



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**SISTEMA DE PLANEACIÓN
DE REQUERIMIENTOS DE
MATERIALES PARA LA
PEQUEÑA Y LA MEDIANA
INDUSTRIA MEXICANA**

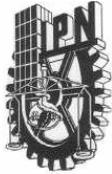
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
P R E S E N T A
ING. RAMÓN ENRIQUE ALDANA CABRERA



DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE ROJAS RAMÍREZ

CODIRECTOR DE TESIS: M. en C. CARLOS VERA REZUSTA

México, D. F., 2004.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 13:30 horas del día 11 del mes de Noviembre del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada Por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la E. S. I. M. E. para examinar la tesis de grado titulada:

“SISTEMA DE PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA LA PEQUEÑA Y LA MEDIANA INDUSTRIA MEXICANA”

Presentada por el alumno:

ALDANA

Apellido paterno

CABRERA

materno

RAMON ENRIQUE

nombre(s)

Con registro:

A	7	2	0	1	7	5
---	---	---	---	---	---	---

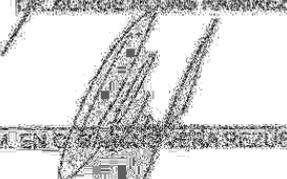
Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

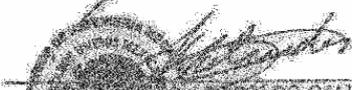
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

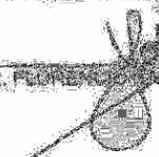

 DR. JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ

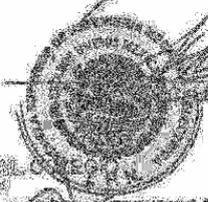

 DR. MANUEL GONZÁLEZ HERNÁNDEZ


 M. EN C. MARÍA TERESA REJISTA


 DRA. ELVIRA AVILÉS VÁZQUEZ


 DR. POLIDO GALINDO SORIA


 DR. FERNANDO SÁNCHEZ SILVA



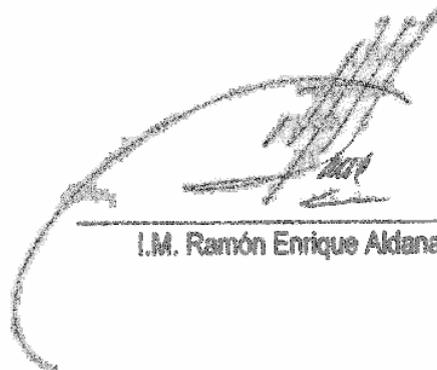


INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 12 del mes de Noviembre del año 2004, el que suscribe Ramón Enrique Aldana Cabrera alumno del Programa de Maestría en Ingeniería de Sistemas con número de registro A720175, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor intelectual del presente Trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Jorge Rojas Ramírez y cede los derechos del trabajo intitulado: "Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales para la Pequeña y Mediana Industria Mexicana, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, graficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: raldana@correo.ulsapachuca.edu.mx . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



I.M. Ramón Enrique Aldana Cabrera

Dedicatorias

Los años pasan como cuando uno quiere detener el agua entre las manos, rápido y sin darse cuenta, pero aunque uno no se dé cuenta del pasar del tiempo, en el final de la jornada, se da uno cuenta del trabajo realizado y de quienes fueron los que más influyeron en su vida personal y profesional.

De esta forma, a los primeros que quiero dedicar este trabajo es a aquellos que fueron mis maestros en la Sección de Graduados de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, a los cuales nombro por orden alfabético porque espero que si leen este documento, sepan que sus esfuerzos serán siempre recordados, gracias queridos maestros:

Elohím Jiménez López,

Carlos Vera Rezusta,

Isaías Badillo Piña,

Jorge Salas Tora,

Javier Fernández Pacheco,

Manuel González Hernández,

Octavio Porras

También debo dedicar este trabajo a aquellos que me ayudaron ordenar mis ideas profesionales de 40 años en la manufactura para poderlas plasmar en algo que espero pueda servir a otros. Sin la motivación para realizar el trabajo del maestro Vera Rezusta, éste nunca se hubiera realizado, la paciencia, conocimientos y comprensión del doctor Jorge Rojas fueron clave en la realización de la parte estructural del trabajo.

Mi familia ha sido inspiración para todo lo que he hecho y sigo haciendo en la vida, a ellos en especial les dedico este trabajo.

Y a Chabelita, que ya desfalleciendo me da alientos y fuerza para seguir en la lucha de la vida y profesional.

SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA LA PEQUEÑA Y LA MEDIANA INDUSTRIA MEXICANA

RESUMEN

El sistema de planeación de los requerimientos de materiales que se ha desarrollado en el presente trabajo no es solamente un programa de cómputo, sino que es además una metodología de trabajo y comprende la integración de las funciones básicas de la administración de un sistema de producción.

En todo sistema industrial, la compra, el uso y el manejo de las materias primas que, dentro de un proceso, se transforman en los bienes que se ofrecen para cubrir las necesidades de su entorno, se convierten en información vital que incide en el desempeño del proceso industrial. Las empresas económicamente poderosas recurren a la adquisición de paquetes informáticos para la administración de sus materiales, mientras que la pequeña y la mediana industria enfrentan la dificultad del acceso a esta tecnología.

El Instituto Politécnico Nacional, ha sido siempre promotor de tecnología que pueda estar al alcance de aquellas empresas que no tienen los recursos para importarlas o comprarlas a los costos que se ofrecen en el mercado nacional. De esta manera, a través de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME, el Instituto genera proyectos que puedan ser ofrecidos a la pequeña y la mediana industria del país.

El proyecto denominado “Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales para la pequeña y la mediana Industria Mexicana” se ha realizado con el propósito de poder llevar este tipo de tecnología a costos accesibles a la pequeña y la mediana industrias. Con este proyecto no sólo se pretende desarrollar el sistema de información, sino también afirmar las bases para poder hacer accesible la filosofía de trabajo y la tecnología a estas industrias pequeñas que por sus recursos y estado actual en uso de tecnología no tienen acceso a ellas.

El proyecto es una aplicación que se desarrolla en tecnología para Internet en un ambiente de “ventanas” y con un manejo de bases relacionales, mediante un servidor Web que permite confidencialidad de los datos a las diferentes empresas que usen el sistema.

Para la realización del sistema propuesto en este trabajo, se ha considerado fundamental para que sea operativo en la práctica, el tomar como base metodologías sistémicas, tanto para el enfoque general, como el contingente y el de análisis de los elementos. De esta forma, se busca un sistema adecuado a las condiciones particulares de su entorno.

Después de presentar al sistema de producción como un sistema integral, que actúa con su entorno, se definen las interacciones de los elementos del sistema, usando el punto de vista contingente, para posteriormente describir los algoritmos propuestos, que son base para la creación del denominado *Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales para la pequeña y la mediana Industria Mexicana (PRM-PYME)* y, finalmente, se ilustran sus ventajas a través de sus aplicación a dos casos de ejemplo.

México, D. F., octubre de 2004.

Ramón E. Aldana Cabrera

MATERIAL REQUIREMENT PLANNING SYSTEM FOR THE MEXICAN SMALL AND MEDIUM INDUSTRY

ABSTRACT

The materials requirements planning system proposed in this thesis is not only computer software, but it should be considered also as a working philosophy and comprising basic functions integrations to manage a production system.

In any industrial system, raw materials purchasing, handling, processing, and conditioning, in order to get goods to be offered to the market needs, are essential information that affects the industrial process performance. Enterprises with economical power buy software for a better materials management, while little and medium industries shows difficulties in accessing this technology.

The Instituto Politécnico Nacional has always been a means to transfer technology to the small Mexican industries, especially those with reduced financial resources that cannot buy or acquire modern technology, due to economical circumstances. Considering this, the Instituto, through the Graduate Studies and Research Department of the Superior School of Mechanical and Electrical Engineers, is often developing projects to be offered to the small and medium Mexican industry.

The “Materials Requirement Planning System for the small and medium Mexican industry” project intention is to transfer this type of technology at such a cost that could be affordable by companies of this kind. This project deals not only with establishing the basis to develop a software package, but with creating the foundations to make this type of technology and administration skills accessible to the small and medium Mexican companies, in despite of their financial conditions, reinforcing its technological knowledge with production technologies, in order to achieve a more competitive level.

The result of this project is an application developed for Internet in a Windows environment using relational databases running in a web server that allows data warehousing with redundancy and safety.

In order to build the proposal of this work to get an operational system in practice, it has been considered as the foundations to use systemic methodologies, in the general approach, as well as the contingency approach and the system’s elements analysis. Under this assumption, the projected outcome is a system working according to the particular environment conditions.

After presenting the manufacturing system under an integral approach and interacting with the environment, under the contingency approach the interactions among the system’s elements are defined. Based on this, the proposed algorithms are described, which support the Materials Requirements Planning System, named PRM -PYME. Finally, its benefits are illustrated through the application to two case examples.

Mexico City, October 2004.

Ramón E. Aldana Cabrera

ÍNDICE

<i>Dedicatorias</i>	<i>iv</i>
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	XIII
<i>Antecedentes</i>	<i>xiii</i>
<i>Justificación</i>	<i>xiv</i>
<i>Objetivo general del proyecto de tesis</i>	<i>xvi</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>xvi</i>
<i>Metodologías empleadas y resultados esperados</i>	<i>xvii</i>
CAPÍTULO 1 IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES	1
1.1. ANÁLISIS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN	1
1.2. ENFOQUE METODOLÓGICO PARA EL PLANTEAMIENTO.....	9
1.3. FUNCIONES DE LOS SUBSISTEMAS DE LA ORGANIZACIÓN.....	10
1.4. ANÁLISIS DEL FLUJO DEEFECTIVO EN EL PROCESO	12
1.5. PRINCIPIOS DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES	15
1.5.1. <i>El uso de MRP</i>	15
1.5.2. <i>Entradas del sistema MRP</i>	17
1.5.3. <i>Incorporación a MRP de principios de JAT y OPT</i>	18
CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES EN INDUSTRIAS MEXICANAS	23
2.1. ENFOQUE CONTINGENTE DEL PROBLEMA.....	23
2.2. CONSIDERACIÓN DE METAS Y VALORES.....	24
2.2.1. <i>Industria de la guerra</i>	24
2.2.2. <i>Competencia comercial</i>	25
2.2.3. <i>Escala de valores</i>	25
2.2.4. <i>Nacionalismo y políticas</i>	25
2.3. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS TÉCNICOS.....	26
2.4. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS PSICOSOCIALES	30
2.5. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	30
2.6. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS ECONÓMICOS.....	31
2.7. DIAGNÓSTICO.....	33
CAPÍTULO 3 UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA LA PEQUEÑA Y LA MEDIANA INDUSTRIA EN MÉXICO .	35
3.1. CONCEPTO DEL SISTEMA.....	35
3.2. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA PROPUESTO.....	37

3.2.1. Aspectos económicos de la propuesta.....	37
3.2.2. Aspectos técnicos del sistema.....	37
3.2.3. Estructura de la propuesta.....	38
3.3. CATÁLOGOS.....	40
3.3.1. Catálogo de artículos.....	40
3.3.2. Catálogo de partes o componentes.....	41
3.3.3. Catálogo de estructuras.....	42
3.3.4. Catálogo de almacenes.....	45
3.3.5. Catálogo de clientes.....	47
3.3.6. Catálogo de proveedores.....	47
3.3.7. Catálogo de variables.....	50
3.3.8. Otros catálogos por considerar.....	51
3.4. ALGORITMOS DEL SISTEMA.....	52
3.4.1. Transacciones de inventario.....	53
3.4.1.1. Entrada o salida de inventario.....	54
3.4.1.2. Fecha.....	54
3.4.1.3. Número de documento.....	54
3.4.1.4. Consulta de entradas y salidas acumuladas.....	54
3.4.1.5. Inventario perpetuo.....	55
3.4.2. Proceso estadístico de ventas.....	56
3.4.2.1. Estadística de ventas mediante suavización exponencial.....	58
3.4.2.2. Estadística de ventas mediante estimación de variaciones estacionales.....	59
3.4.3. Planeación de materiales.....	60
3.4.3.1. Procesos matemáticos.....	60
3.4.3.2. Explosión de materiales.....	62
3.4.3.3. Implosión de materiales.....	63
3.4.3.4. Proceso de corrimiento.....	64
3.4.3.5. Proceso de comparación contra disponibles.....	66
3.4.3.6. Consolidaciones.....	67
3.4.3.7. Reporte de proveedores.....	68
3.4.3.8. Reporte de acumulados.....	69
CAPÍTULO 4 APLICACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA.....	71
4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RESULTANTE.....	71
4.1.1. Interacción del sistema con el usuario.....	71
4.1.2. Dos casos de aplicación.....	77
4.2. APLICACIÓN A UNA EMPRESA MEDIANA DEL RAMO TEXTIL.....	77
4.2.1. Antecedentes.....	77
4.2.2. Datos generales.....	79
4.2.3. Cambios en las ventas.....	79
4.2.4. Cambios en la producción.....	79
4.2.5. Comentarios de los administradores.....	80
4.2.8. Síntesis.....	81
4.3. APLICACIÓN A UNA EMPRESA PEQUEÑA DEL RAMO METALMECÁNICO.....	81
4.3.1. Antecedentes.....	81
4.3.2. Datos generales.....	81
4.3.3. Cambios en las ventas.....	82
4.3.4. Cambios en la producción.....	82
4.3.4.1. Almacenes en consignación.....	82
4.3.4.2. Fabricantes externos (maquiladores).....	82
4.3.5. Personal.....	83
4.3.8. Relaciones con otros sistemas.....	83
4.3.9. Comentarios de los administradores.....	84

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	90
GLOSARIO.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Representación de la organización y su entorno	1
Figura 1.2. Esquema conceptual del sistema de control en la cadena productiva y el entorno. .	3
Figura 1.3. Sistema de planeación de requerimientos de materiales para la pequeña y la mediana industrias mexicanas.	4
Figura 1.4. Analogía de un estanque de agua comparado con el inventario de una cadena productiva.	5
Figura 1.5. Evolución del inventario en la industria de auto partes por la aplicación de MRP y JAT.	7
Figura 1.6. Número estimado de empresas usuarias del sistema.....	9
Figura 2.1. Subsistemas que interactúan en las organizaciones desde el punto de vista contingente.....	24
Figura 3.1. Esquema conceptual de la propuesta.....	39
Figura 3.2. Conjuntos de productos terminados y sus componentes.	43
Figura 3.3. Intersección de componentes en los conjuntos.	44
Figura 3.4. Ventajas sobre los inventarios por el uso de la planeación de materiales.	49
Figura 3.5. El sistema de ventas usando el algoritmo de suavización exponencial.	57
Figura 3.6. Diagrama de flujo del sistema de ventas usando el algoritmo de suavización exponencial.	59
Figura 3.7. Diagrama de flujo del sistema de ventas usando el algoritmo de variaciones estacionales.	60
Figura 4.1. Pantalla de colocación de pedidos de clientes.....	72
Figura 4.2. Pantalla de artículos terminados a explotar.	74
Figura 4.3. Pantalla de configuración de artículos terminados.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Relaciones entre los subsistemas de la empresa.....	11
Tabla 1.2. Clasificación de las empresas usuarias del MRP.....	16
Tabla 2.1. Proveedores de sistemas MRP y sus costos.....	32
Tabla 3.1. Ejemplo de matriz de almacenes	46
Tabla 3.2. Estado de los materiales después de la implosión.....	64
Tabla 3.3. Estado de los materiales después del corrimiento	65
Tabla 3.4. Estado de los materiales después de implosión, corrimiento y revisión de disponibles	67
Tabla 3.5. Requerimientos netos con consolidaciones por condiciones del proveedor.....	68
Tabla 3.6. Requerimientos netos con consolidaciones por condiciones del proveedor y con porcentajes de asignación a un proveedor específico	69
Tabla 3.7. Requerimientos netos con consolidaciones por condiciones del proveedor, con porcentajes de asignación a un proveedor específico y con acumulados de entrega	70

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Hasta los años sesenta, la mayor parte de las empresas occidentales, las mexicanas incluidas, ha operado una organización problemática para su sistema productivo, en donde aparecen una insuficiencia en la calidad producida, una falta de cooperación en la fuerza de trabajo, una inadecuada planeación de las operaciones y un retraso en las entregas de la producción.

En la actualidad, en México, muchas pequeñas y medianas empresas (PYME) continúan operando de esta forma. Las consecuencias de este tipo de operación son: altos inventarios, un gran número del personal dedicado a revisar la calidad de los productos fabricados y, en general, altos costos y desperdicios en materiales y tiempo. A lo anterior, en el contexto de la globalización, se debe agregar que se origina una disminución en la competitividad.

La globalización de la economía, que lleva a las empresas a niveles inexplorados de competencia, tiene efectos sobre el desempleo y la balanza comercial de los países. El factor básico para poder competir en un mercado globalizado es invertir en dirección y en gestión. Esto significa el adquirir los medios orientados a: mejora de los sistemas productivos, nuevos

métodos de dirección, planeación y control de las operaciones, trabajo en equipo, gestión integrada y especial atención al factor humano.

Es evidente que, aún partiendo de la base de que ya existen materiales académicos y personal capacitado en la administración de las operaciones en México, este conocimiento no ha llegado a las industrias pequeña y mediana. Debido a esto se ha planteado elaborar esta propuesta, que permitirá hacer llegar a este tipo de industrias la mejora en producción comentada previamente.

En el tratamiento del tema, se ha recogido la experiencia de 40 años en la administración de las operaciones, así como diez años de experiencia en docencia e investigación acerca del principio y la operación de los sistemas de planeación de requerimientos de materiales. En el desarrollo de la tesis se trató de hacer una guía para la aplicación de sistemas en industrias pequeñas y medianas mexicanas que quieran sobrevivir y competir de manera globalizada y no un documento de valor restringido a la pedagogía.

Para esto se afrontará el problema de integrar en la industria mexicana las funciones disciplinarias que le permitan actuar de una manera armónica y eficiente con su entorno.

Como en la pequeña y la mediana industria nacional uno de los principales problemas son los recursos, se sugerirán soluciones a corto mediano y a largo plazo. También se deberá plantear la manera en que serán abordadas las funciones empresariales desde el punto de vista sistémico, con la finalidad de mostrar su influencia recíproca, así como de forma importante, su efecto sobre la gestión de operaciones. Así, el tema será tratado en la etapa de la gestión de operaciones y no en la previa de determinación de objetivos.

Justificación

El tema principal de esta tesis es el sugerir cómo la pequeña y la mediana industrias mexicanas pueden sobrevivir y competir en una economía globalizada usando la gestión de las operaciones y, principalmente, la administración de los materiales, mediante el uso de una herramienta para adquirir competitividad.

Un sistema de planeación de requerimientos de materiales, en el entorno globalizado, debe seguir un modelo sistémico evolutivo con base científica, para lograr continuidad y adaptación. La dinámica actual del mundo demanda que las organizaciones se integren como sistemas proactivos y con modelos estadísticos que se adelanten a situaciones futuras.

Las interrupciones del flujo en la cadena productiva pueden deberse a orígenes diversos, como en los materiales, el equipo o la energía, por citar algunos. Para evitar esos problemas se presentaban dos alternativas: o mejorar los procesos, o aumentar el nivel de los inventarios. Los altos niveles de éstos últimos son el resultado de errores acumulados. De aquí que, mientras más problemas existan, se tendrán más inventarios. Como los recursos estaban disponibles en esos tiempos, se optó por la segunda alternativa.

En la realidad de una mayoría de empresas mexicanas, la administración de la cadena productiva todavía consiste en usar inventarios para evitar paros de producción o incumplimientos de entrega a los clientes. Al globalizarse las economías y escasear los recursos, sólo las organizaciones capaces de interpretar las señales del entorno se encaminaron a hacer más eficiente su cadena productiva. Las pequeñas y las medianas industrias, en general, no adquirieron esta visión.

