,000)		Costos anuales recurrentes
	<u>\$5,279,250</u>		Beneficios esperados en el año 2
	\$5,198,250	\$6,743,250	Flujo de efectivo total al final del año 2

Tasa Interna de Retorno (TIR) primer año                      **46.34%**

Tasa Interna de Retorno (TIR) segundo año                      **81.57%**

## Conclusiones

Durante todo este estudio se han presentado diferentes conceptos acerca de un tema específico, pero a la vez muy amplio: el MRP. Se expusieron los puntos más importantes sobre el funcionamiento del sistema y sus aplicaciones en las empresas manufactureras, partiendo desde los antecedentes en modelos de inventario con punto de reorden, hasta su situación actual como parte fundamental de los grandes sistemas computarizados globales, pasando por puntos importantes de la evolución de este sistema y su utilización conjunta con otros métodos o sistemas para control de inventarios igualmente importantes.

Las conclusiones que se llegaron en este estudio son:

Existe en cualquier compañía manufacturera la necesidad de planear y controlar los inventarios, debido a que éstos constituyen un aspecto fundamental para las operaciones y significan una cantidad importante de dinero invertido. Y para ello es necesario tener un sistema, sencillo o complicado, manual o computarizado. Esto último dependerá de las necesidades de cada negocio, pero es un hecho que sin un sistema que permita al menos tener un orden en los inventarios y las operaciones, cualquier manufacturera se encontrará en grave riesgo de fracasar.

No existe un sistema o método para planeación y control de inventarios que sea perfecto. Cada uno de los métodos expuestos en esta tesis tiene ventajas pero también desventajas. El punto más importante radica en conocer los fundamentos de cada sistema, su factibilidad de uso en la empresa, y cómo aplicarlo de la forma más conveniente según las necesidades de ella. No por el hecho de que empresas pequeñas utilicen sistemas poco sofisticados y manuales se puede argumentar que operan de manera obsoleta. El uso de sistemas computarizados avanzados, o parte computarizada y parte manual depende propiamente de la evolución y las necesidades que tenga cada negocio manufacturero.

Se mencionó en los últimos capítulos de la tesis a grandes sistemas de datos modernos, computarizados, capaces de obtener datos muy precisos y confiables, en tiempos muy cortos. Sin embargo, a final de cuentas estos sistemas o métodos son herramientas que serán utilizadas por seres humanos. Los datos que arroje el sistema serán únicamente eso, datos, y las decisiones basadas en la utilización de esos datos (información) es tarea propia de hombres y mujeres. Entonces, el uso de datos para fines convenientes al negocio es tarea única del ser humano, irremplazable por cualquier sistema computarizado.

En la mayoría de los casos prácticos sucederá que un sistema único no es suficiente para resolver las necesidades complejas de los negocios manufactureros actuales. Entonces habrá de buscarse una combinación entre varios sistemas que permita lograr operaciones confiables, eficientes y, por supuesto, rentables.

Ahora bien, hablando concretamente sobre el MRP, que es el tema central de la tesis, tenemos las siguientes conclusiones:

El MRP original planeaba únicamente materiales. Sin embargo, conforme el poder de las computadoras ha crecido y las aplicaciones se han multiplicado, lo mismo ha sucedido con el MRP. Rápidamente consideró, además de los materiales, a los recursos no materiales, y fue llamado MRP II, Planeación de los Recursos de Manufactura. Una aplicación MRP completa incluía veinte o más módulos para controlar el sistema completo, desde el registro de órdenes de venta, hasta la programación, compras, control de inventarios, costos, etc. Hoy en día, MRP II impacta al sistema entero, y ha sido la base para el desarrollo de lo que a últimas fechas se conoce como sistemas de Planeación de Recursos de la Empresa (ERP) y Sistemas de Planeación de Cadenas de Abastecimiento (SCM). Sin embargo, la idea original del MRP permanece, y constituye la base para cualquier sistema de planeación y control computarizado

La principal virtud del MRP es ser un sistema de planeación basado en una lógica muy sencilla que puede aplicarse en todos los negocios manufactureros. Como se mencionó

en el capítulo tres, MRP arroja datos precisos, que pueden ser siempre la base para la utilización de sistemas más avanzados tales como el JIT o como la manufactura síncrona. Es un hecho que el mejor sistema que se conoce en práctica para la planeación de manufactura es el MRP, de ahí que los sistemas MRP han sido instalados universalmente en casi todas las compañías manufactureras, inclusive en aquellas consideradas como pequeñas. La razón de ello es que MRP es un acercamiento lógico y fácil de comprender al problema de determinación de materiales, partes y componentes necesarios para fabricar cada producto terminado. MRP también provee un programa en el tiempo, el cual especifica cuándo se deben ordenar o producir cada uno de esos materiales, partes y componentes.

Los grandes avances tecnológicos en materia de comunicaciones digitales y procesamiento de datos han tenido impacto directo en la administración de manufactura, especialmente en los sistemas de información basados en MRP. Estos avances han sido parte fundamental de los procesos de globalización actuales. Es imposible pensar en una empresa manufacturera globalizada sin información estándar, confiable e inmediata. Y justamente ello es parte de los grandes beneficios que uno de estos sistemas genera.

Un sistema MRP II o ERP tiene la capacidad de unir a distintas personas y áreas de tal forma que todas trabajen hacia un mismo objetivo común, en base a los datos y a las señales que envía el sistema a todas ellas, ya sea en términos de fechas, o en términos de cantidades de inventario, dinero, capacidad de operación, contactos (proveedores, clientes, prestadores de servicios), etc.