La aplicación de la técnica Justo A Tiempo, originada en Japón, ha incidido de manera definitiva en la mejora de los procesos. Una parte esencial de su actividad es la reducción de los inventarios. Típicamente, en los últimos 30 años se ha reducido el inventario de materiales de una empresa de 60 a 15 días. La técnica se apoya también en consideraciones como el flujo en la cadena entre cliente y proveedor, el control estadístico de los procesos, el aumento en la flexibilidad y los sistemas de planeación de requerimientos de los materiales.

Consecuentemente, un sistema de ayuda a la pequeña y la mediana empresas mexicanas en la planeación de sus requerimientos, fundamentada en los conceptos aplicables provenientes de las técnicas de Planeación de los Requerimientos de Materiales y Planeación de los Recursos de Manufactura (MRP y MRP II) y de Justo a Tiempo (JAT), desarrollado bajo el punto de vista sistémico y que, además, no represente un alto costo, ni un problema de acceso por su disponibilidad en Internet, justifica plenamente su utilidad.

El sistema que se propone puede, en futuros desarrollos, servir también para las grandes empresas. Sin embargo, con las experiencias actualmente observadas, el trabajo se dirige en primer término a las pequeñas y las medianas empresas, que son las que pierden oportunidades por no tener a su alcance esta tecnología y esta filosofía de trabajo.

Objetivo general del proyecto de tesis

Diseñar un prototipo de sistema de cómputo para la planeación de requerimientos de materiales adecuado a las características de las pequeñas y medianas industrias mexicanas, con el soporte de las filosofías avanzadas de administración de la producción y de las tecnologías recientes de comunicaciones para suministrar a los usuarios el acceso directo o por red.

Objetivos específicos

- ? Puntualizar la importancia de usar sistemas de planeación de requerimientos de materiales por parte de la pequeña y la mediana industria mexicana;
- ? Diagnosticar en qué medida los sistemas de planeación existentes ayudan a la pequeña y la mediana industria a mejorar su competitividad y determinar las características que debe poseer un sistema de apoyo, en cuanto a filosofía de trabajo, capacidad informática y servicio al cliente;
- ? Desarrollar el modelo del sistema de planeación de requerimientos de materiales adecuado al entorno definido, incluyendo las condiciones para ser programado en un servidor de red;
- ? Verificar el sistema propuesto mediante su aplicación a casos de empresas medianas o pequeñas, para observar y evaluar las ventajas de su uso.

Metodologías empleadas y resultados esperados

Las metodologías usadas en esta propuesta son: el enfoque contingente de Kast y Rosenzweig para las relaciones del sistema con su entorno y con otros subsistemas; el enfoque de Kendall y Kendall de análisis del sistema; y, el enfoque general de sistemas recomendado por von Bertalanffy y dado a conocer por Elohím Jiménez.

El enfoque contingente tiende a ser más concreto y recalca características específicas de las interrelaciones entre subsistemas, hacia un entendimiento más explícito de las relaciones entre variables de organización que mejore la práctica administrativa. Por esta razón se ha escogido este punto de vista para este tema, al ser el sistema MRP una filosofía de trabajo que busca entender las interrelaciones dentro y entre subsistemas, así como con su ambiente.

En cada subsistema de la organización, se ejecutan diferentes funciones (dirección, normalización, planeación, control y ejecución), y recaen en departamentos o en personas. En una pequeña empresa existen el director general (normalmente el dueño), el encargado de ventas, el encargado de producción y el contador. Sin embargo, la mayoría de las veces no es posible que el director general pueda cumplir con todas las funciones y se concentra en dos fundamentales: flujo de efectivo y supervivencia, por lo que estos dos aspectos deben cubrirse en una propuesta de sistema de mejora.

Para tener un buen flujo de efectivo se requiere que las ventas se conviertan en ingresos, que a su vez se conviertan en utilidades después de cubrir los costos. Los gastos financieros que genera la operación son: los inventarios de materia prima, los edificios y la maquinaria. Por consiguiente, una vez iniciada la operación, lo que es posible manejar son los inventarios y, en consecuencia, éstos se convierten en uno de los temas más importantes en la administración de las empresas.

Se espera que este trabajo sea la base conceptual y matemática que actúe como detonador de un Sistema de Planeación de Requerimiento de Materiales *virtual*, que ayude a

aumentar la productividad y la competitividad de las empresas pequeñas y medianas, a un costo accesible.

Se propondrá un sistema de información capaz de ser aplicado en aquellas PYME mexicanas que quieran sobrevivir y competir de manera globalizada. Para ello, previamente:

- ? se abordará el tema de cómo integrar las funciones disciplinarias en la industria mexicana que le permitan actuar de una manera armónica y eficiente con su entorno;
- ? se analizarán las variables que han impedido que la planeación de materiales asistida por computadora funcione en el entorno de la PYME mexicana, junto con los conceptos de los expertos, no aplicables al entorno nacional;
- ? se planteará cómo serán emprendidas las funciones empresariales desde el punto de vista sistémico, para mostrar su influencia recíproca y cómo afecta a la gestión de operaciones.

Se tocará el tema de la planeación de requerimientos de materiales, dado que constituye, por su filosofía integradora, la primera fase que puede llevar a la empresa a su arranque en la competencia globalizada.

CAPÍTULO 1

IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

1.1. ANÁLISIS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN

La observación del entorno y la conciencia del mismo permite a los sistemas sociales, es decir, a las organizaciones, adaptarse a los estímulos del mismo, tomar los recursos que le brinda, transformarlos en bienes y distribuirlos para bienestar de la sociedad en general y en armonía con él.

Por lo mismo, los sistemas sociales son influenciados por el entorno, al mismo tiempo que influyen en él, como se ilustra en la Figura 1.1:

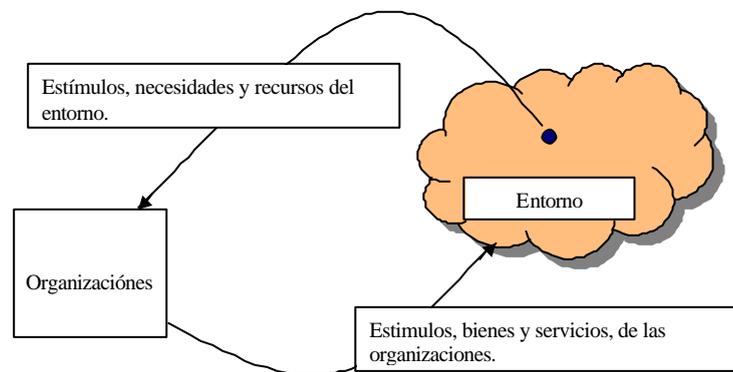


Figura 1.1. Representación de la organización y su entorno

Este diagrama no pretende esquematizar de manera simple una sociedad sustentable, ni profetizar sobre posibles soluciones. En su lugar y con sugerencias de grandes pensadores, que conciben un *sistema de administración y aprendizaje científico*, requerido para ir hacia adelante y sólo después de reconocer que encontrar un camino para ir adelante depende, en crear una sociedad que sea capaz de entender los efectos de sus acciones y que actúe con las experiencias de cada día (Jiménez, 1972).

Este sistema científico se requiere de manera permanente e integral con su entorno social. Necesita ser descentralizado, ecológicamente orientado, orgánico, capaz de iniciar múltiples desarrollos contradictorios, cada uno basado en un entendimiento parcial e incompleto. Sin embargo, de tal forma que pueda aprender y modificar. Y lo más importante, que a través del conocimiento científico pueda encontrar nuevos y mejores caminos.

Los componentes importantes de esta opción son el desarrollo científico y la aplicación, en sus formas básicas, de la *ingeniería* y de los *sistemas*, para estimular las evasivas innovación e investigación científicas y evaluar las consecuencias de las alternativas generadas y seguir actuando sobre la base de lo aprendido en el camino, dentro de un marco de valores equilibrados con la sociedad.

Un sistema de planeación de requerimientos de materiales, en un mundo globalizado en el que las necesidades básicas no han podido ser cubiertas, tiene que seguir un modelo sistémico evolutivo que tenga en su diseño las bases científicas para una mejora continua y para ir encontrando mejores caminos de adaptación con su entorno.

El sistema que aquí se considera usa el enfoque sistémico, bajo la metodología de análisis de Kendall y Kendall (1997) para el análisis del mismo y el establecimiento de su mecanismo de control. El esquema conceptual correspondiente se presenta en la Figura 1.2:

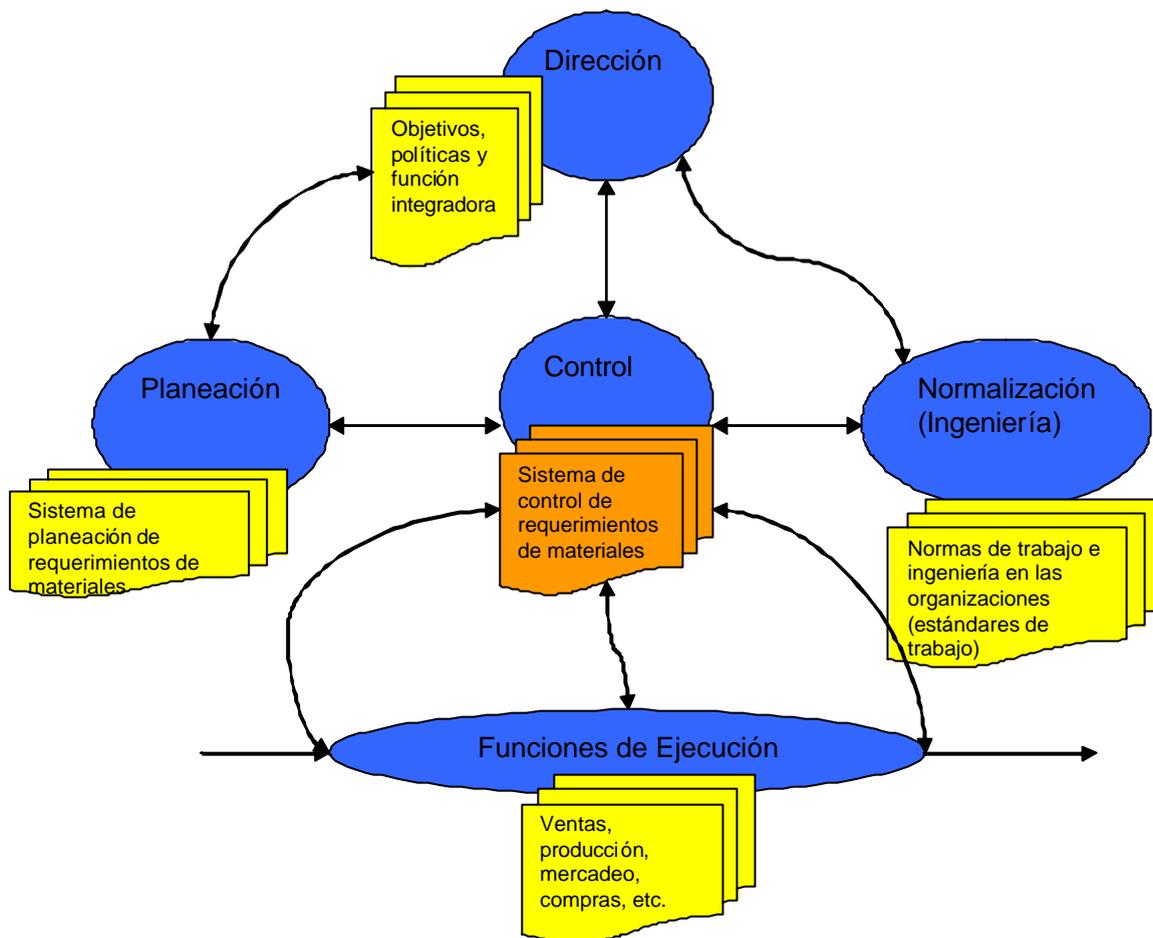


Figura 1.3. Sistema de planeación de requerimientos de materiales para la pequeña y la mediana industrias mexicanas.

Fuente: Adaptado de Jiménez L., “Design of Management Systems by means of Cybernetic Modeling” (1972).

En México, en un gran número de casos, administrar la cadena productiva todavía consiste en usar inventarios para evitar paros de producción o falta de entregas a los clientes. Las grandes industrias, principalmente las que pueden adquirir la tecnología y tienen el capital, están manejando políticas de Justo A Tiempo (JAT), que se detallan más adelante (Hay, 1996).

Con el tiempo se ha demostrado que el manejo de inventarios en la cadena productiva es el resultado de errores acumulados en la misma. Esto es análogo a querer ocultar los errores,

por lo que entre mayores sean los problemas, mayor será el inventario que se deba usar, que gráficamente se presenta en la Figura 1.4, en analogía con el nivel de agua en un estanque.

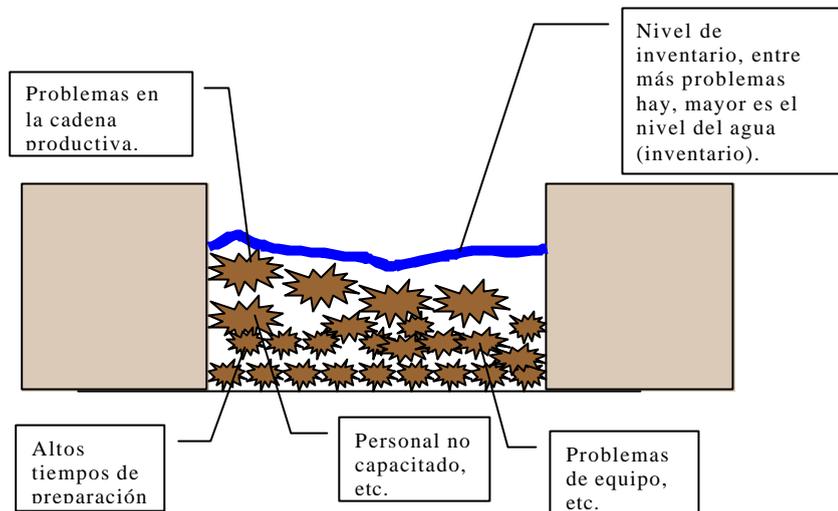


Figura 1.4. Analogía de un estanque de agua comparado con el inventario de una cadena productiva.

En una cadena productiva se pueden tener problemas de personal, de equipo, de energía, de materiales, de administración, de planeación, de herramental, de diseño, de procedimientos, etcétera. Para atenuar todos estos problemas se generan almacenes de los diversos materiales entre los pasos del proceso, lo que conduce a la aparición de inventarios.

Para evitar los problemas en la cadena productiva, los administradores tenían dos caminos:

- ? Hacer más eficientes los procesos o
- ? Crear inventarios de seguridad y aumentar el nivel de inventarios.

La decisión fue fácil de tomar. Como los recursos estaban disponibles, la opción elegida fue la segunda.

Los enfoques de administración de inventarios que se usaban en el pasado eran denominados (s, S) , donde S representa una cantidad de pedido fija y s un nivel de resurtido fijo, sin tomar en cuenta el nivel de inventario de seguridad.

Conforme las economías se fueron globalizando y los recursos fueron siendo cada vez más escasos, aquellas organizaciones que pudieron interpretar las señales del entorno, buscaron hacer su cadena productiva más eficiente y usar menos recursos (menor cantidad de materias primas, mano de obra y capital) para producir lo mismo.

Otras empresas, en lugar de buscar mayor productividad, apoyados con los estudiosos en el manejo de inventarios usando fórmulas complejas (lotes económicos, estadística para predicción de fallas, etcétera), trataron de administrar mejor sus inventarios, logrando sólo con esto un uso intensivo de mano de obra, materiales y capital.

En México han sido pocas las empresas que han logrado ser más eficientes. Muchas, especialmente por falta de conocimientos y de recursos, han seguido operando con problemas (con altos niveles de inventario) y si han podido sobrevivir ha sido porque su segmento de mercado ha permanecido cerrado, con la consecuencia de tener cautivo al consumidor. Bajo estas circunstancias, éste ha tenido que aceptar productos de mala calidad y de precio alto.

La industria proveedora de partes para la industria automotriz ha sido un claro ejemplo del tiempo que toma seguir el camino de la productividad.

En la Figura 1.5, se observa cómo se han ido reduciendo a través de los años los niveles de inventario de materiales directos para la producción en la industria de autopartes, en razón de la aplicación de sistemas de planeación de materiales y de políticas de JAT.

Si bien esto ha ocurrido en el caso de esta industria en particular, no ha ocurrido así con la pequeña y la mediana industria.

Esta reducción de inventarios ha sido considerable. Puede observarse el ejemplo de una empresa que vende 40,000,000.00 de dólares anuales y cuyo costo de materia prima representa el 30% de sus ventas. Cabe hacer mención de que normalmente los valores del

costo de materia prima en una industria metalmecánica pueden representar hasta el 60% del valor de las ventas.

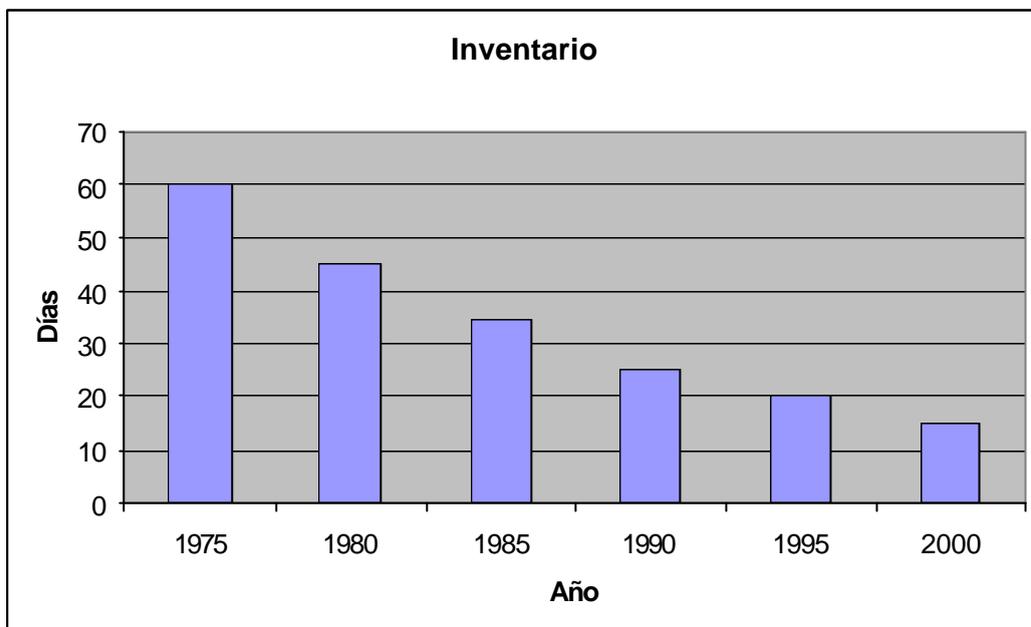


Figura 1.5. Evolución del inventario en la industria de auto partes por la aplicación de MRP y JAT.

En este tipo de empresa, en 1975, el inventario de materiales para la producción era de 60 días. El inventario de un mes sería igual a: \$ 40,000,000 de dólares por 0.30 entre 12 meses, resultando un millón de dólares en inventario. Como se tenían inventarios de dos meses en esas empresas, entonces el inventario promedio era de: \$ 2,000,000 de dólares, sin contar los desperdicios, las mermas y los materiales obsoletos por cambios de ingeniería.

Hay empresas que, con ese orden de ventas, llegaron a tener hasta cuatro millones de dólares en inventario, lo que representaba una enorme carga financiera para las mismas.