Un sistema MRP también constituye un paso formal y necesario para lograr mejores operaciones. Esto es debido a que permite revisar, redefinir y estandarizar procesos de negocio. Esto es, en pocas palabras, una reingeniería. Sin embargo, el MRP por sí solo no constituye un sistema de mejora continua, pero sí puede ser el factor de una gran mejora inicial. De hecho, la implantación de un MRP es, en muchos casos, un determinante para la certificación ISO-9000, tan de moda – pero tan necesaria- en nuestros tiempos.

Con respecto al logro de la Calidad, MRP II no es justamente lo más avanzado que existe, pero puede ser un buen inicio en una compañía que desee adentrarse a ese mundo. Es decir, da señales de falla en materiales o procesos para tomar acciones correctivas. Entonces, por sí solo el seguimiento a un MRP II no logra la Calidad Total. pero, si se acompaña por un compromiso fuerte con la Calidad y un sistema altermo de mejora continua, el MRP serviría entonces como un "monitor" de la Calidad de la compañía, y no un medio para lograrla.

Actualmente estamos viviendo una Era de la Información en todos los aspectos y en el caso particular de la empresas de manufactura estos grandes avances tecnológicos están teniendo un gran impacto en la forma de hacer negocio, y que por supuesto en el futuro estas tecnologías seguirán desarrollando a grado que las empresas las usarán como ventajas competitivas en un mundo cada vez mas competitivo, estandarizado y globalizado. El MRP por lo tanto inmerso en estos sistemas de información sigue siendo una herramienta vigente, poderosa, útil y que seguirá desarrollándose para el beneficio de toda empresa manufacturera.

## **Bibliografía**

1. FOGARTY, Donald W., John H. BLACKSTONE, and Thomas R. HOFFMANN. *Production and Inventory Management*. Cincinnati, OH: South Western Publishing, 1991. 2nd edition.
2. PTAK, Carol A. *MRP and Beyond: A Toolbox for Integrating People and Systems*. New York, New York: McGraw-Hill Book Company, 1997.
3. HERNÁNDEZ, Arnaldo. *Manufactura Justo a Tiempo: Un Enfoque Práctico*. México, D. F.: Compañía Editorial Continental, 1996.
4. MOSKOWITZ, Herbert y Gordon P. WRIGHT. *Investigación de Operaciones*. México, D. F.: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1982.
5. AQUILANO, Nicholas J., Richard B. CHASE and Mark M. DAVIS. *Fundamentals of Operations Management*. Irwin, 1995. 2nd edition.
6. WIGHT, Oliver. *Manufacturing Resource Planning: MRP II*. Essex Junction, VT: Oliver Wight Publications, Ltd., 1984. Revised edition.
7. *APICS Dictionary*, 8th edition. Falls Church, VA: American Production and Inventory Control Society, 1995.
8. AHMADIAN, Ahmad, Rasoul AFIFI, and William D. CHANDLER. *Readings in Production and Operations Management: A Productivity Perspective*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon, 1990.
9. KENWORTHY, John. *Planning and Control of Manufacturing Operations*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd., 1998.

10. GAITHER, Norman. *Production and Operations Management*. Fort Worth, TX: The Dryden Press, 1994. 6th edition.
11. WALLACE , Thomas F..*MRP II: Making it Happen; The Implementer's Guide to Success with Manufacturing Resource Planning*. New York, NY: John Wiley & Sons Inc., 1990. 2nd edition.
12. ORACLE CORPORATION. *GEMMS 4.10.XX User's Guide*. Redwood Shores, CA: 1997.
13. ORACLE CORPORATION. *GEMMS Functional Overview*. Redwood Shores, CA: 1995.
14. ORACLE CORPORATION. *Fastforward Process Manufacturing; a Business Solution for Mid-Sized Process Companies*. Redwood Shores, CA: 1999.

**Anexo****Ejemplo práctico sobre el funcionamiento de GEMMS**

El propósito de este anexo es presentar un ejemplo sencillo sobre el funcionamiento de GEMMS, utilizando los resultados inmediatos de una corrida de MRP. Para ello se han utilizado datos de una conocida empresa manufacturera, líder en el mercado de cereales empacados.

Por motivos de confidencialidad no se presentan reportes utilizados en esa compañía, sino únicamente fotografías de las pantallas que GEMMS muestra normalmente. De igual forma, algunas definiciones numéricas y de nomenclatura han sido alteradas, especialmente en las fórmulas.

El ejemplo se hizo utilizando como referencia un producto terminado, un producto intermedio y tres materiales. Se muestran únicamente los prerequisites esenciales para ejecutar una corrida de MRP, así como sus resultados inmediatos. Es decir, no se incluye ningún aspecto relacionado a cálculos de CRP. La razón por la que sólo se incluyen estos aspectos es, nuevamente, confidencialidad.

El ejemplo consta de los siguientes elementos:

1. Definiciones de parámetros esenciales para el funcionamiento de MRP:
  - Fórmula
  - Reglas de Reorden
  - Reglas de producción (para producto intermedio y terminado)
  - Programa de MPS
2. Un pronóstico de venta.
3. Vistas del MPS para un producto terminado:
  - Actividades planeadas en lista
  - Actividades planeadas en bloque
4. Resultados de MRP. Tanto para los productos como para los materiales se presentan:
  - Mensajes de acción
  - Actividades planeadas en lista.



Este pronóstico está hecho para distintas claves de producto terminado, las cuales corresponden en la realidad a distintas presentaciones de Corn Flakes. Para este ejemplo de MRP tomaremos al producto 001072-000, caja de Corn Flakes 24 x 500 gramos.

El producto tiene dos niveles de formulación. A continuación se presenta la pantalla de GEMMS donde se visualiza dicha fórmula en línea, y en la página siguiente se encuentra en forma de lista de materiales.