La industria automotriz, principalmente la japonesa, independientemente de la producción en línea, creó el *kanban*, que es un sistema de bajos niveles de inventarios basado en las políticas de JAT.

Los principales elementos de este tipo de sistema de manufactura son los siguientes (Domínguez Machuca, *et al.*, 1995):

- ? Formar una cadena cliente-proveedor en que cada uno de los elementos recibe información de su antecesor y de su predecesor, para adaptarse a los cambios de manera rápida;
- ? Sistemas de control estadístico de procesos para reducir los errores de producción;
- ? Reducción de los tiempos de preparación para aumentar la flexibilidad de los procesos;
- ? Creación en células de producción, con procesos completos y dando autonomía a los elementos de las mismas;
- ? Sistemas de planeación de requerimientos de materiales y de planeación de la producción para manejar todos los elementos anteriores.

Al poner en práctica todos los elementos anteriores, las organizaciones como la citada, anteriormente, han podido reducir su inversión en inventarios hasta niveles de días. Sin embargo, aún el promedio de inventarios en las más eficientes es de 15 días. Es decir, en ese ejemplo se han reducido estas inversiones en 500,000 dólares.

Es difícil establecer en este trabajo el impacto que esta propuesta puede tener en la PYME, pero considerando que en el país existen 150,000 pequeñas empresas, se puede pensar que por lo menos 5,000 de ellas requieran de un sistema de esta naturaleza y no lo adquieren por razones de economía, así que se puede suponer que si el programa cubre los requisitos de adaptación a las características de la industria nacional. Entonces lo usaría un número creciente de empresas, entre 5000 y 14000, durante los años próximos, de la manera que se ilustra en la Figura 1.6.

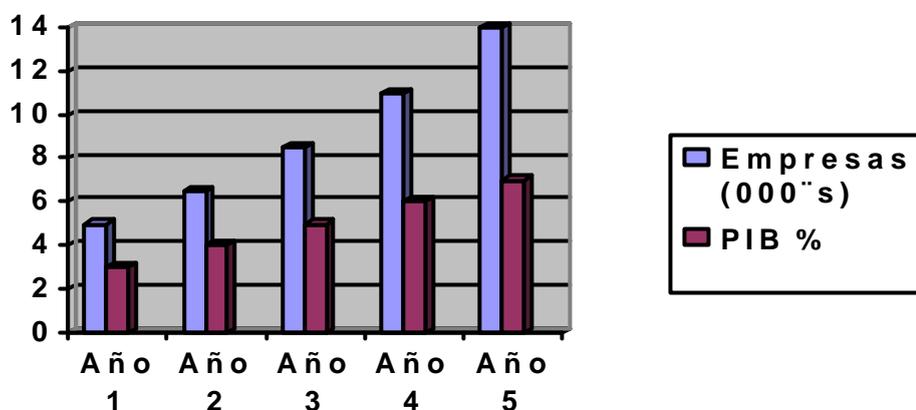


Figura 1.6. Número estimado de empresas usuarias del sistema.

Fuente: Elaboración propia, sobre cifras de INEGI del global de PYME.

1.2. ENFOQUE METODOLÓGICO PARA EL PLANTEAMIENTO

Las metodologías usadas en esta propuesta para el sistema PRM-PYME son las siguientes:

- ? El enfoque contingente de Fremont E. Kast y James E. Rosenzweig (Kast y Rosenzweig, 1985) para las relaciones del sistema con su entorno y con otros subsistemas.
- ? El enfoque de análisis del sistema y formas de análisis de procesos del sistema usando la metodología de Kendall y Kendall (1997).
- ? El enfoque general de sistemas recomendado por von Bertalanffy (1995) y difundido por Elohim Jiménez López (1972).

Los enfoques de sistemas presentan una problemática para el estudio de las organizaciones, pero prevén un nivel relativamente elevado de generalización. Los puntos de *vista de contingencia* tienden a ser más concretos y a recalcar características y esquemas más

específicos de las interrelaciones entre los subsistemas. Esta tendencia hacia un entendimiento más explícito de las relaciones entre las variables de organización es esencial si se quiere que la teoría facilite y mejore la práctica administrativa.

Se ha escogido este punto de vista para el tratamiento de este tema, porque al ser el sistema PRM-PYME una filosofía de trabajo para la pequeña y la mediana industria mexicana en la que se relacionan los diferentes departamentos de una organización, éste busca entender las interrelaciones dentro y entre los subsistemas, así como entre la organización y su medio ambiente.

Así, el punto de vista contingente está finalmente dirigido a sugerir diseños organizacionales, juntamente con las acciones administrativas más adecuadas a las situaciones específicas.

1.3. FUNCIONES DE LOS SUBSISTEMAS DE LA ORGANIZACIÓN

Bajo este punto de vista se analizarán las diferentes áreas involucradas en la organización y que intervienen en el sistema propuesto. Para cada una de estas áreas, previamente descritas (Fig. 1.3), se menciona la función que debe tener en la integración del sistema propuesto, lo cual se efectúa en la Tabla 1.1.

En cada uno de los diferentes subsistemas de la organización se ejecutan las diferentes funciones de dirección, normalización, planeación, control y ejecución. Éstas pueden recaer en departamentos o en personas. Dependiendo del tamaño de la organización, también puede ocurrir que una persona realice dos o más funciones. En la pequeña empresa esto es común, por lo que mediante el uso de este enfoque contingente se procederá a describir la manera en que se sugiere que se ejecuten dichas funciones.

Se considera que en una pequeña empresa existen las siguientes personas: el *director general* (que normalmente es el dueño), el *encargado de ventas*, el *encargado de producción*

y el *contador*. Algunas veces el contador es externo, por lo que las funciones no contables de esta actividad deben ser repartidas entre las tres personas restantes.

TABLA 1.1. RELACIONES ENTRE LOS SUBSISTEMAS DE LA EMPRESA

Funciones	Relaciones con otros subsistemas	Tipo de relación	Evaluación de la función	Evaluación ecológica y social
Integración Definición de políticas generales	Planeación, Normalización, Control y Ejecución Normalización	Función integradora en comunicados o actividades integradoras, reuniones, eventos deportivos, etcétera. Recepción de la información de resultados, actitudes, influencias del entorno, información directa del personal y sobre todo de sus valores, define políticas generales para la empresa que se convierten en la <i>“fuerza guiadora e integradora de la misma”</i> Del área de planeación recibe información de ventas, finanzas, economía, competencia. Esto no quiere decir que la función de planeación se encuentra centralizada en una persona o departamento. *	Por medio de encuestas de actitud Encuesta de integración	Resultados de aportación de la empresa a su entorno Resultados de aportación de la empresa a su entorno
Definición de objetivos	Planeación, Normalización, Control y Ejecución	Recepción de la información de resultados, influencias del entorno, evaluación de fuerzas, evaluación de debilidades y sus propios valores. Relación de evaluación de las actividades para establecimiento de objetivos.	Estado de resultados Balance general (niveles de inventario, desperdicios, indicadores del balance como ventas / activos) Ventas Producción Eficiencia Productividad Mejoras en uso de materiales Ingeniería de valor	Contribución al bienestar social Contribución al mejoramiento del entorno
Interpretación de información del entorno	Planeación	Interpretación de datos del entorno, producto, precio, promoción, plaza, competencia, economía, política, sociales, ecológicos, que le son presentados por la función de planeación.	Penetración de mercado Vida de productos Reclamaciones Encuestas de satisfacción del cliente	
Adaptación a influencias del entorno	Planeación Normalización	Entregando información de sus apreciaciones y objetivos claramente definidos.	Penetración del mercado, nuevos productos, nuevos mercados	Evaluación de impactos ecológicos en nuevos productos

Fuente: Elaboración propia.

1.4. ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO EN EL PROCESO

La función de la dirección quedó definida en el cuadro anterior. Sin embargo, en las pequeñas empresas la mayoría de las veces no es posible que el director general pueda cumplir con todas las funciones indicadas y básicamente se concentra en dos de ellas: *flujo de efectivo* y *supervivencia*. De esta forma, toda propuesta de sistema que se presente tendrá que cubrir los dos aspectos fundamentales.

Para lograrlo, después de realizar un análisis contingente de las organizaciones, se sugiere que para que el sistema de planeación de materiales cubra los dos aspectos. Los factores de mayor incidencia en el flujo de efectivo:

1. Las ventas
2. Los costos
3. El activo circulante

Es fácil saber que sin ventas una empresa no vive. Sin embargo, para tener un buen flujo se requiere que las ventas se conviertan en ingresos que las empresas conviertan en utilidades, después de cubrir sus costos.

Sin que lo siguiente sea una explicación contable, sino un ejemplo de cómo un sistema de producción ayuda a mejorar el flujo de la empresa, se presenta una situación sencilla ilustrativa del comentario anterior. Se considera una empresa en la que:

? Ventas reales = Ventas cobradas = **V**

? Costo = Costo total de fabricación = **CTF**

? Costo de mano de obra = Costo de la mano de obra directa = **CMO**

? Costo de materia prima = Costo de la materia prima para fabricar el producto = **CMP**

? Gastos indirectos = Otros costos como mantenimiento, prestaciones de mano de obra, herramientas, gastos de supervisión, etcétera = **GI**

- ? Utilidad de operación = **UO**
- ? Gastos financieros originados por la operación = **GFO**

Considerando la información anterior, el flujo de efectivo de la empresa es:

$$\text{Flujo} = V - (CMO + CMP) - GI - GFO$$

Los costos de las empresas son directamente proporcionales a las ventas, es decir, si el costo es 50% del valor de las ventas, este porcentaje se mantiene con el incremento de las ventas, hasta que se llega a otra escala de volúmenes.

En tiempos pasados, se pensó que los gastos financieros originados por la operación eran proporcionales a las ventas. Sin embargo, con las nuevas filosofías y los nuevos métodos de trabajo se ha demostrado que esto no es así. Antes se decía que para mantener la operación, los inventarios tenían que ser una función de las ventas. Entonces, si las ventas eran de cien unidades por mes, los inventarios deberían ser de 100 veces X, en donde X era un valor que determinaban los administradores para evitar la falta de existencias.

Los gastos financieros que genera la operación son:

- ? En el activo circulante: los inventarios de materia prima
- ? En el activo fijo: los edificios y la maquinaria

Puesto que, una vez iniciada la operación, lo que es posible administrar son los inventarios, éstos se convierten en uno de los temas más importantes en la administración de las empresas.

Se presenta en seguida un ejemplo:

- ? Se supone que una empresa vende, \$ 3,000,000 de pesos al mes y que su costo de fabricación es del 70% de sus ventas, es decir, \$ 2,100,000 de pesos.
- ? También se supone que sus gastos indirectos son del orden de \$ 600,000 pesos.

Así, sus utilidades de operación serán:

$$UO = 3,000,000 - 2,100,000 - 600,000 = \$300,000 \text{ (10\% de las ventas)}$$

Ahora bien, si se estima que en el inventario se tiene materia prima para tres meses de ventas, la materia prima representa el 60% de su costo de fabricación, es decir: $2,100,000 \times 0.6 = \$1,260,000$.

O sea que los tres meses representan un costo de $1,260,000 \times 3 = 3,780,000$ pesos y que, para una tasa de financiamiento del dinero del 20% anual, el costo de mantener este inventario es de $(3,780,000 \times 0.2) / 12 = 63,000$ pesos mensuales.

De aquí que su utilidad se reduzca a $\$300,000 - \$63,000 = \$237,000$, además de tener un capital invertido que no es productivo.

Con un sistema como el que en este trabajo se propone, se pretende que los inventarios no sean mayores a una semana, aplicando las filosofías recientes de administración de producción.

En consecuencia, aplicados al mismo caso numérico, el flujo de efectivo aumenta y las cantidades anteriores quedan de la siguiente forma:

$$? \text{ Inventario} = \$1,260,000 / 4 = \$315,000 \text{ pesos}$$

$$? \text{ Costo financiero} = (\$315,000 \times 0.2) / 12 = \$5,200 \text{ pesos.}$$

Como se puede ver, el flujo de dinero aumenta del mensual al anual en:

$$? \text{ Aumento anual del flujo} = (\$63,000 - \$5,200) \times 12 = \$683,000 \text{ pesos.}$$

Es fácil ver que un sistema de esta naturaleza, además de mejorar la forma de operación de las empresas, será rentable en su utilización.

1.5. PRINCIPIOS DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

La razón de abordar el tema de la planeación de los requerimientos de materiales es que, por su filosofía integradora, representan la primera fase para llevar a una empresa a su inicio en la competencia globalizada.

1.5.1. El uso de MRP

Este tema ha sido tratado por varios autores (Bedworth y Bailey, 1988), (Companys y Fonollosa, 1999), (Chase y Aquilano, 1985), (Santana, 1997). Algunos de ellos, como Domínguez Machuca y sus colaboradores (1995) mencionan que, al integrar este tipo de sistemas de manufactura, los bienes deben ser considerados como *dependientes* y no sujetos a las condiciones del mercado. Se les llama *sistemas de producción multifásicos*, porque se van incorporando y montando incontables componentes interrelacionados. Asimismo citan que no es necesario *prever la demanda*, sino que ésta puede ser calculada con *certeza* a partir del *Programa Maestro de Producción (PMP)*.

La demanda de los distintos componentes no suele ser continua, debido a que es propio de la *fabricación en lotes*, que crea una demanda discreta y discontinua, con frecuencia con saltos irregulares (Domínguez Machuca *et al.*, 1995). Se propone, como meta final, el disponer de los materiales necesarios, justo en el momento en que éstos se van a utilizar y el *énfasis* se debe poner más en el *cuándo* pedir que en el *cuánto* pedir.

Esta forma de gestión es designada como “*Manufacturing Resource Planning*” (MRP), en la que la cantidad de datos por emplear es grande, al grado que sólo es posible, para tamaños medianos de empresa, manejarlos por computadora. Históricamente, tanto el sistema como las computadoras, se empezaron a usar en los años sesenta.

En su libro, Domínguez y sus colaboradores (1995) mencionan que los primeros sistemas, sólo incluían la planeación de los materiales y posteriormente se incluyó la

planeación de la capacidad y carga de máquinas dando lugar a los sistemas que se llaman *MRP de bucle cerrado*, por no considerar otros campos como ventas o mercadotecnia y finanzas. Los sistemas que incluyen estos campos o áreas de la empresa son conocidos como *MRP II* (que corresponde a la *Planeación de los Recursos de Manufactura*).

Una clasificación de empresas, de acuerdo con el uso que hacen de MRP, se presenta en la Tabla 1.2:

TABLA 1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS USUARIAS DEL MRP

CARACTERÍSTICAS	CLASE % de eficiencia
<ul style="list-style-type: none"> – Uso del sistema para gestionar la empresa – Trabaja en todas, o virtualmente en todas, las áreas de la empresa – Rendimiento excepcional 	A 90-100
<ul style="list-style-type: none"> – Uso del sistema para programar pedidos y cargas – Trabaja fundamentalmente en fabricación y materiales – Muy buenos resultados 	B 70-90
<ul style="list-style-type: none"> – Uso del sistema para emitir pedidos – Trabaja fundamentalmente en fabricación y materiales 	C 50-70
<ul style="list-style-type: none"> – Trabaja en proceso de datos y dista mucho de los demás – Es contemplado como otro fracaso de la computación – Resultados: desilusión, frustración y derroche de tiempo y dinero 	D <50

Fuente: Domínguez Machuca *et al.*, 1995, p. 122.

La pequeña y la mediana industrias en México (PYME) no se caracterizan por ser grandes usuarias de MRP, por lo que, de acuerdo con la clasificación mostrada, se encuentran en la clase D. Esto representa un campo de grandes oportunidades para analizar por qué estas filosofías sistémicas de trabajo no han mejorado en México dentro de estas industrias.

En opinión de Bedworth y Bailey (1988), de la Arizona State University, “la manufactura pasa por cambios que hubieran sido muy difíciles de pronosticar hace una década. Uno de los problemas más apremiantes en los Estados Unidos es la necesidad de reducir el costo e incrementar la eficacia de la producción. La mayor productividad difundida por la mecanización y automatización, utilizando microprocesadores, centros de maquinado

con control numérico, robótica, control de tiempo real y otras innovaciones, crea la necesidad de contar con un enfoque más complejo para el control de la producción”.

“Si los sistemas de fabricación con ayuda de computadoras se aplica en todo su potencial, los enfoques cuantitativos, que incluso hoy muchos profesionistas consideran como altamente especializados, se convertirá en una necesidad”.

Estos autores también hacen una comparación entre el enfoque de ordenamiento de materiales llamado (s, S) y el MRP. De ella se desprende, en el primer caso, el efecto de las demandas constantes y continuas en relación con el tiempo, de donde surgen las ventajas que tiene el usar el MRP para reducir los niveles de inventarios.

1.5.2. Entradas del sistema MRP

Ha sido tradicional que el sistema MRP, tenga como entradas (*inputs*, en la literatura en inglés) tres sistemas específicos:

- ? El *Plan Maestro de Producción* (PMP), que señala cuáles productos finales fabricar y en que plazos tenerlos terminados;
- ? La *estructura de materiales* (en inglés *bill of materials*, BOM), que indica de qué partes o componentes está formada cada unidad de producto y permite, por tanto, calcular las cantidades de cada componente necesarias para fabricarlo;
- ? El *nivel de inventarios*, que permite conocer las cantidades disponibles de cada artículo (en cualquier intervalo de tiempo) en los almacenes, incluidas las que están en tránsito o han sido ordenadas.

En cuanto a la estructura de materiales existe el método *gozinto*, introducido por A. Vazsonyi, quien lo publicó en *Management Science* en 1954, y que se utiliza para la mejor visualización de la estructura del producto (Companys y Fonollosa, 1999). Mediante una formulación matricial se define un conjunto de conceptos para determinar los requerimientos

brutos y netos de un plan de producción. En la tabla de resultados del método se indica, por cada artículo, la cantidad necesaria de componentes que participan en la fabricación de una unidad de ese artículo.

Este método es el más comúnmente usado en los programas de cómputo, por optimización de programación y el manejo de tablas relacionales. La teoría de los conjuntos expuesta en este trabajo es otra alternativa para optimizar recursos de programación que, sin embargo, presenta las necesidades brutas en el horizonte de planeación en una matriz.

En la mayor parte de los sistemas actuales de Planeación de Requerimientos de Materiales, cuando se manejan muchos artículos y sobre todo cuando se manejan niveles de ingeniería (liberaciones que autorizan cambios en la ingeniería de los artículos), es importante manejar lo que llaman “*goes into*”, que quiere decir que el artículo del que se trata forma parte de diferentes componentes. De esta forma, cuando una parte se libera o se retira de producción, el sistema revisa en cuáles componentes se encuentra.

El procedimiento de *lotificación* que sugiere el método *gozinto* es excelente cuando la flexibilidad de la planta es insuficiente para producir de acuerdo a las fluctuaciones del mercado. Cuando lo anterior sí se logra, el sistema de *lotificación* es usado para artículos de compra, en los que las cantidades son fijadas por el proveedor o bien por la consolidación de embarques marítimos o terrestres.

1.5.3. Incorporación a MRP de principios de JAT y OPT

Con las filosofías de trabajo Justo a Tiempo (JAT) y Tecnología de Producción Optimizada (en inglés *Optimized Production Technology*, OPT) (Goldratt y Cox, 1998) (Domínguez Machuca *et al.*, 1995), el uso de la probabilidad y la estadística y las nuevas tecnologías que otorgan flexibilidad a los procesos, el PMP está dejando de ser entrada para MRP. Para convertirse en empresas competitivas globales, las plantas deben adquirir la

flexibilidad suficiente para responder, con tiempos de reacción muy cortos, a las demandas del mercado.

Por evolución natural, el MRP para los sistemas de administración de la manufactura se desarrolló con anterioridad al JAT y, desde luego, a OPT. Fue necesaria la existencia de MRP para dar sustento al desarrollo de los sistemas JAT y OPT.