GEMMS Release 4.1

Formula: ORD-PL10APCFPST 001072-000 (UPDATE)  
Version: 1

Description:   
Comment:   
Formula Class:

Scale Type:   
Inactive:

#	Item	Description	Quantity	UNIT
1	001072-000	Caja CF 24x500g MEX	1.0000000	UNT
2				

# Products: 1    # By-products: 0    # Ingredients: 0

GEMMS Release 4.1

Formula: ORD-PL10APCFPST 001072-000 (UPDATE)  
Version: 1

#	Item	Description	Quantity	UNIT
1	004072-000	Corn Flakes MEX	12.000000	KG
2	001001-000	liner 72.3cm ca 1.1 MEX	0.271200	KG
3	200121-000	Pleg CF 500g MEX	24.000000	UNT
4	320009-000	PVA blanca MEX	0.002400	KG
5	250105-000	Carr CF 001072 500g MEX	1.000000	UNT
6	120001-000	Alatna MEX	0.000000	KG

Products

#	Item	Description	Quantity	UNIT
1	001072-000	Caja CF 24x500g MEX	1.0000000	UNT
2				

# Products: 1    # By-products: 0    # Ingredients: 0

## INDENTED BILL OF MATERIALS

Organization: MX01

Page: 1  
Date: 08/18/99

Formula : QRO--PL10APCFPST 001072-000 : 1--QRO--PL10A00001 10A 24X500G CF

Effective Type : 0 Production  
Effective Date : 18-AUG-99

Scale Percent: 100

## PRODUCTS:

001072---000 (1 / 1) UNT --- Caja CF 24x500g MEX

Ingredient --- Description	Level	Batch quantity	Formula quantity	Standard UOM quantity
104823---000 : Corn Flakes MEX	1	12.00	12.00	KG
Formula:QRO-CRN01FCFPST 104823-000: 1-QRO-CRN0100001 CF ML EDTA		12.00	100.00	115.45 KG
Byp: 104825-000:Hojuela Maiz Option MEX	2	0.00	0.00	KG
101004-000: Alta fructuosa 42DE MEX	2	0.02	0.18	KG
106025-000: Premezcla 3 NOM 051 MEX	2	0.01	0.11	KG
100000-000: Grit amarillo imp Lauhoff MEX	2	11.69	97.44	KG
101000-000: Azucar blanca popular MEX	2	0.86	7.19	KG
102000-000: Sal Refinada MEX	2	0.34	2.80	KG
106009-000: Premezcla Calpan Foi batch MEX	2	0.01	0.08	KG
102408-000: Malta líquida 75Bx MEX	2	0.42	3.52	KG
106010-000: Premezcla Calpan Foi bulk MEX	2	0.00	0.00	KG
106004-000: Hierro reducido MEX	2	0.00	0.01	KG
101000-000: Azucar blanca popular MEX	2	0.01	0.05	KG
106003-000: Oxido de Zinc MEX	2	0.00	0.01	KG
106050-000: Hierro EDTA MEX	2	0.00	0.04	KG
103231-000: Liner 57.3cm cal 1.8 BHT MEX	1	0.27	0.27	KG
200123-000: Pleg CF 500g MEX	1	24.00	24.00	UNT
320000-000: PVA blanca MEX	1	0.00	0.00	KG
250165-000:Corr CF 001072 500g MEX	1	1.00	1.00	UNT
320001-000: Hotmelt MEX	1	0.03	0.03	KG
300040-000: Polystrech 20pulg MEX	1	0.03	0.03	KG
330025-000: Hoja des univ 112x125cm MEX	1	0.04	0.04	UNT

Como se observa, para poder fabricar este producto se utilizan siete materiales y un producto intermedio, el 104823-000. Este producto a su vez requiere de doce materiales para su elaboración. Para fines del ejercicio sólo usaremos tres de esos materiales: 101004-000 y 106050-000, que se encuentran en el primer nivel de formulación, y el 250165-000, que se encuentra en el segundo nivel.

Cada material y producto manufacturado debe tener definida una Regla de Almacén (*Warehouse Rule*). En esa regla se especifica el almacén donde normalmente se alojará el artículo, los tiempos de carga estándar (ya sea de compra o de fabricación), la regla de reorden bajo la cual MRP considerará el abastecimiento del material, los puntos de reorden, el inventario de seguridad y la clasificación ABC que el artículo tenga dentro de su almacén. A continuación se muestran las reglas de reorden para los productos y materiales considerados.

The screenshot shows a software window titled 'Warehouse Rule' for item '001072-000'. The window contains the following data:

Name:	001072-000	Warehouse:	002
		Caixa CP 24x100g MEX	
		MOQORD Almacén Producto Pasta Quetzaco	(UPDATE)
Safety Stock:	0	UNIT:	
Reorder Point:	0	UNIT:	
Minimum Qty:	0	UNIT:	
Maximum Qty:	0	UNIT:	
Standard Qty:	0	UNIT:	
Reorder Period:	0	Days:	
Fixed Leadtime:	0	Days:	
Var Leadtime:	0	Days:	
Inner Fence:	0	Days:	
Outer Fence:	0	Days:	
Days Supply:	0		
Purchase:	<input type="checkbox"/>		
Produce:	<input type="checkbox"/>		
Transfer:	<input type="checkbox"/>		
Reorder Rule:	<input type="checkbox"/>		
ABC Code:			
SL Class:			
Ship Class:			
Freight Class:			
Count Class:			
Count Date:	001072-000		

GEMMS for Windows

Objects Edit View Report Action Window Help

GEMMS Release 4.1

Warehouse Rules

Item: 104023 000 Case Flakes MEX [UPDATE]  
 Warehouse: 600 MX GRD Alm Materiales Plastic Quetzalten

Safety Stock:	0.000000	KG	ADC Code:	
Reorder Point:	0.000000	KG	GL Class:	
Minimum Qty:	0.000000	KG	Ship Class:	
Maximum Qty:	0.000000	KG	Freight Class:	
Standard Qty:	0.000000	KG	Count Class:	
Reached Period:	0.000000	Days	Count Date:	01/01/1970
Fixed Leadtime:	0.000000	Days		
Var Leadtime:	0.000000	Days		
Inner Fence:	0.000000	Days		
Outer Fence:	0.000000	Days		
Days Supply:	0.000000			

Purchase:   
 Produce:   
 Transfer:   
 Reorder Rule:

Save Field Help

GEMMS for Windows

Objects Edit View Report Action Window Help

GEMMS Release 4.1

Warehouse Rules

Item: 101024 000 Ala Inclusion 420E [UPDATE]  
 Warehouse: 600 MX GRD Alm Materiales Plastic Quetzalten

Safety Stock:	1.000000	KG	ADC Code:	
Reorder Point:	0.000000	KG	GL Class:	
Minimum Qty:	1.000000	KG	Ship Class:	
Maximum Qty:	1.000000	KG	Freight Class:	
Standard Qty:	0.000000	KG	Count Class:	
Reached Period:	0.000000	Days	Count Date:	01/01/1970
Fixed Leadtime:	0.000000	Days		
Var Leadtime:	0.000000	Days		
Inner Fence:	0.000000	Days		
Outer Fence:	0.000000	Days		
Days Supply:	0.000000			

Purchase:   
 Produce:   
 Transfer:   
 Reorder Rule:

Save Field Help

GEMMS for Windows

Objects Edit View Report Action Window Help

GEMMS Release 4.1

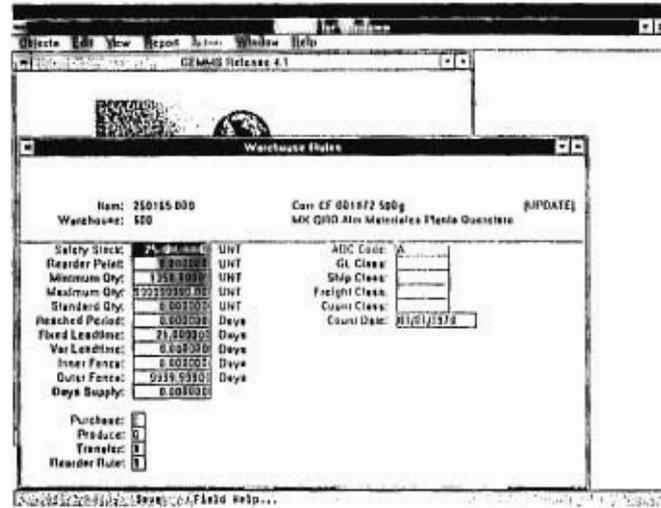
Warehouse Rules

Item: 106050 000 Huevo EOTA MEX [UPDATE]  
 Warehouse: 600 MX GRD Alm Materiales Plastic Quetzalten

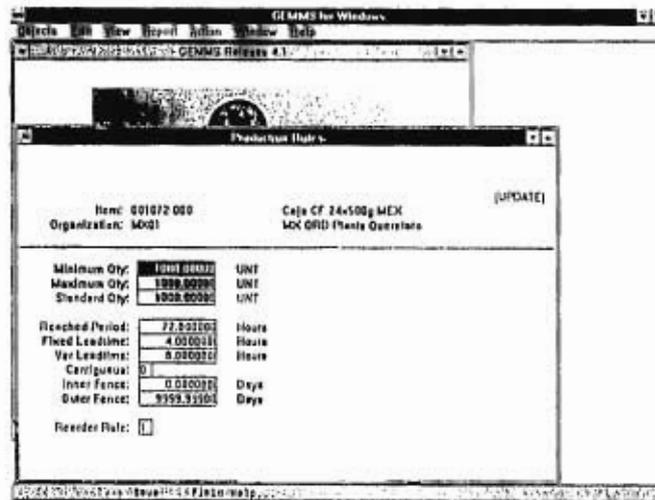
Safety Stock:	250.000000	KG	ADC Code:	
Reorder Point:	0.000000	KG	GL Class:	
Minimum Qty:	1000.000000	KG	Ship Class:	
Maximum Qty:	1000.000000	KG	Freight Class:	
Standard Qty:	0.000000	KG	Count Class:	
Reached Period:	0.000000	Days	Count Date:	01/01/1970
Fixed Leadtime:	10.000000	Days		
Var Leadtime:	0.000000	Days		
Inner Fence:	0.000000	Days		
Outer Fence:	0.000000	Days		
Days Supply:	0.000000			

Purchase:   
 Produce:   
 Transfer:   
 Reorder Rule:

Save Field Help



Además, para los productos manufacturados debe definirse también una Regla de Producción (*Production Rule*). En ella se especifica la planta donde se producirá el artículo, los tiempos de producción fijo y variable, la regla de reorden en base a la cual la planta demandará materiales de los almacenes, y los puntos de reorden para esa demanda. En este caso, sólo los artículos 001072-000 y 104823-000 tienen regla de producción, por ser producidos ambos en la planta de la compañía.



The screenshot shows a window titled 'Production Rules' for item '104823000'. The window contains the following data:

Item:	104823000	Coin Flakes MEX
Organization:	MOQ1	MX GRO (Patria Queretaro)
Minimum Qty:	0.000000	KG
Maximum Qty:	9999999.00	KG
Standard Qty:	0.000000	KG
Reorder Point:	72.000000	Hours
Fixed Leadtime:	0.000000	Hours
Var Leadtime:	0.000000	Hours
Contiguous:	0	
Inner Fence:	0.000000	Days
Outer Fence:	9999.999000	Days
Reorder Rule:	1	

En base a las Reglas de Almacén y las Reglas de Producción, MRP realizará los cálculos de reabastecimiento generando planes o cancelaciones de órdenes, ya sean de compra o de Producción.