La aparición de estas dos últimas filosofías podría dar la impresión de que MRP ha sido superado. Pero la realidad es que las bases en que éste se sustenta contienen la esencia de la planeación y difícilmente se podrían reemplazar. La tendencia más aceptada actualmente es la combinación adecuada de los conceptos emanados de las tres corrientes, adecuándola a las condiciones específicas de la aplicación. Si bien es cierto que el factor humano, la reducción de inventarios o el mantenimiento no se incluían en el concepto original de MRP, no se opone a ellos y puede funcionar coordinadamente.

La industria, en el principio, estaba más preocupada por las entregas oportunas a los clientes. Los mercados en la mayoría de los casos eran de economía cerrada y la competencia no era globalizada, lo que hacía que los administradores se preocuparan más por surtir a tiempo que por reducir los costos. De esta forma, siguiendo las ideas de Domínguez Machuca (1995), se presentan en seguida las aclaraciones pertinentes.

- ? Calidad. El administrador de manufactura tenía más presión en la entrega que en la calidad. Su preocupación primera era conocer con exactitud los porcentajes de desperdicio obtenido, con el objeto de estimar los materiales requeridos en la manufactura y con esto evitar los faltantes en las líneas de ensamble. Los altos costos los absorbía el usuario final. Esta razón hizo que naciera el MRP y, cuando fue necesario reducir el tiempo de respuesta, los administradores se ocuparon de usar métodos estadísticos y mejorar la confiabilidad de los equipos;
- ? Mantenimiento. En el origen de MRP, aún no existía el mantenimiento prospectivo. Había que mantenerse en operación y, nuevamente, no importaba el costo. Si

fallaba una máquina se trabajaban horas extras, ya que el objetivo era cumplir con las entregas.

- ? Informática. Evidentemente no había computadoras en el inicio de MRP. La explosión de materiales se efectuaba a mano y los cálculos tomaban varias semanas. Esto limitaba a la mayoría de las empresas para usar métodos sistematizados de planeación de la producción. Los ingenieros en manufactura agradecieron la llegada de las computadoras a la industria, que sin ellas el MRP no hubiera evolucionado. Se dice que JAT no necesita medios informáticos (Domínguez Machuca *et al.*, 1995), pero no se puede estar de acuerdo con esta idea. Para una empresa que maneje más de 1000 componentes en su proceso, el “*jalar*” (mecanismo empleado en JAT para hacer fluir la información de la demanda de adelante hacia atrás, o *pull*) se vuelve un absurdo. Además, una de las bases de JAT es la reducción de los tiempos de preparación, que no sería posible sin los métodos de diseño y manufactura asistidos por computadora y el manejo estadístico, ejemplos de algunas de las variables alrededor de JAT que no se pueden despreciar;
- ? Cambios de diseño. La flexibilidad no era necesaria cuando un modelo duraba más de cinco años y los mercados eran cerrados. Con la globalización, los modelos cambian a velocidades anuales o menores. En la industria del calzado para dama un modelo puede durar el tiempo en que llega al mercado y si el producto no es aceptado, ahí termina su vida;
- ? Plazo de respuesta. Cuando se tiene un sistema kanban, la respuesta de “*jalar*” a la célula de la producción es de alrededor de una hora. Entonces, el tiempo de abasto justo a tiempo se logra si el proveedor tiene materiales en la entrada de la fábrica, en contenedores o en almacenes especiales. Sin embargo, cabe preguntar qué sucede si los proveedores se encuentran a kilómetros de distancia, ya que el abastecimiento toma tiempo y es ahí en donde el MRP apoya al sistema JAT.
- ? Proveedores. Cuando se inicia la manufactura con métodos sistémicos, no había *confiabilidad* en la calidad. Cuando empieza el MRP, la empresa se ve obligada a tener muchos proveedores (para ver cuál surte) y lograr la cantidad de componentes

requeridos. Inclusive se pedía más del 100% de las necesidades porque se tenía estimado el porcentaje de rechazos del lote y, así, la cadena cliente proveedor era una cadena de porcentajes de desperdicio estimados. Los japoneses no inventaron el JAT. Curiosamente en la realidad lo observaron en los supermercados de los Estados Unidos. Ellos lo vieron y no los propios norteamericanos;

- ? Programación. El JAT usa “*jalar*” y el MRP “*empujar*” (o *push*, concepto opuesto a *jalar*, en el que la información de la demanda estimada avanza en el mismo sentido del flujo físico de producción). Sin embargo, ahora se usa la combinación de ambos: el “*empujar*” viene de los programas de abasto a proveedores, que son entregados vía *intercambio electrónico de datos* (EDI);
- ? Simulación. En realidad, las simulaciones se han usado para el cálculo de puntos de equilibrio y para el cálculo de cargas de máquina en un momento del tiempo, pero lo que más se ha usado es la tecnología de producción optimizada;
- ? Inventarios. El JAT menciona que no son justificables y ocultan los problemas. Sin embargo, existen y siempre existirán y es el concepto que MRP usa para su planeación. Sobre todo con una economía globalizada, se usa una materia prima proveniente de China, para fabricar partes en México o al revés, por lo que durante el transporte los materiales constituyen inventarios;
- ? Tamaño de lotes. El JAT pretende la fabricación unitaria y la flexibilidad y es cuando ésta se logra que se puede aplicar el MRP;
- ? Tiempo de suministro. El JAT busca la mejora continua de manera sistémica, en tanto que el MRP aceptaba los datos proporcionados por los mercados cerrados;
- ? Tiempo de preparación. Ésta es la novedad más importante que aporta el JAT y con la reducción de los tiempos de preparación en todas las etapas de la producción es factible el funcionamiento coordinado entre el MRP, el JAT y el OPT;
- ? Trabajadores. En realidad, hay mucho material que comentar a este respecto. En un principio y, aun dicho por los sindicatos, los trabajadores son la riqueza principal de la empresa. Los mercados globalizados están llevando a considerar la incidencia del

ser humano en cada una de las etapas del ciclo de producción y consumo, abordando temas como la mano de obra, la supervivencia, la calidad de vida en el trabajo, las condiciones del mercado, entre otros factores que al principio no se consideraban inherentes a estas filosofías de trabajo (Hirano, 1992).

En este capítulo he analizado la importancia de los sistemas de planeación de materiales; en el siguiente capítulo se analizarán las variables que han impedido que la planeación de materiales asistida por computadora sea operativa en el entorno de las pequeñas y medianas empresas mexicanas y, asimismo, se hará mención de las razones por las que algunos conceptos de los autores citados no han sido factibles de aplicar al entorno de México.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES EN INDUSTRIAS MEXICANAS

2.1. ENFOQUE CONTINGENTE DEL PROBLEMA

Para realizar la propuesta funcional de un sistema de planeación de requerimientos de materiales, inicialmente es necesaria una base conceptual para entender las razones por las que los intentos de resolución del problema hasta el presente no se han concretado ni han permitido obtener resultados consistentes, como sería de esperar.

La implantación de las tecnologías novedosas que aparecen en la vanguardia de la administración de los sistemas de producción en el ámbito mundial, insertadas en nuevas filosofías de la producción, requiere evidentemente de la adecuación a las características particulares de la cultura de cada ciudad, región o país de aplicación.

Dado el interés de la propuesta actual a las pequeñas y medianas empresas en México, se hace necesaria la consideración del conjunto de factores en los que se encuentran dificultades. Es por ello que se enfoca el tema usando el punto de vista contingente de Kast y Rosenzweig, descrito gráficamente en la Figura 2.1.

Cada una de las secciones siguientes se destina a uno de los aspectos señalados, que son: metas y valores, técnicos, psicosociales, estructurales y del entorno.

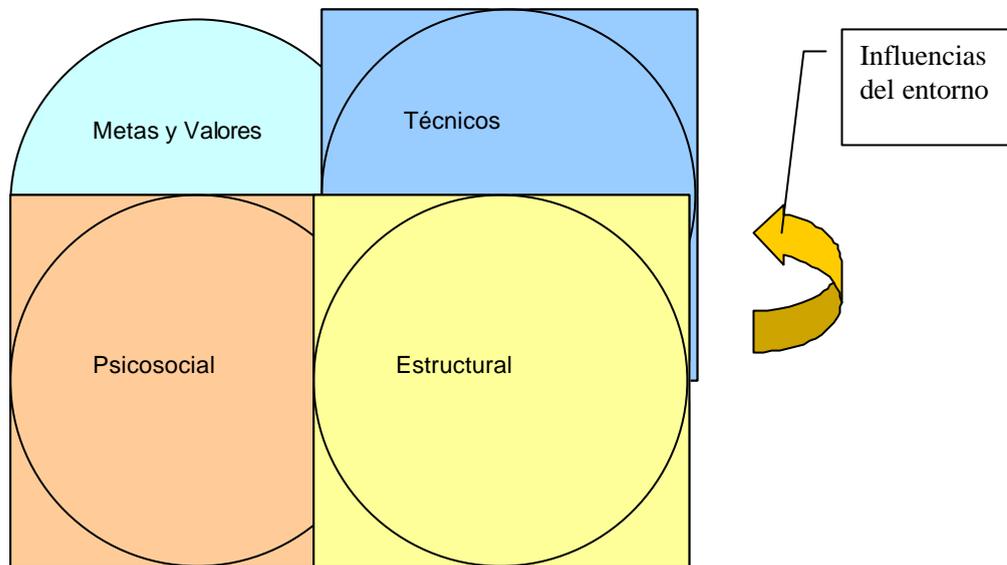


Figura 2.1. Subsistemas que interactúan en las organizaciones desde el punto de vista contingente.

Fuente: Adaptado de Kast y Rosenzweig (1985).

2.2. CONSIDERACIÓN DE METAS Y VALORES

De inicio se abordan los aspectos de metas y valores como una dificultad para la implantación de nuevas filosofías y tecnologías en México, puesto que existen diferencias importantes en estos renglones, comparados con los de los países en que se originaron. Las metas y los valores influyen al aplicar nuevas filosofías de trabajo o el uso de tecnologías informáticas.

2.2.1. Industria de la guerra

Existen diferencias culturales entre los países más industrializados y México. Los primeros tienen antecedentes bélicos, que los han motivado a desarrollar la industria para obtener la supremacía ante sus enemigos.

Mientras tanto, México ha sido un país tradicionalmente sometido y agrícola, en forma de hacienda y posteriormente de ejidos, lo que no le ha permitido competir y desarrollar tecnologías por las mismas razones.

2.2.2. Competencia comercial

De una forma análoga, fue en aquellos países y por motivos de competencia comercial, que se manifestaron la revolución industrial y el libre comercio (*laissez-faire*).

Al contrario, México, por cerrar durante muchos años sus fronteras, no tuvo competencia y con esto limitó su ingenio en el desarrollo de mejores formas de hacer las cosas.

2.2.3. Escala de valores

Otra característica de divergencia con estos países ha sido su escala de valores, en la que primero es su Dios, después su Nación, después la empresa, después su familia y, por último, la persona. Esto último difiere un poco en países industrializados occidentales, en que a veces anteponen el individuo a su familia (Kojima, 1981).

En México parece ser que la escala es invertida, primero es el individuo y después, sucesivamente, la familia, la empresa, la Nación y, por último, su Dios, sin confundir el fanatismo que existe en muchos mexicanos. Esta escala de valores evita que el empleado luche por mejorar en grupo. Siempre buscará su mejora de manera individual (Kojima, 1981).

2.2.4. Nacionalismo y políticas

El nacionalismo y la competencia que han tenido otros países les ha llevado a desarrollar tecnología para competir con países más adelantados y ha obligado a que se creen centros de investigación y desarrollo que les permita alcanzar liderazgos mundiales en cada una de las áreas de la tecnología.

En México el sistema comercial cerrado y el sistema político han impedido el desarrollo tecnológico. Los grandes centros de estudio se convirtieron en plataformas de poder y no en centros de desarrollo, al tiempo que la iniciativa privada, sin tener necesidad de mayor desarrollo, siguió produciendo con métodos que se quedaron rezagados.

De esta forma, cuando se implanta un sistema de esta naturaleza en la PYME de México, se debe contar con el apoyo total del dueño de la empresa, quien debe estar consciente de que su apoyo no sólo será aportando los fondos requeridos para la realización del proyecto. Además se debe involucrar en la implantación del proyecto y establecer con los implicados los alcances, los tiempos, las recompensas y las penalizaciones.

2.3. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS TÉCNICOS

Hasta los años 60, en México la PYME usaba tecnología que estaba 50 años retrasada, por lo menos, en comparación con los países industrializados. Un ejemplo de esto es el siguiente: la industria metalmecánica que usaba máquinas desechadas en los Estados Unidos de Norteamérica, que aquí se reconstruían y su destino era pasar de mano en mano.

Otros ejemplos: La industria textil que empleaba máquinas también usadas y con más de 50 años de retraso tecnológico. La agricultura, que ha sido de temporal y usando implementos de labranza de hace más de 100 años. Y así pueden seguir enumerándose casos en los que se impidió el desarrollo tecnológico y el uso de las tecnologías necesarias, ahora para el desarrollo social.

Fueron usados por primera vez en México los sistemas MRP en la industria automotriz en el año 1973. Los cálculos no se apoyaban en modelos matemáticos complicados, pero, como se manejaba una gran cantidad de información, si no se usaba un elemento procesador (la computadora) los resultados del proceso tomaban demasiado tiempo.

En el contexto de esos años, se presenta en seguida un ejemplo, tomado de una planta fabricante de frenos para automóvil. El panorama que ofrece la información manejada es del tipo siguiente:

- ? Veinticinco diferentes productos terminados = PT
- ? Cada producto consta en promedio de 15 componentes = C_1^n .
- ? Se tienen quince almacenes, entre materia prima, en proceso, desperdicio, mermas, producto terminado, maquiladores, etcétera = A_1^n
- ? O sea que puede haber 15×25 componentes en los diferentes almacenes = 375

Si los clientes solicitan, en un cierto período, 1500 unidades de producto terminado, debe haber $1500 \times 15 = 22,500$ componentes en el almacén para ser ensamblados.

Si, por otro lado, se tienen que registrar los movimientos en cada uno de los almacenes, con los quince que se tienen, se pueden hacer $22,500 \times 15 = 337,500$ movimientos.

Si, además de esto, se tiene que calcular el inventario de componentes previstos antes del ensamble o al principio de un período del horizonte t , entonces:

$$I_{t,c} = I_{t-1,c} + R_{t-1,c} - G_{t-1,c},$$

En donde:

$I_{t,c}$: inventario previsto de partes c , al principio del período t ,

$R_{t-1,c}$: recepción de partes c , durante el período $t-1$,

$G_{t-1,c}$: necesidades brutas previstas de partes c , durante el período $t-1$.

Tener al día los movimientos de inventario requería una gran cantidad de personal dedicada a su control. En la operación del ejemplo citado, se tenía aproximadamente a diez personas controlando los movimientos de materiales, así como el registro de los mismos.

Al final de cada mes se tenían que hacer cálculos de las necesidades netas de componentes, de acuerdo con los pedidos de los clientes y de los materiales guardados en los diferentes almacenes.

La fórmula usada para esto es relativamente sencilla:

$$N_{t,c} = \sum_{k=1}^{t-1} \min\{0, I_{t-l_c,c}\} + N_{k,c}$$

En donde:

$N_{t,c}$: necesidades netas no satisfechas del componente c , en el período t ,

$I_{t-l_c,c}$: inventario previsto del artículo c , en el período $t-l_c$,

l_c : tiempo de demora de producción o entrega del proveedor para la operación que resulta en un componente c .

Como puede verse, se tiene que aplicar este procedimiento para cada uno de los artículos terminados y cada uno de los componentes de los mismos y posteriormente sumar los componentes duplicados.

Estos cálculos, hechos con las sumadoras mecánicas de la época, tomaban a tres personas entre una y dos semanas y los resultados se obtenían con los inevitables errores.

Para el momento en que llegaba a su término un período de cálculo, ya se tenía que hacer otro nuevamente y la presión que se tenía en este grupo de personas era tal que trabajaban 10 horas al día, mínimo, durante seis días a la semana.

Cuando se presentaban cambios en las necesidades de los clientes, la empresa se convertía en un verdadero caos.

De esa época a la fecha, la tecnología ha logrado grandes avances. Con éstos se pusieron al alcance, primero de las grandes y medianas empresas, formas de trabajo más eficientes y exactas, para permitirles trabajar prácticamente en tiempo real.

La tecnología que ha permitido esto se conforma por: los procesadores (las computadoras), las redes de área local (LAN) y la captura automática de información.

Las ventajas logradas con lo anterior se pueden concretar en:

1. Las computadoras han permitido el procesamiento de información en tiempos que actualmente se siguen reduciendo. Lo que antes tomaba de una a dos semanas, ahora se realiza en unos minutos (de 15 a 30);
2. Las redes locales permiten a todos los usuarios integrar la información al sistema prácticamente en el momento que sucede (en tiempo real) y, de la misma forma, les permite verla en la forma en el momento que la requiere;
3. La captura automática de información ha permitido que al transferir componentes de un almacén a otro de manera automática, usando códigos, se realice también automáticamente la transferencia de información a los procesadores;
4. La reducción de errores.

Estas ventajas tecnológicas a la fecha, por su costo, aún no están al alcance de toda la PYME en México y es lo que ha motivado el desarrollo del sistema propuesto.

En la implantación de este tipo de filosofías y de sistemas de trabajo, se requiere crear conciencia en los futuros usuarios de las ventajas del uso de las mismas y la forma de hacerlo es muy simple: presentación de casos de éxito en video, visita a lugares que se han atrevido a usar nuevas tecnologías y capacitación tecnológica en donde sea requerido.

Es muy importante hacer consciente a la gente usuaria de que, lejos de reducirse la cantidad de personas empleadas por el uso de las nuevas tecnologías, en las empresas en que se han implantado ha habido crecimiento, con mejora en las utilidades y en los niveles de empleo.

2.4. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS PSICOSOCIALES

El empleado mexicano es un empleado hábil para entender nuevos procesos tecnológicos. No obstante, los aspectos de calidad, esfuerzo, puntualidad, trabajo en grupo, corrupción, que le han sido transferidos genética, social y culturalmente, dificultan el proceso de implantación de este tipo de tecnologías y filosofías de trabajo.

Al ser el mexicano una persona dócil y fácil de enseñar, se presta al entendimiento con los dueños o administradores de la PYME. Si ellos actúan dando el ejemplo, aquél responderá de manera positiva. Desde luego que, cuando alguien no quiera participar en el grupo, tendrá que ser retirado o reemplazado.

Así que es recomendable que, para la implantación de esta filosofía de trabajo, se inicie con el convencimiento de los dueños y de los mandos superiores para prepararse hacia esta nueva forma, ya no de trabajo sino de vida, con la finalidad de que ellos la puedan transferir al resto de la organización.

2.5. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS ESTRUCTURALES

Se comentó antes sobre la escala de valores del mexicano y de la manera en que afecta a la implantación de nuevas tecnologías de trabajo. Esta escala de valores influye también en la estructura de las organizaciones, dado que determina la manera en que el individuo respeta las jerarquías.

Al mexicano le resulta difícil trabajar en grupo. Le es fácil trabajar con una estructura de tipo castrense, por razones de que, habiendo vivido mucho tiempo oprimido y en situación de dependencia del dueño, el patrón o el gobierno, se conformó a este tipo de esquema. Sin embargo, los tiempos han empezado a cambiar y las nuevas generaciones están recibiendo educación mediante el uso de tecnologías colaborativas en las que el trabajo está centrado en el equipo y con un cambio en los procesos mentales.

Pasarán algunos años antes de que el mexicano comprenda el trabajo en equipo (de manera sistémica) en todas las actividades de la vida, por lo que al implantar sistemas con nuevas tecnologías es recomendable suministrar la capacitación previa para el trabajo colaborativo en equipo.

2.6. DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN POR ASPECTOS ECONÓMICOS

Además de los conceptos expresados anteriormente, como fuentes de dificultad para la aplicación de nuevas tecnologías en las PYME, entre los aspectos del entorno que más obstaculizan la implantación de tecnologías como la del MRP, se mencionarán los aspectos económicos. Éstos causan que las PYME no implanten sistemas MRP en sus organizaciones. Si las partes psicosocial, estructural, tecnológica y de metas y valores de la PYME tienen que cambiar, en paralelo se tiene que resolver el aspecto económico de las mismas.

En seguida va a reforzarse el razonamiento sobre la participación de la cuestión económica en la dificultad de implantación de sistemas de esta naturaleza. En la Tabla 2.1 se muestran los costos de mercado de sistemas MRP con diferentes proveedores. Se puede observar que con los costos actuales es prácticamente imposible implantar un sistema de éstos para una pequeña industria.

Además de los costos mostrados existen los costos de mantenimiento y de actualización de los sistemas. O sea que, para una empresa, implantar un sistema de esta naturaleza cuesta entre 80,000 dólares y 2,000,000 de dólares (cabe aclarar que pueden presentarse costos de implantación adicionales por el cobro de instalación y adaptación a la empresa).

TABLA 2.1. PROVEEDORES DE SISTEMAS MRP Y SUS COSTOS

Proveedor	Producto	País de origen	Venta	Costo por licencia (en miles de dólares)	Consultor promedio por día (en dólares)
Great Plains (Microsoft)	Solomon Software	Estados Unidos	Directa Canal	30 a 50	no disponible
QAD	MFG PRO	Estados Unidos	Directa Canal	50 a 100	no disponible
Datasul	no disponible	Brasil	no disponible	no disponible	no disponible
Invensys (antes Baan)	no disponible	Holanda, Estados Unidos	no disponible	200 a 500	no disponible
JDEdwards	OneWorld	Estados Unidos	Directa Canal	150 a 1,000	600
PeopleSoft	PeopleSoft	Estados Unidos	Canal Directa	200 a 1,500	800
Oracle	Oracle Aps	Estados Unidos	Directa Canal	200 a 1,500	1,000
SAP	R/3 mySap	Alemania	Canal Directa	200 a 2,000	1,200

Fuente: Encuesta elaborada por el Departamento de Ventas de la empresa Equinoccio S. A. de C. V.

Si una pequeña empresa vende 500,000 dólares al año y sus utilidades son de 50,000 dólares al año, tendría que pagar con las utilidades de dos o más años uno de estos sistemas. Además, algunas de estas empresas no tienen computadoras para poder operarlos. Las cifras no son exactas porque a los precios de licencia se cargan costos de programadores, de personal de la empresa que trabaja en la implantación y adaptación de equipos y líneas de comunicación.

Es muy común que las empresas prefieran invertir en activos que puedan agregar valor al producto y no en sistemas y procedimientos que reducen operaciones que no agregan valor y esto se convierte en un círculo vicioso. O sea, las empresas no mejoran su eficiencia por sistemas o procedimientos, sino que lo intentan mediante mejoras al proceso. La mayoría de las veces la información que generan los sistemas o las reducciones de costo por uso de materiales, mano de obra y tiempos de operación podría hacer que su competitividad aumentara a niveles de competitividad mundial.

Así, las empresas altamente tecnificadas y sus filiales que usan estos sistemas, trabajan con esta filosofía de trabajo y lo hacen por las siguientes razones: por costo, porque se ven obligadas por normas de calidad y por competencia.

Un proyecto de esta naturaleza se justifica cuando:

- ? La competencia obliga a tener normas de calidad mundial;
- ? Cuando la supervivencia de la empresa peligra.

Y así, se regresa a un círculo del cual es difícil salir. Por otro lado, se estima que las empresas con la capacidad económica para adquirir los sistemas comerciales deben ser del orden de 1000 en toda la República Mexicana, mientras que las empresas pequeñas y medianas andan en el orden de 328,000 (INEGI, 2004).

Nuevamente, las restricciones son:

- ? El costo de adquisición
- ? El costo de mantenimiento
- ? El costo del equipo de cómputo para uso de los sistemas.

De esta forma, este trabajo propone una solución para este número importante de industrias en México, que son la base de las economías de países como España, Corea, Alemania y Estados Unidos.

2.7. DIAGNÓSTICO

De esta forma, se sintetizan tres aspectos importantes a considerar para el desarrollo y la implantación de un sistema de esta naturaleza: los *culturales*, los *económicos* y los *técnicos*.

Los tres factores deben ser atendidos para garantizar un sistema que pueda competir con *calidad* con sistemas similares.

Además, considerando que este sector industrial es mexicano, es el nicho de mercado que puede poner a México en un nivel de competencia mundial.

Las grandes empresas pueden pagar el precio de sistemas similares, inducir una filosofía de trabajo y adquirir la tecnología requerida para competir en el mercado mundial. El nicho de mercado que representa la pequeña y mediana industria no lo hace por los factores mencionados en este capítulo.

La información que se presenta, muestra parcialmente las condiciones actuales de la pequeña y mediana industria mexicana e identifica un área de oportunidad para los profesionistas Politécnicos que estamos dedicados a la manufactura.

Diagnósticos más profundos, cubriendo los aspectos del mercado y sus necesidades que se han considerado como importantes, deberán ser realizados por futuros profesionistas que planeen implantar un sistema de esta naturaleza.

El sistema deberá cubrir no sólo la parte informática, sino que también debe cubrir las partes tecnológica, estructural y filosófica de su implantación.

CAPÍTULO 3

UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA LA PEQUEÑA Y LA MEDIANA INDUSTRIA EN MÉXICO

3.1. CONCEPTO DEL SISTEMA

Para resolver la problemática presentada y diagnosticada previamente, se propone en este capítulo, después de haber identificado la necesidad de un sistema de planeación de requerimientos de materiales, definir las necesidades de información para el diseño de un sistema, que pueda además operar en Internet y ser usado por pequeños y medianos industriales, que no pueden pagar el costo de los grandes sistemas comerciales actuales.

De aquí en adelante la propuesta denomina *Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales para la Pequeña y la Mediana Industria Mexicana* y se denota por las siglas PRM-PYME.

El sistema puede ser programado en diferentes plataformas y lenguajes por programadores expertos. Asimismo se plantea que la capacitación y la formación de los usuarios en esta nueva filosofía de trabajo es un punto que debe abordarse, aunque se propone que esta parte sea cubierta por instituciones educativas o dependencias del gobierno, no como parte de esta tesis, sino en una etapa futura.

Las ventajas de un sistema de planeación de materiales disponible por Internet son:

- ? Bajo costo de adquisición.
- ? Bajo costo de ingreso al club de usuarios, que se estima en \$5,000 por empresa.
- ? Bajo costo de mantenimiento, que depende del número de procesos y del de artículos que se manejen.

Aunque las compañías proveedoras de sistemas MRP (mencionadas en la Tabla 2.1) han liberado versiones de sus programas con tecnología para Internet, sus sistemas siguen siendo costosos para las pequeñas industrias nacionales, además de que las soluciones siguen siendo elitistas y en idiomas extranjeros.

Dentro de la disponibilidad de recursos informáticos también se ha consultado material didáctico, como el software WinQSB (Chang, 1998). En los inicios del desarrollo de la propuesta se estudió este paquete en su programa MRP, para experimentación con distintas informaciones que participan en la integración del plan de requerimiento de materiales.

En cuanto a esta propuesta, consiste en realizar un sistema con tecnología de Internet, que pueda ser instalado en un servidor de Gobierno o de alguna Universidad, para atender a cualquier PYME que lo solicite, sin importar su giro. En la actualidad, en la Universidad La Salle Pachuca se encuentra en desarrollo y evaluación un sistema de este tipo.

La razón de recurrir a Internet no es utópica. En planteamientos existentes se han fijado los elementos para el funcionamiento de la telemanufactura o manufactura a distancia (Monchaud y Draganov, 1997) y de la fábrica digital o virtual (Worn, Frey y Keitel, 2000) en donde se aprovechan recursos y se comparte información.

3.2. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA PROPUESTO

A continuación se presentan los aspectos técnicos y económicos más importantes incluidos en la propuesta.

3.2.1. Aspectos económicos de la propuesta

Las ventajas económicas que tendría un sistema del tipo PRM-PYME, serían las que se comentan a continuación:

- ? No existiría un costo de adquisición;
- ? El costo de ingreso al club de usuarios tendría un valor de \$5,000;
- ? El costo aproximado de renta mensual por uso del sistema oscilaría entre 2,000 y 10,000 pesos, dependiendo del número de artículos que se manejen y del tiempo de uso;
- ? La capacitación sería otorgada por el Gobierno o las Universidades a costos bajos, y una estimación preliminar sería de 1,500 pesos por usuario y podría hacerse por *Edusat* (Red Satelital de Televisión Educativa) o por Internet.

De esta forma, el proyecto presentado se justifica porque, de las 328,000 empresas (INEGI, 2004) que pueden usar esta tecnología y que generan el 95.4% del personal ocupado a escala nacional, aumentarían su productividad, actualmente estimada en 40%, y se volverían competitivas en el marco mundial. Con esto, su participación en el Producto Interno Bruto nacional aumentaría en forma exponencial, por la forma en que generan empleos.

3.2.2. Aspectos técnicos del sistema

Para que el sistema PRM-PYME sea útil a las industrias mexicanas referidas, debe llenar los siguientes requisitos:

- ? Versatilidad;
- ? Procesos (algoritmos);
- ? Capacidad;
- ? Facilidad de operación;
- ? Seguridad;
- ? Ayuda en línea;
- ? Soporte remoto;
- ? Sistema de actualizaciones;
- ? Programa de mantenimiento.

El trabajo subsiguiente cubre cada uno de los puntos anteriores, combinando temas de la bibliografía y otros de la experiencia de 25 años en la implantación de sistemas similares en la industria mexicana.

3.2.3. Estructura de la propuesta

Las necesidades de información para el diseño del PRM-PYME, señalan que sea un sistema versátil, en razón de los diferentes tipos de negocios que existen en este sector industrial.

Esta versatilidad de situaciones factibles de presentarse en pequeñas y medianas industrias, se logra construyendo una base de datos que permita almacenar la información de manera estandarizada y que permita el crecimiento y la operación de un número considerable de empresas. También es necesario un buen diseño de los algoritmos que representan los procesos por efectuar y de los reportes que se deban obtener con el sistema.

Para describir el detalle de los elementos de la propuesta, en las siguientes secciones se describen:

- ? La figura conceptual de la propuesta
- ? Las figuras de flujo de la propuesta
- ? Las bases de datos
- ? Los procesos
- ? Los reportes

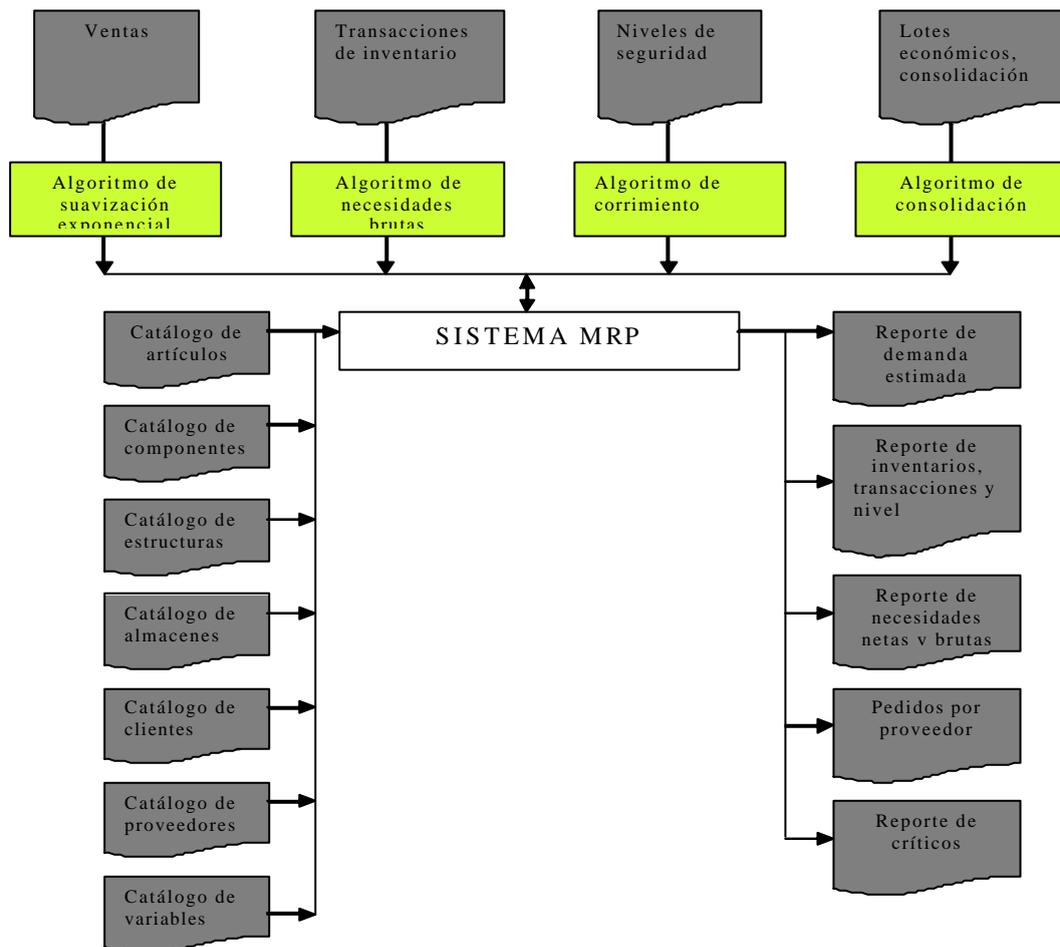


Figura 3.1. Esquema conceptual de la propuesta.

En un esquema conceptual, la propuesta se presenta en la Figura 3.1. En ella se encuentran indicados los elementos siguientes, alrededor del bloque del sistema PRM-PYME:

- ? A la izquierda del bloque citado, en forma de columna, aparecen los datos de entrada que requiere el sistema, a los cuales se denomina *catálogos*;
- ? A la derecha del mismo bloque, como salidas, se indican, en forma de columna, los *reportes* que genera el sistema;
- ? Por arriba del bloque, aparecen en el primer renglón las entradas de información del sistema, que corresponden a los conceptos de *ventas*, *transacciones de inventario*, *niveles de seguridad* y *lotes económicos o de consolidación*;
- ? Asociados con cada uno de los precedentes, en el segundo renglón sobre el bloque aparecen los *algoritmos*, que son los procesos que aplica el sistema.

3.3. CATÁLOGOS

Los requerimientos o datos de información de entrada del sistema, se indican en los denominados *catálogos* y en las bases de datos del mismo, que los programadores deben presentar a los usuarios, de tal forma que éstos puedan capturar la información propia de su empresa, previamente al uso del sistema. De esta forma se lleva a cabo la descripción y, a partir de los mismos, el programador puede crear las bases de datos.

Los catálogos son las bases de datos que requiere el sistema para poder operar y que permiten la mejora continua en la operación de la empresa usuaria del sistema. De aquí que su utilidad sea mayor mientras esté mejor integrada.

Se definen los siguientes catálogos para el sistema:

3.3.1. Catálogo de artículos

En el catálogo de artículos se incluyen los productos terminados que se fabrican.

3.3.2. Catálogo de partes o componentes

Los elementos comprendidos son las partes o los componentes que se utilizan en la fabricación de los artículos terminados. Dentro de este catálogo, además de la descripción del componente, debe existir la información sobre: tiempo de entrega o fabricación, lote económico en caso de existir, costo unitario (valor de la última adquisición), costo de preparación en caso de ser de fabricación o costo de ordenamiento en caso de ser compra, tiempo estándar de fabricación, valor del inventario de seguridad en caso de ser requerido, unidad de medida (de compra y de entrega a producción), porcentaje asignado por proveedor, nivel de ingeniería, activo o no activo.

Es conveniente que estos catálogos se separen en tres diferentes categorías: por especificaciones de proceso, por especificaciones de producto y por especificaciones especiales. En el desarrollo de programas de cómputo que incluyen planeación de la producción, esto representa una ventaja para el programador.

El sistema debe ser capaz de manejar cambios de ingeniería y fechas de caducidad.

Algunas características importantes de este catálogo son las siguientes:

1. Los componentes que estén en el último nivel de la estructura son componentes de compra y que finalmente son solicitados a los proveedores para ser abastecidos.
2. Los componentes pueden estar en un nivel intermedio, pero si es necesario que salgan de la empresa para que se les haga una operación deben ser considerados como materiales que se solicitan a proveedores.
3. Los componentes pueden estar formados por varios componentes y debe ser posible el transferir el conjunto de componentes al hacer una transacción de inventarios. Esta transacción puede ser de almacén a almacén y como uno de los almacenes puede ser de desperdicio, todos los componentes deben ser considerados como tal hasta que si hay posibilidad de salvamento, puedan ser ingresados nuevamente a los almacenes como componentes en buen estado.

4. Cuando es integrado un producto terminado y es entregado al cliente, el sistema debe considerar que todos los componentes salen de almacenes (materia prima y mano de obra).
5. Los componentes pueden ser parte de diferentes artículos terminado y es muy importante que cuando esto ocurra, tengan la misma denominación.
6. Los cambios de ingeniería afectan a los componentes en todos los artículos terminados, esto es, no puedan afectar a un solo artículo terminado si el componente es usado en varios artículos terminados. Es muy usual que las empresas permitan esto, creando un vicio de aceptación de mala calidad en la elaboración de los productos que fabrica.
7. En los componentes, un cambio de ingeniería afecta la utilización de los materiales y puede dejar obsoletos a materiales en proceso, por lo que es importante que las fechas de vigencia sean analizadas con detenimiento antes de su utilización.
8. Los proveedores que surtirán los artículos y los porcentajes de las necesidades.

3.3.3. Catálogo de estructuras

El catálogo de estructuras es la forma en que cada uno de los componentes se integra en los artículos terminados.

De la programación de este catálogo depende la flexibilidad que tenga el sistema. El programar una sola estructura es relativamente fácil aún con muchos componentes, pero manejar múltiples artículos con múltiples componentes es un problema de programación.

Las estructuras de los artículos terminados son árboles que se estructuran conforme a lo que se indica en la Figura 3.2:

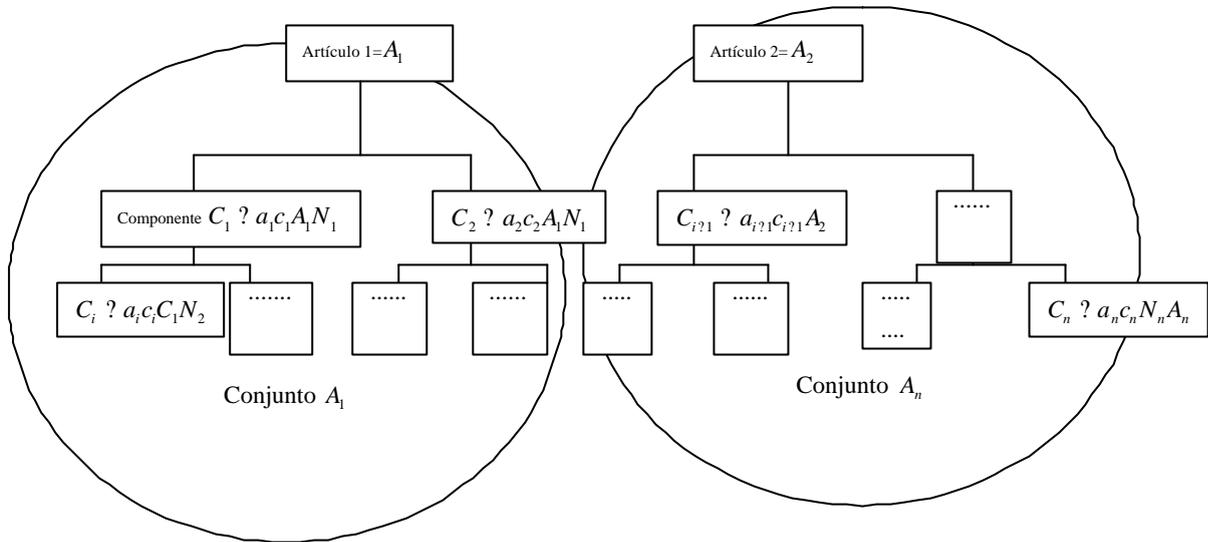


Figura 3.2. Conjuntos de productos terminados y sus componentes.