Otra definición importante son los Parámetros de Programación para el MPS (*MPS Schedule Parameters*). Estos parámetros incluyen a las fuentes de demanda independiente para productos (órdenes de venta o pronósticos), horizonte de planeación, bloques de tiempo (diarios, semanales, mensuales trimestrales y anuales), calendario de actividades válido, y algunas otras definiciones sobre la forma como MPS y MRP presentarán los planes de reabastecimiento. Luego se ligan al o a los pronósticos existentes. A este respecto cabe señalar que es posible ligar varios pronósticos a un mismo Programa de MPS, así como también es posible tener varios programas distintos. Sin embargo, una corrida de MRP se hará para un solo Programa de MPS. Es decir, si se desea que cada programa genere resultados de MRP, debe hacerse una corrida independiente por cada uno de ellos.



## 2. El MPS

En cualquier momento es posible consultar al MPS para visualizar la demanda existente en el sistema para un producto, así como las órdenes registradas para satisfacerla. Esto quiere decir que el MPS mostrará cualquier tipo de demanda, dependiente o independiente, así como el plan de las órdenes que ya se encuentran dadas de alta en el sistema.

A continuación se muestran las dos vistas del MPS que ofrece GEMMS en pantalla. La primera es llamada Reporte de Actividad de Material (*Material Activity Report*) y presenta una lista por producto de las fuentes de demanda y órdenes existentes en el sistema con sus cantidades planeadas, fechas requeridas y los movimientos futuros de los inventarios.

Date	Desc	Qty	Document No.	Qty	Balance	Customer/Vendor
03/01/1999	FCSI				-23500.00	
03/17/1999	FCSI				-23500.00	

La segunda vista del MPS es una Consulta de Material en Bloques (*Bucketed Material Inquiry*) y simplemente ordena las fuentes de demanda o las órdenes existentes por bloques de tiempo, a manera de flujo desde la fecha actual hasta el límite del horizonte de planeación.

Period:	Thursday	Saturday	WEEK 37	Friday
Date:	03/02/1999	03/04/1999	03/01/1999	03/05/1999
Sales Order:				
Forecast:	23500			735
Sched Inqrd:				
Firm Inqrd:				
Prod Inqrd:				
Total Demand:	23500			735
PO Receipts:				
Req Receipts:				
Sched Prod:				
Firm Prod:				
Prod Prod:				
Ending Bal:	18080.0	-542	-542.0	-542.0
Net SS Reqmt:	742	542.0	542.0	2.0

En ambas pantallas podemos observar que para el producto 001072-000 únicamente existe una demanda generada por los requerimientos del pronóstico. Toma el inventario a mano que se tiene actualmente y sustrae la demanda, mostrando así cuál es el requerimiento necesario para satisfacerla en las distintas etapas. Si existiese alguna orden de producción para ser terminada

en esas fechas, el sistema la mostraría considerando la cantidad producida como un satisfactor de la demanda.

### 3. El MRP

El MRP puede ser corrido tantas veces como se desee. Mientras que el MPS muestra a la demanda y a las órdenes ya existentes en el sistema que permitan satisfacerla, el MRP muestra diversas sugerencias de órdenes, y el resultado que se obtendría si esas sugerencias fuesen órdenes reales. Dicho de otra forma, el MRP mostrará en sus pantallas de consulta los resultados de órdenes simuladas. Sin embargo, MRP también ofrece la posibilidad de aprobar mensajes de acción para convertirlos automáticamente en órdenes planificadas.

Sus cálculos los hace considerando las cantidades de inventario a mano y disponibles, las reglas de almacén y producción, las órdenes ya existentes en el sistema, y, obviamente, en base a la fórmula o fórmulas relacionadas al producto en cuestión.

El MRP tiene tres pantallas de consulta: Mensajes de Acción (*Action Messages*), Consulta de Actividad de Material de MRP (*MRP Material Activity Inquiry*) y Consulta de Actividad de Material por Bloques (*MRP Bucketed Material Activity*).

La pantalla de Mensajes de Acción muestra explícitamente las acciones que MRP recomienda llevar a cabo para un artículo, por cantidades determinadas y a fechas determinadas. También muestra detalles adicionales por cada sugerencia que uno elija, tales como la fuente que provoca la sugerencia de MRP (*Pegging Details*) y detalles sobre datos que el sistema tomaría en cuenta en caso de que se apruebe la sugerencia.

Las otras dos pantalla son muy similares a las del MPS, con la diferencia que en este caso se muestran los resultados simulados de las sugerencias que hace MRP.

A continuación se muestran las tres consultas de MRP para el producto 001072-000, el intermedio 104823-000 y los materiales considerados en el ejemplo, 101004-000, 106050-000,

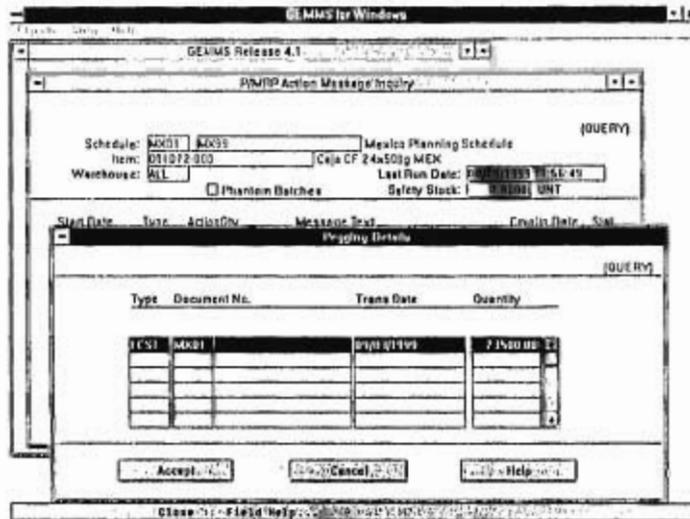
y 250165-000. Cada caso es distinto, por lo que se harán algunos comentarios particulares en cada uno.