Donde:

a_1, a_i, \dots, a_n = Cantidad del componente C_i

$C_j ? a_j c_j C_i N_j$ = Componente j , que forma parte del componente i y está en el nivel N_i de la estructura y del que se requieren a piezas.

Esta forma de manejo de estructuras, permitirá al programador poder realiza la explosión de materiales usando la teoría de los conjuntos.

Ejemplo:

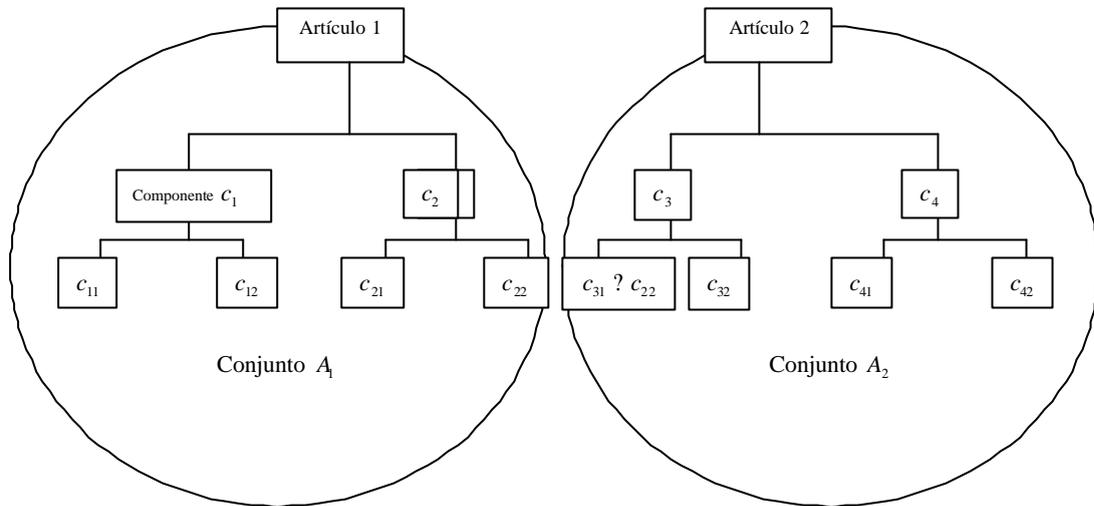


Figura 3.3. Intersección de componentes en los conjuntos.

De esta forma, como se señala en la Figura 3.3, la intersección de estos dos conjuntos es igual al conjunto en donde sólo está el componente C_{22} .

$A_1 \cap A_2 = c_{22}$ y el componente C_{22} existirá tantas veces como se encuentre en una intersección de otro conjunto.

Los componentes podrán usarse en diferentes cantidades en cada artículo de tal forma que: $A_i = \sum_{m=1}^n n_m \cdot C_m$ así $A_j = \sum_{m=1}^n n'_m \cdot C_m$

Aquí se aplica el algoritmo para determinar el número de componentes usados en todos los artículos. El catálogo o las tablas de las estructuras deben estar formados de tal forma que se puedan programar las intersecciones de los conjuntos A.

Los catálogos de estructuras son una pieza importante en el diseño de un sistema como el actual. De su buen diseño dependerá la facilidad de operación del sistema.

3.3.4. Catálogo de almacenes

En cuanto al catálogo de almacenes, el sistema debe ser flexible y el usuario debe tener la capacidad de crear en él la cantidad de almacenes que requiera su operación. Estos almacenes pueden ser: de recibo de materiales, de materia prima, de proceso (la cantidad de procesos que tenga en su fabricación), de desperdicio, de mermas, de maquiladores, de producto terminado, etcétera. En cada uno de éstos, los catálogos contarán con localizaciones de los productos almacenados, si es requerido, o podrá manejar *almacenaje variable*. En el sistema, el usuario indicará cuáles almacenes deben ser considerados como *almacenes productivos* y cuáles son almacenes de material que no puede ser usado en la producción.

En este tipo de sistemas lo más importante es definir en cuáles almacenes se tiene materiales disponibles para la producción y en cuáles otros se tienen materiales que están en cuarentena, son desperdicio, están en inspección o que, por alguna razón, están detenidos y no pueden ser usados en la fabricación.

Nuevamente, si los almacenes son de materiales no disponibles, no deben ser considerados en los requerimientos de materiales. Sin embargo, el sistema debe dar la posibilidad de poder evaluar la magnitud de los materiales en estas condiciones.

En las localizaciones de los almacenes debe existir la posibilidad de hacer bloqueos de materiales.

Se debe considerar que los catálogos de almacenes sólo son éstos y que sus tablas deben estar relacionadas con el proceso de transacciones entre almacenes (movimientos de materiales entre almacenes)

A continuación se presentan los algoritmos sugeridos para las tablas de catálogos de almacenes.

Si Almacenes = $N_1, \dots, N_i, \dots, N_n$

Entonces Localizaciones = $N_n L_1, \dots, N_n L_i, \dots, N_n L_n$, tal que $L : L_n ? N_n^2$

O sea que cada almacén tendrá sus propias localizaciones, en donde se almacenan los artículos de cada producto.

TABLA 3.1. EJEMPLO DE MATRIZ DE ALMACENES

N_1	N_1L_1	N_1L_2	N_1L_3	N_1L_i	N_1L_n
Bloqueo = *					
C_1		50			
C_i			100*		
C_n					

En donde: C_i son los componentes (artículos) almacenados y el signo de *Bloqueo* es usado para bloquear productos en las localizaciones cuando éstos están impedidos de movimiento por razones como: calidad, vendido, muestra, incompleto, etcétera.

En cada una de las celdas se indica la cantidad almacenada, como se muestra en una de ellas. En el ejemplo, donde dice 50 se lee: existen 50 piezas del componente C_1 en el almacén N_1 y en la localización L_2 . Esta localización puede ser un espacio en un estante de almacenamiento.

En el ejemplo donde dice 100, se lee: existen 100 piezas del componente C_i en el almacén N_1 y en la localización L_3 .

Este catálogo es importante porque no sólo define los almacenes, sino las localizaciones de los mismos. En algunos sistemas de inventarios, los almacenes definen los costos de los materiales almacenados en los mismos. Sin embargo, es importante que sea la nomenclatura del artículo la que defina el costo del mismo.

3.3.5. Catálogo de clientes

El de clientes es un catálogo con todos los datos del cliente.

Los datos importantes que debe contener el catálogo son los siguientes:

- ? Datos generales del cliente: nombre, dirección, teléfonos, correo electrónico, contactos y niveles de decisión;
- ? Datos de facturación: los que requiere una factura para imprimirse como: nombre, dirección, Registro Federal de Causantes, etcétera;
- ? Datos de embarque: cantidad de mercancía entregada, lugar adonde se envía y forma de facturación;
- ? Seguros: Tipo de seguro que cubre el cliente en su embarque y en sus pagos;
- ? Datos de matrices y sucursales: para grandes clientes que manejan matrices y sucursales, el sistema es capaz de recibir pedidos a través de las matrices y enviar pedidos a las sucursales;
- ? Datos de los representantes que atienden al cliente;
- ? Datos de precios: los clientes reciben diferentes tratamientos de precios en artículos iguales, dependiendo del volumen de compra y de las negociaciones que se hagan, por lo que se deben considerar los precios acordados con el cliente. Muchas veces se requieren procesos si los precios están en función del volumen de compra y no al cliente.

3.3.6. Catálogo de proveedores

El catálogo de proveedores tiene una estrecha relación con la filosofía de trabajo Justo A Tiempo. En un programa de planeación de materiales, JAT es tal que sigue políticas de entrega justo a tiempo y es prácticamente imposible trabajar con el sistema si los proveedores

no surten con altos niveles de calidad y de puntualidad. De la confiabilidad del abasto de los materiales dependerán los niveles de inventario y que los programas se cumplan de acuerdo a lo planeado.

En el pasado se adelantaban los programas de entrega a los proveedores con tres meses firmes y seis estimados, lo cual originaba que en la mayoría de los artículos surtidos se llevaran inventarios mayores a tres meses y muchas veces hasta de seis meses.

En la actualidad, las empresas que están usando estas filosofías y estos programas de trabajo, dan a sus proveedores programas con horizontes de seis meses pero con programas de entregas diarias y, en algunos casos, hasta horarias.

Entregar materiales *en el momento que se necesita* tiene como efecto que los inventarios se reduzcan, al mismo tiempo que duran los artículos en los lugares previos al ensamble.

Por eso, para implantar el programa se requiere establecer tres puntos importantes en la filosofía de trabajo de la empresa:

- ? Trabajo justo a tiempo con altos niveles de calidad (usualmente tres defectuosos por millón de partes);
- ? Flexibilidad en los procesos de manufactura (tiempos muy reducidos de preparación en la maquinaria);
- ? Alta confiabilidad de los proveedores y de los procesos.

En la Figura 3.4, se ejemplifica el efecto en los inventarios, de acuerdo con el tiempo de entrega de los proveedores:

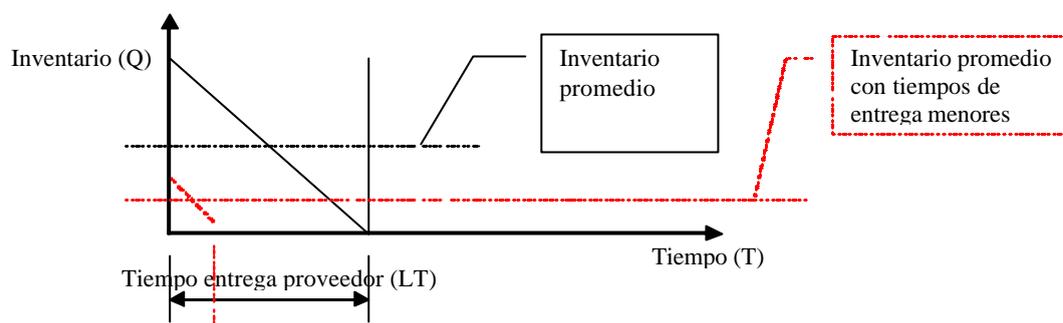


Figura 3.4. Ventajas sobre los inventarios por el uso de la planeación de materiales.

Conforme se reduce el tiempo de entrega del proveedor, se reduce la cantidad de inventario que es necesario mantener en la empresa para poder producir sin problemas.

Algunos sistemas de información, llevan un sistema de evaluación de los proveedores. Sin embargo, el desarrollo de la confiabilidad dependerá más de un programa de selección y desarrollo de proveedores, que de los datos que pueda arrojar el sistema. Es importante, que maneje el sistema la estadística de defectuosos y gráficas para mejora continua de cada uno de los diferentes proveedores y de los defectos que se entregan en los diferentes artículos. Se consideran también como proveedores a los procesos dentro de la planta que fabrican artículos para ser ensamblados.

Aunque la filosofía del sistema de información, es poder trabajar con un solo proveedor, el sistema debe poder manejar diferentes proveedores. Esto es, en el momento de colocar pedidos, el sistema debe poder colocar pedidos del mismo artículo a diferentes proveedores, dependiendo del grado de confiabilidad o de los precios a los que surte. Debe tenerse cuidado con usar el precio como factor de surtimiento. Es importante considerar la calidad y la confianza de surtimiento del proveedor antes de analizar el precio.

Este catálogo tiene todos los datos del proveedor. Los datos deben ser suficientes para con ellos poder colocar órdenes de compra con instrucciones de embarque, políticas de pago,

condiciones mínimas de compra, descuentos por volumen, desde luego además de la dirección, el teléfono, los contactos, el número de fax y la dirección electrónica.

3.3.7. Catálogo de variables

Las empresas mexicanas trabajan de dos formas: con pedidos programados y con pedidos recibidos de sus clientes de manera aleatoria. Aquéllas que reciben pedidos programados no requieren el uso de un catálogo de variables de suavización. Sin embargo, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas de México reciben pedidos aleatorios de sus clientes.

Suministrar a este tipo de empresa, dentro del sistema, una herramienta estadística para su administración, le permitirá poder planear tanto sus compras como su producción.

Después de hacer un análisis de diferentes herramientas estadísticas para pronosticar, y de aplicar algunas de ellas, la herramienta que se ha encontrado ser útil, flexible y de fácil entendimiento, es el proceso estadístico que usa la suavización exponencial (también conocida como alisamiento exponencial). En los catálogos, el sistema debe contar con métodos estadísticos que permitan al usuario conocer sus ventas y poder planear. En la suavización exponencial se usan las variables α y β que, dependiendo de la demanda de los productos en el mercado del usuario, permitirán programar su reacción a la misma, más o menos nerviosa. En el apartado de procesos se explicará cómo funcionan estas variables para la PYME mexicana.

Existen otras técnicas para pronosticar y tal vez un estudio interesante para un futuro será ponerlas en práctica y compararlas con las que se proponen y que han sido probadas. Éstas pueden ser: regresión múltiple, regresión no lineal, análisis de tendencias, análisis por descomposición, promedios móviles, promedios móviles ponderados, filtrado adaptado, filtrado Hodrick-Prescott, método Holt-Winters y metodología de Box-Jenkins.

Con el tiempo, y considerando la evolución de las organizaciones, se podrán ir aplicando formas diferentes de pronóstico para diferentes sectores.

3.3.8. Otros catálogos por considerar

Existen otros catálogos que deben ser considerados, por ser usados en una gran cantidad de empresas. Se incluyen entre éstos: Agentes, Unidades de Medida, Compradores, Tipos de empaque, Familias, Causas, Claves de acceso al sistema, como los más usuales.

- ? Catálogo de agentes. En muchas empresas las ventas se hacen a través de representantes, a quienes se paga por sueldo o por comisión o una combinación. El sistema, en el momento de generar la estadística de ventas, debe considerar comisiones u objetivos fijados a los vendedores. Este catálogo debe contener también las zonas que debe cubrir el agente;
- ? Catálogo de unidades de medida. Los artículos surtidos por los proveedores, no siempre están en la misma unidad de medida que la usada dentro de la empresa. Por ejemplo, el proveedor puede surtir en kilogramos y la planta maneja metros. Éste es el caso de una fábrica de convertibles. Otro ejemplo es que el proveedor surta en kilogramos y la planta maneje litros, como en el caso de fábricas con flujo de líquidos. En resumen, este catálogo debe ser flexible para que el usuario pueda configurar las unidades de medida que se usen en su empresa;
- ? Catálogo de compradores. Algunas empresas tienen más de un comprador, si este es el caso debe existir un catálogo con los datos del comprador;
- ? Tipos de empaque. Normalmente los empaques no son considerados como partes de la estructura. Lo ideal es que se consideren como parte de la misma aunque no formen parte del producto. Sin embargo, la mayoría de las empresas lo consideran material indirecto y por eso se suministra un catálogo con los diferentes tipos de empaque. Es recomendable que sea considerado dentro de la estructura porque, de

esta forma, las compras de estos materiales serán de acuerdo a la producción de los productos vendidos;

- ? Catálogo de familias. En algunas empresas se requiere conocer la rentabilidad de los productos vendidos. Cuando éste es el caso, los productos terminados se agrupan en familias;
- ? Catálogo de causas. Las entradas y salidas de los artículos a los almacenes pueden deberse a diferentes razones: compra, proceso, muestras, devoluciones, calidad, etcétera. El sistema debe identificar la razón en cada caso, ya que las condiciones de los artículos en los almacenes son consideradas en el cálculo de necesidades;
- ? Catálogo de claves. El sistema debe ser flexible y permitir generar claves de acceso a los diferentes usuarios del sistema. A veces esta parte se deja fuera de los catálogos y se incluye en las utilerías del sistema.

3.4. ALGORITMOS DEL SISTEMA

Con los algoritmos, el sistema realiza los cálculos para la planeación de los materiales para la producción.

Los procesos que incluye el sistema son los siguientes:

- ? Transacciones de inventario
- ? Estadísticos de ventas
- ? Planeación de materiales

3.4.1. Transacciones de inventario

Es importante mencionar que, para las empresas que quieran adoptar un sistema de planeación de materiales, la fase de la implantación en que normalmente hay fallas, es la de manejo de los inventarios. Por eso se sugiere que, al usar estos sistemas, inicialmente se adquiera y use el módulo de inventarios y, hasta que éste no esté trabajando, no se adquieran los siguientes módulos. No hay que olvidar que, para poder manejar el sistema de inventarios, se requiere usar todos los catálogos del sistema, entre los que se encuentran los de artículos y de estructuras.

Por esto, las empresas que manejan sistemas de este tipo, consideran el manejo de inventarios como el primer proceso del sistema, que se lleva a cabo en tiempo real por los usuarios. Consecuentemente, cuando los movimientos de inventario llegan a volúmenes importantes (10,000 operaciones o más por día), se requiere de la captura automática de información, para que el sistema pueda manejar las cantidades de inventario en forma adecuada.

Un inventario es un almacenamiento de partes en un recinto determinado (que puede ser confinado o en transportes terrestres, marítimos o aéreos). Cada vez que una de las partes se cambia de localización dentro de un almacén o entre almacenes, se dice que ha existido una *transacción de inventario*.

Entre mejor identificadas (rastreadas) sean estas transacciones, mejor control se tendrá de los inventarios.

El sistema PRM-PYME permite registrar las transacciones entre almacenes, así como los cambios de localización dentro de un almacén.

Es importante considerar que, para efectos de disponibilidad de partes, PRM-PYME no considera almacenes como los de cuarentena, en tránsito o los almacenes de defectuosos. Sin embargo, sí los considera para efectos de control contable, como materiales que se pueden convertir en obsoletos.

3.4.1.1. Entrada o salida de inventario

El nivel de inventario inicial es un valor encontrado en el inventario físico de partes o componentes, en los diferentes almacenes. La cantidad, normalmente, debe ser igual a aquella asentada en los libros de contabilidad de las empresas.

Antes de operar un sistema de esta naturaleza, se requiere contar con información de los almacenes, de las partes y de los proveedores, como se describió en los catálogos.

3.4.1.2. Fecha

Es una información de la mayor importancia en un sistema de planeación, ya que las fechas establecen la base de tiempo para las entregas de los materiales. Además, la pauta es que éstas se realicen justo a tiempo.

3.4.1.3. Número de documento

Es el número de documento con que se le entrega la parte, para el caso de proveedores que entregan con remisión o con factura o para salidas de producto terminado en que se registra un número de documento de entrega al cliente.

3.4.1.4. Consulta de entradas y salidas acumuladas

En los sistemas de esta naturaleza, la administración de las entradas y salidas se debe manejar:

- ? *por acontecimiento y*
- ? *en forma acumulada por período de planeación.*

3.4.1.5. Inventario perpetuo

Una forma de que las empresas tengan éxito en la aplicación del módulo de inventarios del sistema PRM-PYME es que el usuario no tenga necesidad de hacer inventarios físicos para poder conciliar las cantidades reales con las cantidades físicas en los almacenes, por lo que el sistema debe permitir, en cada transacción o con cierta periodicidad, hacer inventarios físicos aleatorios de manera perpetua de sus almacenes. La empresa deberá dictar como política el número de entradas o salidas después del cual se debe registrar el inventario real, para que los responsables de almacén capturen los datos en la pantalla mostrada con el icono de inventario perpetuo.