### Producto 001072-000

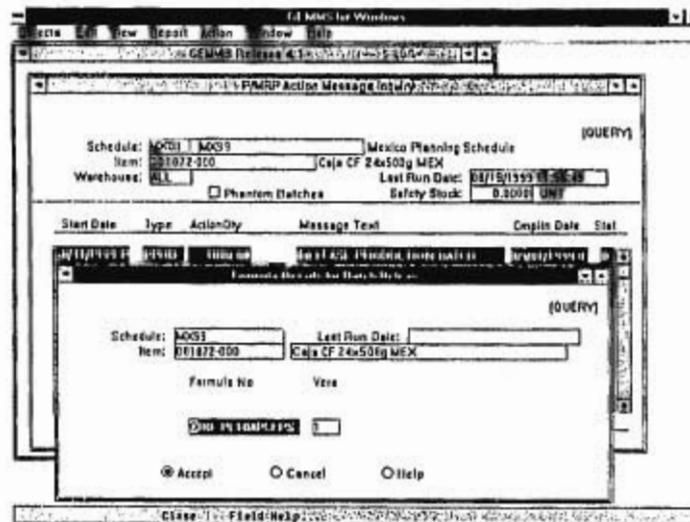
The screenshot shows the 'GEMMS Release 4.1' window with the 'Action Message Inquiry' sub-window. The sub-window has a menu bar (Object, Edit, New, Repeat, Action, Window, Help) and a title bar. Below the title bar, there are several input fields: 'Schedule: M001 | M003 | Mexico Planning Schedule', 'Item: 001072-000 | Caja CP 24x50g MEX', 'Warehouse: ALL', 'Last Run Date: 03/01/1993 11:56:49', and 'Safety Stock: 0.0000 UNT'. There is also a checkbox for 'Phantom Batches'. The main area contains a table with the following data:

Start Date	Type	ActionQty	Message Text	Expire Date	Stat
03/01/1993 0	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/01/1993 0	0
03/01/1993 1	PHRD	0.000	MORE THAN ONE SUPPLY WAREHO	03/01/1993 0	0
03/01/1993 0	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/01/1993 1	0
03/01/1993 0	PHRD	0.000	MORE THAN ONE SUPPLY WAREHO	03/01/1993 1	0
03/01/1993 1	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/01/1993 2	0
03/01/1993 1	PHRD	0.000	MORE THAN ONE SUPPLY WAREHO	03/01/1993 2	0
03/01/1993 2	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/01/1993 3	0
03/01/1993 2	PHRD	0.000	MORE THAN ONE SUPPLY WAREHO	03/01/1993 3	0
03/02/1993 0	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/02/1993 1	0
03/02/1993 0	PHRD	0.000	MORE THAN ONE SUPPLY WAREHO	03/02/1993 1	0
03/02/1993 1	PHRD	1000.00	RELEASE PRODUCTION BATCH	03/02/1993 2	0

Obsérvese que en este caso, las sugerencias son crear varias órdenes de producción (*release production batch*) para satisfacer la demanda del producto. Un detalle interesante es que cada orden sugerida es por 1000 unidades. Este parámetro fue determinado en las reglas de producción, ya que la compañía ha definido que el tamaño de cada orden de producción deberá tener un tamaño de 1000 unidades. También nos da un mensaje que no involucra propiamente a una orden, pero nos indica que, existe más de un almacén a partir del cual se pueden tomar materiales para producir cada lote de producción.



Esta pantalla muestra claramente que la fuente de demanda para las sugerencias es la demanda del pronóstico para el 03/sep/1999.



Esta última pantalla muestra algunos detalles adicionales que el sistema consideraría en caso de aprobar la sugerencia para convertirla en una orden planificada dentro del sistema.

MIP Material Activity Inquiry

Schedule: M031 M033 Mexico Planning Schedule  
 Item: 001077-030 Caja CP 2x500g MEK  
 Start Date: 08/13/1999 MIP Last Run: 08/15/1999 11:58:49  
 Warehouse: R02 MX GPO Almacen Produ Qty On-hand: 18852.00 UNT

Date	Date	Org.	Document No.	Qty	Balance	Customer/Vendor
08/10/1999		PPRO	M001	1000.00	19852.00	
08/17/1999		PPRO	M000	1000.00	20852.00	
08/24/1999		PPRO	M000	1000.00	21852.00	
08/31/1999		PPRO	M000	1000.00	22852.00	
09/07/1999		PPRO	M001	1000.00	23852.00	
09/14/1999		PPRO	M001	1000.00	24852.00	
09/21/1999		FCST	M001	-23500.00	500.00	
09/28/1999		PPRO	M001	1000.00	1500.00	
10/05/1999		PPRO	M001	1000.00	2500.00	
10/12/1999		PPRO	M001	1000.00	3500.00	
10/19/1999		PPRO	M001	1000.00	4500.00	

Esta pantalla muestra la actividad del material en caso de que las sugerencias fueran tomadas en cuenta al pie de la letra.