Cuando el reporte de inventario real contra el de libros coincide, los usuarios pueden iniciar el uso del PRM-PYME y se puede decir que tienen cubierto más del cincuenta por ciento de la implantación de su sistema.

Las bases de datos de los inventarios son dos tablas:

- ? La tabla de transacciones, que equivale al conocido *kárdex* de almacenes, en donde se registran las entradas y salidas a todos los almacenes. Es importante mencionar que una entrada o una salida del almacén puede ser motivada por varias causas, como compra, muestra, etcétera;
- ? La tabla de registro del proceso de transacciones, en donde se encuentran los datos de las cantidades de cada uno de los artículos almacenados.

Para las PYME, estas dos tablas son suficientes. Sin embargo, para empresas de gran magnitud la tabla anterior requiere manejar las localizaciones de cada una de los artículos.

No existen algoritmos para estos procesos. Son registros de entrada y salida que se hacen directamente en el sistema o con equipo de captura automática de información.

Para el proceso de cantidad en inventarios, el algoritmo es el siguiente, que se repite para todos los almacenes:

$$C_{?n}^{?n} : C_{?1}^{?n} \quad N_{?1}^{?n} L_{?1}^{?n}$$

Se debe mencionar que, a partir de este momento, se consideran dos tipos de almacenes:

- ? los almacenes productivos, $N_{?1}^{?n}$, y;
- ? los almacenes no productivos como los de cuarentena, los obsoletos, los de inspección, entre otros, en donde se encuentran los materiales que no pueden ser considerados disponibles para la producción, $N_{?1}^{?n} : N_{?1}^{?n} N^*$.

3.4.2. Proceso estadístico de ventas

Cada vez que se genera una venta, el sistema la registra en una tabla de movimientos. A partir de ésta se pueden emitir reportes de las ventas generadas por período de tiempo, por cliente, por producto, por fecha o por cualquier dato incluido en la tabla.

Una vez que el sistema tiene datos suficientes en la tabla de ventas y en los períodos que el usuario considere convenientes, se realizarán de manera automática los cálculos de una suavización exponencial o una regresión.

El usuario puede configurar el sistema para hacer que la estadística sea más o menos nerviosa y también configurar los períodos que desea utilizar.

El sistema cuenta con dos técnicas de análisis estadístico:

- ? exponencial, y;
- ? estimación de variaciones estacionales, para empresas con ventas con estas características.

El objetivo de esta estadística es presentar a los administradores de la PYME los estimados de ventas de sus productos, ya sea por producto, por línea o por ventaja competitiva. Los estimados serán mejores conforme la información archivada en el sistema se apege más a la información real. Los datos que presenta el sistema no son datos de mercado y de los cambios en el mismo.

Los criterios que se sugieren para la elaboración del pronóstico son: *sencillez de cálculo* y *flexibilidad* para ajustar el índice de respuesta.

La sencillez de cálculo tiene por objeto que los cálculos sean claros y entendibles para los administradores de la PYME. La flexibilidad se necesita para que los mismos se puedan adaptar a condiciones cambiantes.

Es importante que la frecuencia de adquisición de los datos se pueda programar de forma semanal o mensual. Por esta razón, los datos de entrada para la obtención de la estadística deben ser los pedidos de los clientes, aunque no sean facturados. A estas ventas se deben deducir las cancelaciones de pedidos de los clientes.

La secuencia que debe seguir el proceso para calcular el pronóstico es el mostrado en la Figura 3.5:

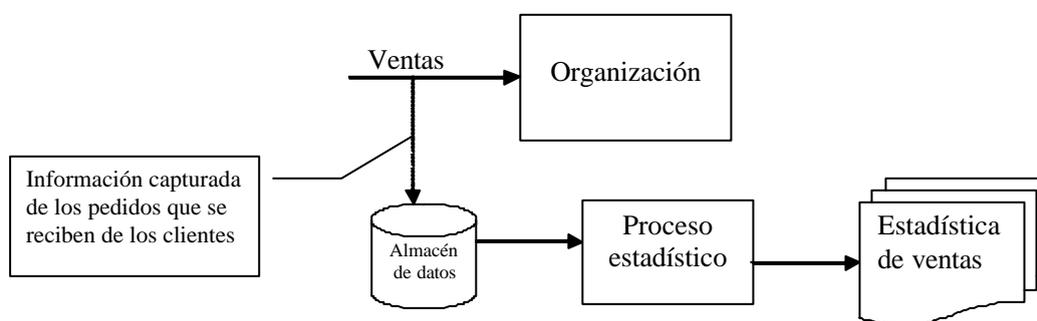


Figura 3.5. El sistema de ventas usando el algoritmo de suavización exponencial.

3.4.2.1. Estadística de ventas mediante suavización exponencial

El modelo de estadística de ventas que usa el método de suavización exponencial sirve para empresas cuyas ventas ocurren de manera aleatoria dentro del año, sin mostrar tendencia estacional.

Las tendencias estacionales se presentan cuando las ventas de los productos se polarizan debido a las características de un determinado período del año. Un ejemplo de esto son los productos que sólo se venden en la época navideña.

El algoritmo usado para el modelo de suavización exponencial es el siguiente:

$$NV = NV_{i-1} * \alpha + V_i * (1 - \alpha)$$

En donde:

NV = ventas calculadas de manera estadística por el sistema cada nuevo período, el valor inicial que usa el sistema es un estimado del usuario;

V_i = Ventas reales del mes en curso;

NV_{i-1} = Ventas calculadas de manera estadística del período $i-1$;

α, β = Variables de suavización usadas por el sistema y seleccionadas por el usuario. La suma $\alpha + \beta$ debe ser igual a la unidad. El valor recomendado es $\alpha = 0.85$.

En la Figura 3.6, se presenta el diagrama de flujo utilizado para el algoritmo de suavización exponencial:

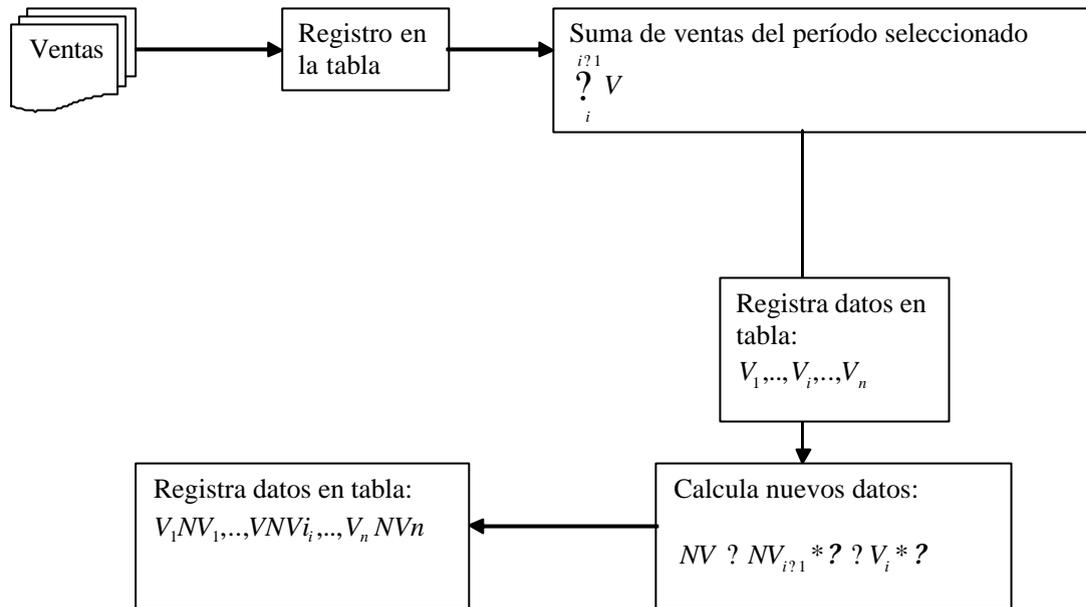


Figura 3.6. Diagrama de flujo del sistema de ventas usando el algoritmo de suavización exponencial.

3.4.2.2. Estadística de ventas mediante estimación de variaciones estacionales

El modelo de estadística de ventas mediante el método de estimación de variaciones estacionales es el que se utiliza en los casos de empresas cuyas ventas muestran un comportamiento estacional. Es importante mencionar que se requiere tener una buena cantidad de datos históricos para considerar este procedimiento. Sin embargo, aún con un año de información, las empresas pueden tener una idea de cómo se suceden sus ventas.

En el caso de un artículo el problema es muy simple. Pero, cuando la cantidad de artículos es grande, el problema de programación de la fabricación crece enormemente y en este cálculo se pierde mucha ventaja competitiva en caso de no contarse con un método.

En la Figura 3.7 se ilustra el modelo que el sistema aplica para tomar en cuenta las variaciones estacionales.

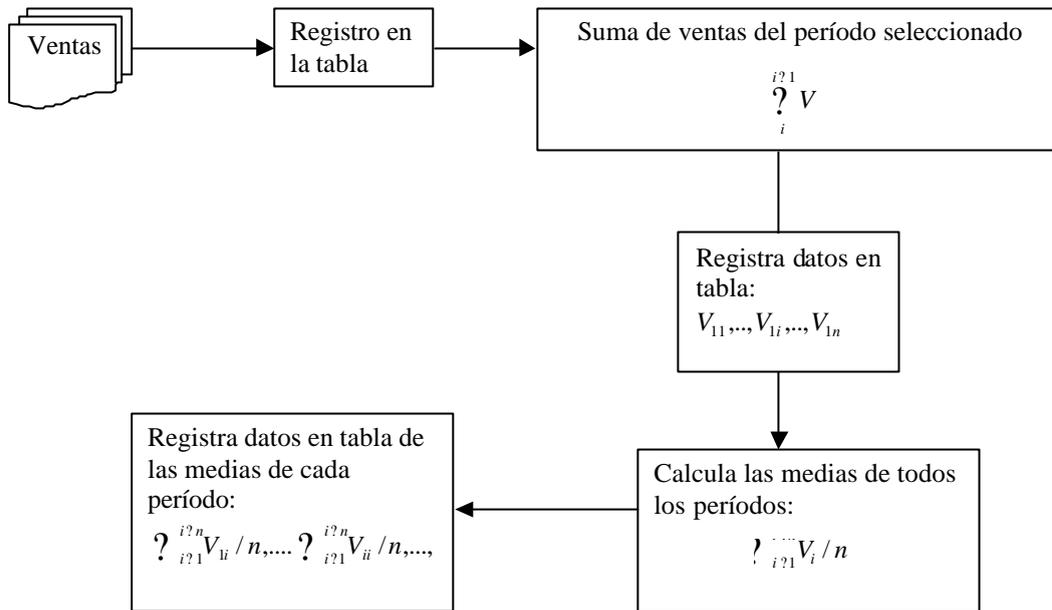


Figura 3.7. Diagrama de flujo del sistema de ventas usando el algoritmo de variaciones estacionales.

Es recomendable que antes de usar los datos obtenidos se revise la vida de los productos y las condiciones de mercado, ya que pueden hacer cambiar los datos estadísticos de manera drástica.

3.4.3. Planeación de materiales

3.4.3.1. Procesos matemáticos

El sistema de planeación de materiales es un programa conductor o programa de control maestro. Es la parte del programa en que el sistema integra todos los datos de entrada del mismo. Tiene como objetivos:

1. Hacer un resumen de los pedidos de los clientes;

2. De acuerdo con las necesidades de los clientes y con los tiempos de entrega de los proveedores en los cuales se incluye la producción, calcular lo que se necesita comprar a los proveedores, las partes que se necesitan fabricar, los artículos terminados por embarcar y recibir;
3. Indicar a los administradores del sistema los componentes que están en estado crítico y que pueden ocasionar entregas tardías a los clientes o paros de la producción;
4. Indicar el orden en que se efectuarán las tareas en cada uno de los procesos de la producción, cuando el sistema cuenta con el módulo de planeación de la producción.

Por ser el primer paso del sistema de programación maestra, sus entradas deben ser extremadamente importantes. Sin esto, se invalida el concepto de planeación JAT. Cuando se considera la posibilidad de usar un sistema de planeación de materiales es importante contar con pronósticos razonablemente exactos.

Para lograr lo anterior el sistema realiza los siguientes procesos:

- ? Explosión de materiales
- ? Implosión de materiales
- ? Corrimientos de acuerdo a tiempos de entrega
- ? Comparación contra disponibles
- ? Consolidaciones
- ? Reporte de proveedores
- ? Reporte de acumulados

Dentro del funcionamiento de un sistema de planeación de materiales básico, como fue mostrado en la Figura 3.1, los tamaños de archivo para los catálogos, datos indispensables, han dejado de ser obstáculos porque las nuevas bases de datos son más poderosas y manejan mayor número de registros con una menor memoria. Para las PYME, un sistema puede iniciar con una base de datos de 10MB e ir creciendo conforme crece la empresa y se ha encontrado que en un año éstas no crecen a más de 30MB. Hablando de periodos anteriores, hay autores

que hablan de tamaños de archivos de 4MB (Donelson, 1979), pero actualmente una computadora personal puede manejar esta magnitud de archivos sin ningún problema.

3.4.3.2. Explosión de materiales

Un producto terminado está integrado por componentes. La explosión de materiales es el proceso que se encarga mostrar esta descomposición y de identificar los componentes.

En la Figura 3.2 se ha mostrado un artículo terminado como un conjunto de componentes, por lo que si el conjunto A usa dos partes del componente C , la cantidad solicitada por el cliente en el período p del mismo artículo, es:

$$qp_1 \ ? \ 10, \dots, \ qp_i \ ? \ 20, \dots, \ qp_n \ ? \ 10$$

La explosión de materiales muestra que la cantidad Q del componente C por cada período p es:

$$\{QCp_1 \ ? \ 2 * 10, \dots, \ QCp_i \ ? \ 2 * 20, \dots, \ QCp_n \ ? \ 2 * 10\} \ ? \ \{QCp_1 \ ? \ 20, \dots, \ QCp_i \ ? \ 40, \dots, \ QCp_n \ ? \ 20\}$$

y así por cada uno de los componentes del conjunto A (artículo terminado): $A_1 \dots A_i \dots A_n$.

De acuerdo con lo solicitado por el cliente o por un pronóstico de ventas, el sistema realiza esta operación para cada artículo de los existentes en su catálogo o base de datos.

El resultado de este proceso es una tabla por cada uno de los artículos, en donde se muestran las necesidades brutas de cada uno de sus componentes.

Como hay componentes que pueden ser partes de otros productos terminados, el sistema pone en marcha otro proceso, en el que aplica la intersección de los conjuntos, como se mostró en la Figura 3.3, para encontrar los componentes comunes a varios artículos terminados y los va sumando, en un proceso al que se denomina implosión de materiales.

3.4.3.3. Implosión de materiales

Una vez que las partes terminadas han sido explosionadas, el proceso de implosión del sistema PRM-PYME se encarga de identificar las partes iguales en las diferentes estructuras y sumarlas para poder mostrar la necesidad de cada una de ellas.

La intersección de los conjuntos debe dar para todos los conjuntos A:

$\{A_1 C_j ? a_{j c_j} C_i N_j\} ? \dots ? \{A_2 C_j ? a_{j c_j} C_i N_j\} ? \dots ? \{A_n C_j ? a_{j c_j} C_i N_j\}$ desde C_1 hasta C_n , para todos los A.

Esto genera la Tabla 3.2 con las necesidades brutas de cada componente. Los períodos son especificados en las unidades de tiempo elegidas.

Q_{1c1} = Cantidad bruta requerida en el período 1 del componente C_1 .

TABLA 3.2. ESTADO DE LOS MATERIALES DESPUÉS DE LA IMPLOSIÓN

Componente	Período 1	...	Período i	...	Período n
C_1	Q_{1c1}		Q_{ic1}		Q_{nc1}
...					
C_i	Q_{1ci}		Q_{ici}		Q_{nci}
...					
C_n	Q_{1cn}		Q_{icn}		Q_{ncn}

3.4.3.4. Proceso de corrimiento

Una vez que el PRM-PYME ha determinado las necesidades de cada uno de los componentes, revisa el tiempo de entrega de cada una de ellas y hace un corrimiento de necesidades. Este tiempo de entrega es el que tarda el proveedor en surtir su producto, o bien, el tiempo que se requiere para fabricar la parte en la planta. Los tiempos son considerados con respecto al nivel “0”, o sea, el producto terminado. Esto es, si se requieren 10 unidades del componente C_1 para el período “i” y el tiempo de entrega del proveedor es de dos períodos, PRM-PYME las solicitará para el período $(i-2)$ del horizonte de planeación.

Así, la forma de reducir inventarios con este sistema es lograr la confiabilidad de los proveedores y pedirles que entreguen “justo a tiempo”, o sea, con un tiempo de entrega de valor cero. De otra forma, la empresa tendrá inventarios por el tiempo de entrega del proveedor. En el ejemplo anterior, significaría que las entregas de materiales se hagan en el período i .

En realidad el corrimiento es una medida de seguridad, dado que la empresa lo que hace es transferir la responsabilidad del abastecimiento a los proveedores, para que éstos entreguen en el período planeado. O sea, el corrimiento lo tiene que hacer el proveedor para entregar en el momento que lo necesita su cliente.

En la industria metalmecánica se inició con corrimientos de tiempo entre 6 y 3 meses. Actualmente se trabaja con corrimientos de 20 a 5 días y con el tiempo se considera llegarán a

corrimientos de horas, para que la filosofía JAT se aplique. La aclaración gráfica de este punto ha sido mostrada en la Figura 3.4.

Es muy importante entender el proceso de corrimiento, puesto que es ahí donde se aplica la filosofía JAT. Cada parte del proceso, si está integrada en células de producción, es una unidad independiente y autónoma que aplica la misma filosofía de trabajo JAT con políticas de administración de la planeación de materiales.

Los datos que se presentan a continuación son para un producto terminado. Son la fuente de información para los programas de producción de cada una de las células de producción de una empresa. En la Tabla 3.2 se señalan las necesidades brutas de cada componente, requeridas en el momento de ensamble del producto terminado en el nivel "0". Se consideran los siguientes tiempos, requeridos por cada uno de los componentes:

$$teC_1 \neq 0, teC_i \neq 1, teC_n \neq 3.$$

Como se puede observar, los tiempos son considerados por período. O sea, que al establecer los períodos de planeación se define la unidad de tiempo de los mismos. En este ejemplo no se define la unidad de tiempo, pero es aplicable ya sea que se trate de día, semana o mes.

De esta forma, de acuerdo con los tiempos de entrega anteriores (t_e), la implosión de materiales después de los corrimientos queda como está indicado en la Tabla 3.3:

TABLA 3.3. ESTADO DE LOS MATERIALES DESPUÉS DEL CORRIMIENTO

Componente	Período 1-3	Período 1-1	Período 1	Período i-3	Período i-1	Período i	Período n-3	Período n-1	Período n
C_1			Q_{1c1}			Q_{ic1}			Q_{nc1}
...									
C_i		$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(n?1)c2}$	
...									
C_n	$Q_{(1?3)cn}$			$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(n?3)cn}$		

No se puede iniciar la planeación de materiales en el período uno. La Tabla 3.3 muestra que debe ser iniciada en el período 1-3. Esto no quiere decir que se tenga un inventario de componentes durante tres períodos. Si se trata de proveedores, ellos deberán entregar sus partes en el período 1. Por otra parte, si se trata de componentes entregados por la propia planta, deberá iniciarse su fabricación en el período 1-3 para tenerlos listos para ensamble en el período 1.