MIP Material Activity Inquiry

Schedule: M031 M033 Mexico Planning Schedule  
 Item: 001077-030  
 Warehouse: R02 MX GPO Almacen Produ Planta Overland  
 MIP Last Run: 999 11:58:49 Qty On-hand: 18852.00 UNT

Period:	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	WEEK 37
Date:	09/01/1999	09/02/1999	09/03/1999	09/04/1999	09/01/1999
Sales Order:					
Forecast:			21500.0		
Depnd Demand:					
Plnd Demand:			23500.0		
Gross Demand:					
Sched Receipt:					
Sched Prod:					
Plnd Trans:					
Plnd Prod:	3000.0	2000.0	1000.0		8000.0
Plnd Purch:	21000.0	23000.0	100.00	500.00	9500.00
Ending Bal:	21000.0	23000.0	100.00	500.00	9500.00
Net SS Reqmt:					

Otro detalle interesante es que el sistema trata de llevar los inventarios a su mínimo posible, tal como se muestra en esta pantalla. Acumula producción de varios días para entregarla el viernes 03/sep/1999 y quedar en el mínimo posible para ese momento.

Producto intermedio 104823-000

Screenshot of GEMMS software showing a planning schedule for 'Mexico Planning Schedule'. The interface includes a menu bar, a title bar, and a main window with a 'MESSAGE INQUIRY' title. The main window displays a table with columns: Start Date, Type, Action/Qty, Message Text, and Crp/In Date. The table contains several rows of data, including dates from 08/15/1999 to 08/15/1999 and various message types like 'RELEASE PRODUCTION BATCH' and 'INVENTORY SHRIMPAGE'.

Start Date	Type	Action/Qty	Message Text	Crp/In Date	Stat
08/15/1999	PHYS	0.0000	INVENTORY SHRIMPAGE	08/15/1999	0
08/15/1999	PHYS	12000.0	RELEASE PRODUCTION BATCH	08/15/1999	0
08/15/1999	PHYS	0.0000	INVENTORY SHRIMPAGE	08/15/1999	0
08/15/1999	PHYS	12000.0	RELEASE PRODUCTION BATCH	08/15/1999	0
08/15/1999	PHYS	0.0000	INVENTORY SHRIMPAGE	08/15/1999	0

En este caso también se tienen sugerencias para crear órdenes de producción, ya que existe escasez de inventario para satisfacer la demanda.

Screenshot of GEMMS software showing a 'Planning Order' window. The window title is 'MESSAGE INQUIRY' and it displays a table with columns: Type, Document No., Trans Date, and Quantity. The table contains one row of data with values: 0001, M001, 08/15/1999, and 12000.0. Below the table are three buttons: 'ACCEPT', 'CANCEL', and 'HELP'.

Type	Document No.	Trans Date	Quantity
0001	M001	08/15/1999	12000.0

La fuente de la demanda es otra orden de producción, en vez de ser un pronóstico.



Material 101004-000

Schedule: MO01 MO03 Mexico Planning Schedule [QUERY]  
 Item: 101004-000 Alta Inmueble 42DE MEX  
 Warehouse: ALL Last Run Date: 01/19/1999 18:49:07  
 Phantom Batches Safety Stock: 14000.000 KG

Start Date	Type	Action/Dy	Message Text	Cnpts Date	Stat
01/19/1999	SHRT	0.000	INVENTORY SHORTAGE	01/19/1999	1
01/19/1999	SHRT	0.030	INVENTORY SHORTAGE AT INNER T	01/19/1999	1
01/19/1999	PPUR	10000.0	EXCEPTION: RELEASE PURCHASE O	01/19/1999	1
01/19/1999	PPUR	10000.0	EXCEPTION: RELEASE PURCHASE O	01/19/1999	1
01/19/1999	PPUR	3541.20	EXCESS SUPPLY EXISTS, REVIEW S	01/19/1999	1

Ahora observamos que, debido a que el artículo en cuestión es un material, el sistema recomienda liberar órdenes de compra (*Release Purchase Order*), en base a la cantidad de 10000 KG definida en la Regla de Almacén para este material. Sin embargo, el sistema detecta que después del consumo de este material queda una cantidad considerable en existencia, por lo que sugiere revisar las cantidades de reorden.

Schedule: MO01 MO03 Mexico Planning Schedule [QUERY]  
 Item: 101004-000 Alta Inmueble 42DE MEX

Pegging Details [QUERY]

Type	Document No.	Trans Date	Quantity
PRDO	MO01 0000019	01/19/1999	26.944
PRDO	MO01 0000020	01/21/1999	-244.158
PRDO	MO01 0000021	01/21/1999	-378.951
PRDO	MO01 0000022	01/21/1999	-210.291
PRDO	MO01 0000023	01/21/1999	-2000.400
PRDO	MO01 0000024	01/24/1999	-11.188

Ahora se muestran como fuentes de la demanda a varias órdenes de producción existentes en el sistema, en las cuales será utilizado este material. No necesariamente son órdenes relacionadas al producto 001072-000, ya que la alta fructuosa se utiliza en otros productos, y varios de esas órdenes de producción deben corresponder a ellos.

Schedule: M001 M003 Mexico Planning Schedule  
 Item: 001072-000 Alta fructuosa 420E MEX  
 Start Date: 08/09/1999 MRP Last Run: 08/09/1999 18:45:07  
 Warehouse: ALL Qty On-hand: 6152.741 KG

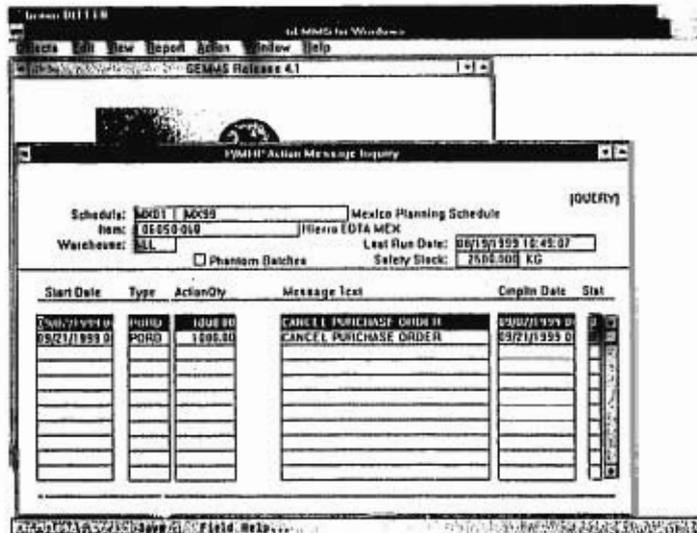
Date	Docu	Org	Document No.	Qty	Balance	Customer/Vendor
08/01/1999	PROD	M001	00000198	-28.934	6125.807	
08/01/1999	PROD	M001	0000182	-268.156	5855.650	
08/01/1999	PROD	M001	0000181	-378.951	5476.699	
08/01/1999	PROD	M001	0000183	-618.291	4858.408	
08/01/1999	PROD	M001	0000175	-3093.408	1772.007	
08/04/1999	PROD	M001	0000211	-72.350	1699.640	
08/04/1999	PROD	M001	0000215	-87.243	1612.397	
08/15/1999	PPUR	M001		10000.00	11612.397	
08/15/1999	PPUR	M001		10000.00	21612.397	
08/15/1999	PRIO	M001		-76.430	21535.967	
08/15/1999	PRIO	M001		-108.361	21427.606	

Dentro de las actividades se muestran a las órdenes de compra con signo positivo, debido a que son un ingreso de producto, mientras que con signo negativo se muestran los consumos del material en las distintas órdenes de producción existentes en el sistema.

Schedule: M001 M003 Mexico Planning Schedule  
 Item: 001072-000  
 Warehouse: ALL MRP Last Run: 08/09/1999 18:45:07 Qty On-hand: 6152.741000 KG

Period:	Friday	Saturday	Sunday
Date:	08/19/1999	08/20/1999	08/21/1999
Sales Order:			
Forecast:			
Urgent Demand:	4540.34		
Prod Demand:		430.56	
Gross Demand:	4540.34	430.56	
Sched Acptd:			
Sched Prod:			
Prod Trans:			
Prod Purch:		20800.0	
Ending Bal:	1632.2	21121.7	21121.7
Net SS Reqmt:	19387.6		

Material 106050-000



En este caso el sistema sugiere cancelar dos órdenes de compra existentes para las fechas consideradas. Esto significa que existe inventario suficiente para cubrir la demanda.



También es posible ver directamente de qué orden de compra se trata.

GEMMS for Windows

GEMMS Release 4.1

Material Activity Inquiry

Schedule: M001 M001 Mexico Planning Schedule  
 Item: 006050 003 Hiera EDTA MEX  
 Start Date: 08/19/1993 MRP Last Run: 08/31/93 10:49:07  
 Warehouse: 500 MK ORD Alm Materials Qty On-hand: 74043.570 KG

Date	Docu	Org	Document No.	Qty	Balance	Customer/Vendor
08/01/1993	PORD	M001	00001183	-81.8076	3881.372	
08/01/1993	PORD	M001	00118179	-417.113	3464.259	
08/04/1993	PORD	M001	00000218	-8.1584	3524.466	
08/19/1993	PHO	M001		-35.2443	3489.223	
09/02/1993	PORD	M001	000529	1808.000	4439.123	6052036 MI
09/15/1993	PORD	M001	000529	1508.000	5987.123	6052036 MI
09/15/1993	PPRD	M001		-2.4393	5984.684	
09/15/1993	PPRD	M001		-4.6721	5980.012	
09/15/1993	PPRD	M001		-4.6721	5975.340	
09/21/1993	PORD	M001	000529	1100.000	6975.340	6752036 MI

Sin embargo, aparte de las dos órdenes de compra que el sistema sugiere cancelar, existen otras órdenes de compra que sí están contempladas en la actividad del material.

GEMMS for Windows

GEMMS Release 4.1

MRP Decked Material Activity

Schedule: M001 M001 Mexico Planning Schedule  
 Item: 006050 003 Hiera EDTA MEX  
 Warehouse: 500 MK ORD Alm Materials Planta Queretaro  
 MRP Last Run: 08/31/93 10:49:07 Qty On-hand: 4043.580000 KG

Period:	Thursday:	Friday:	Saturday:	Sunday:	Monday:
Date:	08/19/1993	08/20/1993	08/21/1993	08/22/1993	08/23/1993
Sales Orders:					
Forecast:					
Depnd Demand:					
Plnd Demand:	35.344				
Gross Demand:	35.344				
Sched Receipt:					
Plnd Receipt:					
Plnd Prod:					
Ending Bal:	3489.12	3489.12	3489.12	3489.12	3489.12
Net SS Receipt:					



Schedule: 0001 14003 Mexico Planning Schedule  
 Item: 50105-000  
 Warehouse: ALL  
 MRP Last Run: 02/19/1999 10:49:07 Qty On Hand: 50056.00000 UNT

Period:	Tuesday:	Wednesday:	Thursday:	Friday:	Saturday:
Date:	02/23/1999	03/01/1999	03/02/1999	03/03/1999	03/04/1999
Balance Order:					
Forecast:					
Depd Demand:					
Prod Demand:	1010.00	3030.00	1020.00		
Gross Demand:	1010.00	3030.00	2020.00		
Sched Req:					
Sched Prod:					
Prod Trans:					
Prod Purch:	1350.00	2700.00	2700.00		
Ending Bal:	70950.00	70500.00	71240.00	71240.00	71240.00
Net SB Reqnt:					

En este ejemplo se han mostrado varias características funcionales de GEMMS con respecto al MRP. Aunque varios mensajes de acción se han observado, existen muchos más, así como también existen muchos más capacidades del sistema. Pero, por lo pronto, este ha sido un ejemplo ilustrativo sobre un sistema que ha sido utilizado exitosamente en una compañía mexicana.