3.4.3.5. Proceso de comparación contra disponibles

Una vez, que el sistema PRM-PYME ha llevado a cabo el análisis de requerimientos, se encarga de revisar lo que la empresa tiene disponible en sus inventarios y de entregar las necesidades netas de partes para surtir los productos terminados.

Esto parecería obvio para no fabricar partes de más. Sin embargo, por la dinámica del sistema y las fluctuaciones en las necesidades de los clientes, siempre existen variaciones en los disponibles. El objetivo de todo sistema de esta naturaleza es que estas variaciones se reduzcan lo más posible.

Ahora bien, al considerar que se inicia la planeación en el período 1-3 y usando la Tabla 3.3, con las necesidades brutas de cada uno de los componentes requeridos, en el momento de ensamble del producto terminado en el nivel “0”, y efectuados los corrimientos de los componentes, al efectuar los procesos de cálculo en el sistema, éste encuentra los siguientes disponibles de los componentes en los almacenes: $QC_1 ? 10$, $QC_2 ? 20$ y $QC_3 ? 30$.

Estas cantidades son una consolidación de todos los almacenes de la planta, o sea que los componentes pueden estar en diferentes lugares de la empresa. Considerando todo lo anterior, en la Tabla 3.4 se indica el estado de la planeación de los componentes, después de la revisión de disponibles.

TABLA 3.4. ESTADO DE LOS MATERIALES DESPUÉS DE IMPLOSIÓN, CORRIMIENTO Y REVISIÓN DE DISPONIBLES

Compo- nente	Dispo- nible	Período								
		1-3	1-1	1	i-3	i-1	i	n-3	n-1	n
C_1	10			Q_{1c1}			Q_{ic1}			Q_{nc1}
N. N.				$Q_{1c1} ? 10$			Q_{ic}			Q_{nc1}
C_i	20		$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(n?1)c2}$	
N. N.			$Q_{(i?1)c2} ? 20$			$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(n?1)c2}$	
C_n	30	$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(n?3)cn}$		
N. N.		$Q_{(i?3)cn} ? 30$			$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(n?3)cn}$		

N. N. = Necesidades netas de cada componente.

Como se observa en la Tabla 3.4, el ajuste en el nivel de inventarios se hace en el primer período. Para los siguientes períodos se supone que el inventario será cero. Algunas empresas, dependiendo del nivel de seguridad de sus proveedores, pueden dejar una cantidad en inventario para evitar los paros en producción.

3.4.3.6. Consolidaciones

En el sistema PRM-PYME se deben poder hacer consolidaciones, que son el resultado de condiciones especiales de los proveedores.

Estas consolidaciones pueden deberse a que un proveedor se encuentre en el extranjero y sólo pueda surtir contenedores completos, o bien, que un proveedor nacional surta cantidades completas en cajas, como en el caso de cajas de tornillos en cantidades fijas.

A continuación se muestra un ejemplo de consolidación. Se toma como referencia al componente C_1 . La consolidación puede mostrarse en la tabla o puede ser manejada con la cantidad en inventario. En el ejemplo se muestra la unión de dos períodos en uno.

TABLA 3.5. REQUERIMIENTOS NETOS CON CONSOLIDACIONES POR CONDICIONES DEL PROVEEDOR

Compo- nente	Dis- po- ni- ble	Período 1-3	1-1	1	i-3	i-1	i	n-3	n-1	n
C_1	10			$Q_{1c1} ? Q_{ic1}$						Q_{nc1}
N. N.				$Q_{1c1} ? 10 ? Q_{ic1}$						Q_{nc1}
C_i	20		$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(n?1)c2}$	
N. N.			$Q_{(i?1)c2} ? 20$			$Q_{(i?1)c2}$			$Q_{(n?1)c2}$	
C_n	30	$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(n?3)cn}$		
N. N.		$Q_{(i?3)cn} ? 30$			$Q_{(i?3)cn}$			$Q_{(n?3)cn}$		

N. N. = Necesidades netas de cada componente.

Es común que estas consolidaciones sean negociadas con los proveedores, debido a que éstos realizan entregas en cantidades mayores y regularmente se les pide que sus precios sean menores.

3.4.3.7. Reporte de proveedores

La Tabla 3.5, es prácticamente la culminación de los procesos de la planeación de materiales. A partir de ella es ahora factible la emisión de los requerimientos, tanto a los proveedores como a la planta.

La emisión de reportes es una sugerencia del sistema de la forma que se solicitan los materiales a los proveedores y contiene la misma información de la Tabla 3.5, que puede entregarse a un proveedor. Sin embargo, queda también la posibilidad de que existan componentes suministrados por más de un proveedor. En los catálogos de componentes existe la definición del proveedor que surtirá y el porcentaje del componente que surte.

Con estos datos el sistema PRM-PYME realiza el proceso de asignación de suministros, asigna a cada proveedor el porcentaje de partes por surtir y emite el reporte de entregas a proveedores. Si se supone que se han colocado pedidos al proveedor P_1 por el 70% del componente C_2 , entonces su programa de entregas, tomado de la Tabla 3.5, será el indicado en la Tabla 3.6.

TABLA 3.6. REQUERIMIENTOS NETOS CON CONSOLIDACIONES POR CONDICIONES DEL PROVEEDOR Y CON PORCENTAJES DE ASIGNACIÓN A UN PROVEEDOR ESPECÍFICO

Componente	Período 1-3	1-1	1	i- 3	i-1	i	n- 3	n-1	n
N. N. C_2		$(Q_{(1?1)c2} ? 20) * 0.7$			$(Q_{(i?1)c2}) * 0.7$			$Q_{(n?1)c2} * 0.7$	

N. N. = Necesidades netas de cada componente.

Así, el sistema debe analizar cada uno de los proveedores, asignar el porcentaje correspondiente de cada uno de los componentes y emitir los programas de abastecimiento a las plantas, los almacenes, el departamento de compras y los proveedores. El reporte entregado a los almacenes, sirve como guía de recibo.

Este reporte permite tener en pantalla o en papel los programas de los clientes para que el sistema PRM-PYME calcule las fechas y las cantidades de pedidos de materia prima a los proveedores correspondientes.

3.4.3.8. Reporte de acumulados

El reporte de acumulados es uno de los de mayor utilidad en un sistema de planeación de materiales, dado que la negociación con los proveedores se hace por volumen y generalmente se estiman las cantidades anuales que debe surtir cada uno de éstos.

Es normal que estas cantidades sufran modificaciones en el transcurso de los períodos de planeación. Sin embargo, el seguimiento de las entregas acumuladas es lo que permite controlar los programas y sus entregas.

Si se supone que con el mismo proveedor P_1 se negocia un pedido anual de 1000 unidades, entonces su registro de control, obtenido a partir de la información de la Tabla 3.6, quedaría como se muestra en la Tabla 3.7:

TABLA 3.7. REQUERIMIENTOS NETOS CON CONSOLIDACIONES POR CONDICIONES DEL PROVEEDOR, CON PORCENTAJES DE ASIGNACIÓN A UN PROVEEDOR ESPECÍFICO Y CON ACUMULADOS DE ENTREGA

Componente	Período 1-3	1-1	1	i-3	i-1	i	n-3	n-1	n
N. N. C_2		$(Q_{(1?1)c2} ? 20) * 0.7$			$(Q_{(i?1)c2}) * 0.7$			$Q_{(n?1)c2} * 0.7$	
Plan total	100	90	110	85	80
Acumulado	100	190	300	385	465	1000
Entregas									

N. N. = Necesidades netas de cada componente.

En el renglón correspondiente a entregas se anotan las cantidades reales y se calculan las diferencias entre lo planeado y lo realizado.

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RESULTANTE

4.1.1. Interacción del sistema con el usuario

La integración de los módulos anteriormente presentados ha llevado a la consecución del sistema PRM-PYME. En esta sección se describen las principales características del sistema logrado, a través de sus pantallas más ilustrativas. Se ha empleado la programación orientada a objetos y el uso de ventanas. La planeación de requerimientos de materiales de esta manera se vuelve amigable y sirve de ayuda a los responsables de la planeación, al facilitar su tarea. En este ejemplo se ilustra la manera en que el usuario y el programa *interactúan* y que se tiene la facultad de revisar diferentes condiciones que le guíen hacia la mejora del proceso de planeación.

En el Sistema, los clientes pueden colocar pedidos vía remota (EDI), correo electrónico, telefónicamente o entregando su pedido a un representante. El sistema es capaz de manejar un consecutivo de número de pedidos por cada uno de los clientes o sucursales. En el margen superior izquierdo de la Figura 4.1 se puede ver el consecutivo de pedidos, el número de pedido del cliente y su nombre. De acuerdo con el nivel del cliente en la cadena de distribución, el sistema maneja diferentes niveles de descuento. Esto se ve en la ventana titulada “*lista de precios usada*”, misma que posteriormente es empleada para la facturación.

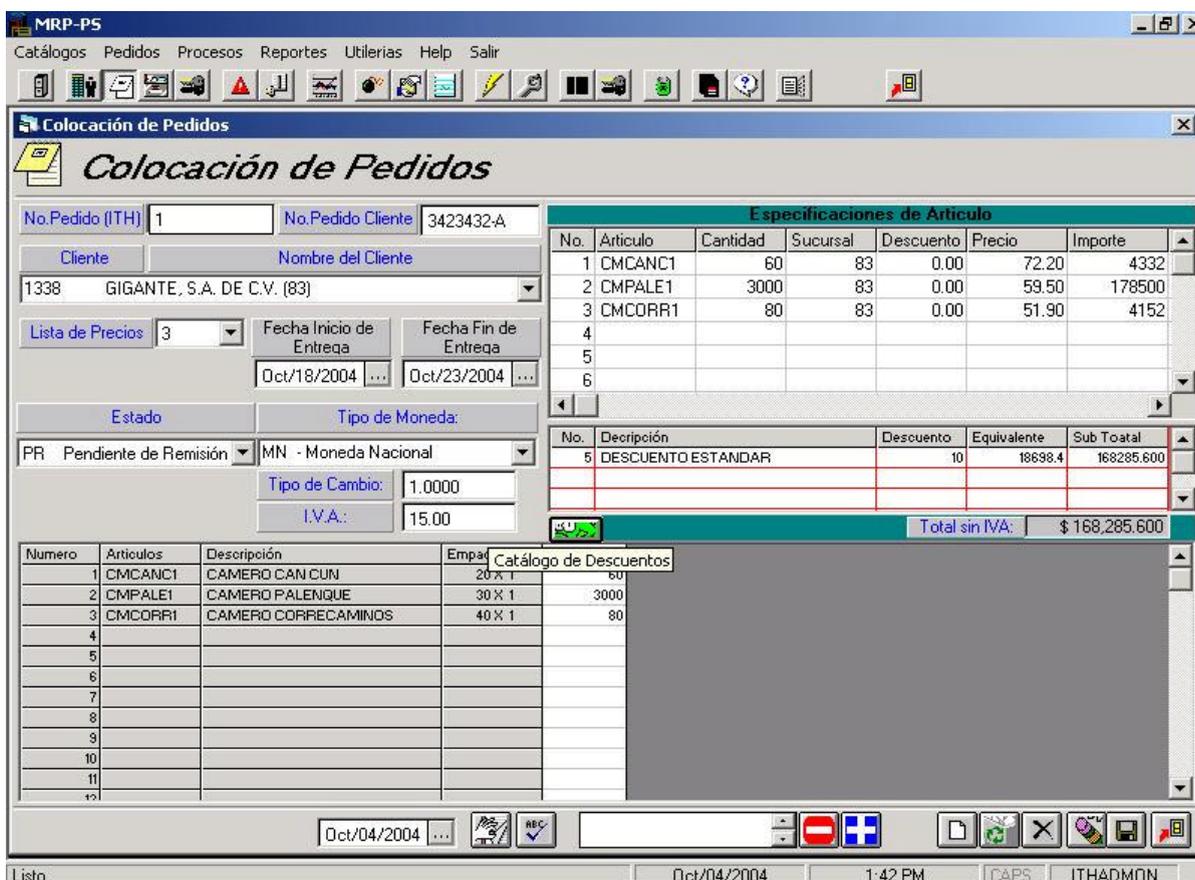


Figura 4.1. Pantalla de colocación de pedidos de clientes.

En el margen inferior izquierdo de la pantalla, el sistema muestra los diferentes tipos de artículos que el cliente puede pedir y, de esta forma, se arman sus pedidos. En el margen superior derecho, el usuario del sistema obtiene el pedido armado, para poder facturarlos en el momento del embarque.

En la misma figura se distingue que un cliente puede solicitar que sus pedidos se entreguen en fechas aleatorias, lo que anteriormente dificultaba la programación de la producción y ahora se observa simplificado. Esto obliga a los departamentos de ingeniería a tener procesos más flexibles.

También en la figura 4.1 se observa que el sistema no sólo ayuda a planear las necesidades de materiales sino también a realizar una planeación del flujo de efectivo, lo cual aporta una gran ventaja a las pequeñas empresas en una actividad antes crítica.

Otras ventajas que los sistemas modernos de planeación de materiales consideran, también ilustrado en la pantalla, es la cadena de distribución, junto con los diferentes descuentos manejados en la misma. Se observa que algunos pedidos usan, para el mismo producto, diferentes precios.

Las principales contribuciones del sistema en cuanto a la colocación de pedidos se sintetizan en los siguientes aspectos:

- ? Control de fechas de recepción de pedidos y fechas de entrega;
- ? Utilización de los datos para generar los reportes de flujo de efectivo necesarios;
- ? Control de pedidos recibidos y surtidos;
- ? Creación de la cadena cliente proveedor por medios electrónicos;
- ? Reducción de los tiempos de planeación tanto del cliente como del proveedor.

Previo a la explosión de materiales, un buen sistema de planeación permite al usuario modificar cifras en las necesidades, considerando variables que influyen en el sistema y que para efectos prácticos normalmente no se consideran. Estas variables pueden ser: cambios en las necesidades del mercado, cambios en la relación con los clientes o cambios en las políticas de la empresa, entre otras.

En la parte superior izquierda de la Figura 4.2 se observa cómo el sistema maneja diferentes horizontes de planeación, dependiendo de la variedad de las empresas y de la diversidad de artículos que se manejan. Este sistema ofrece flexibilidad, de tal forma que el horizonte de planeación se pueda manejar para cada uno de los diferentes artículos.

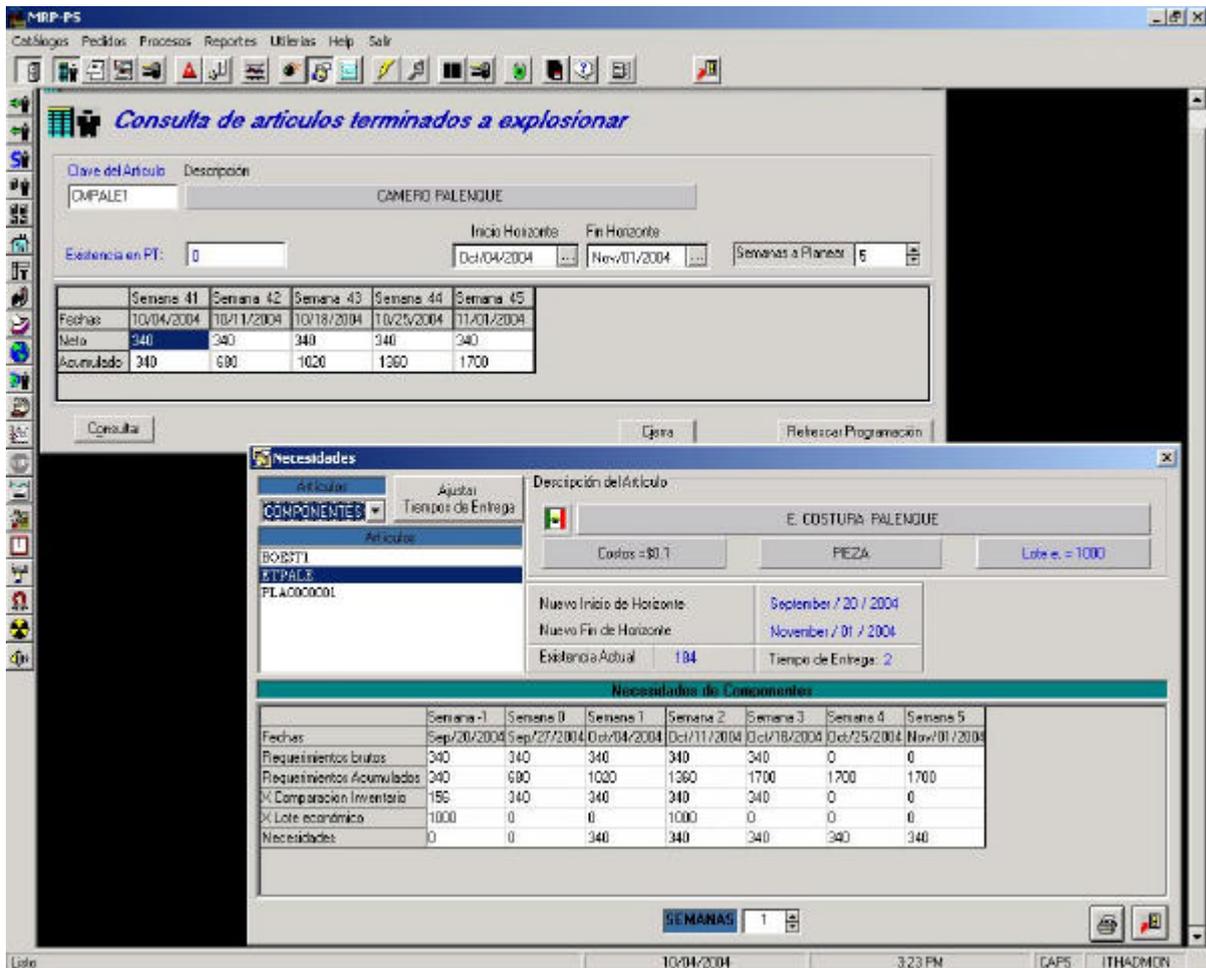


Figura 4.2. Pantalla de artículos terminados a explotar.

Una vez que se realiza la explosión de materiales, el sistema permite visualizar:

- ? Los requerimientos acumulados (requerimientos antes de comparar contra inventario);
- ? Los requerimientos después de verificar la disponibilidad en inventarios (lo que realmente se requiere producir o comprar);
- ? Las agrupaciones en que se colocan los pedidos (en la figura se muestran como lote económico, aunque no necesariamente los son; algunas veces se tienen que

consolidar cargas o existen lotes mínimos de compra o producción y el sistema hace las agrupaciones correspondientes), y;

? Los requerimientos brutos, marcados como necesidades en la pantalla.

En algunas de las pequeñas y medianas industrias se usan insumos que pueden variar en precios y cantidades, dependiendo de las mermas o las mezclas que obtengan en la fabricación del producto. Este sistema permite que los usuarios calculen de manera sencilla sus costos de fabricación, para evitar pérdidas.

La Figura 4.3 muestra un desglose de la estructura de materiales y la manera en que se afectan los costos. También se señalan los márgenes de utilidad esperados por producto. El punto que aquí no es mostrado es el costo de la mano de obra, porque su contribución en este caso es menor.

En la parte izquierda de la misma figura, se observa cómo se lleva a cabo la introducción de la estructura de materiales por parte del usuario, no sólo indicando el componente sino también las cantidades usadas en la fabricación. Igualmente se incluyen los componentes que sirven para el empaque.

En la parte derecha, tratándose de un ejemplo de la industria textil, además de la estructura de materiales, se observa cómo el usuario crea el diseño de fabricación y con esto establece el punto de equilibrio del producto fabricado.

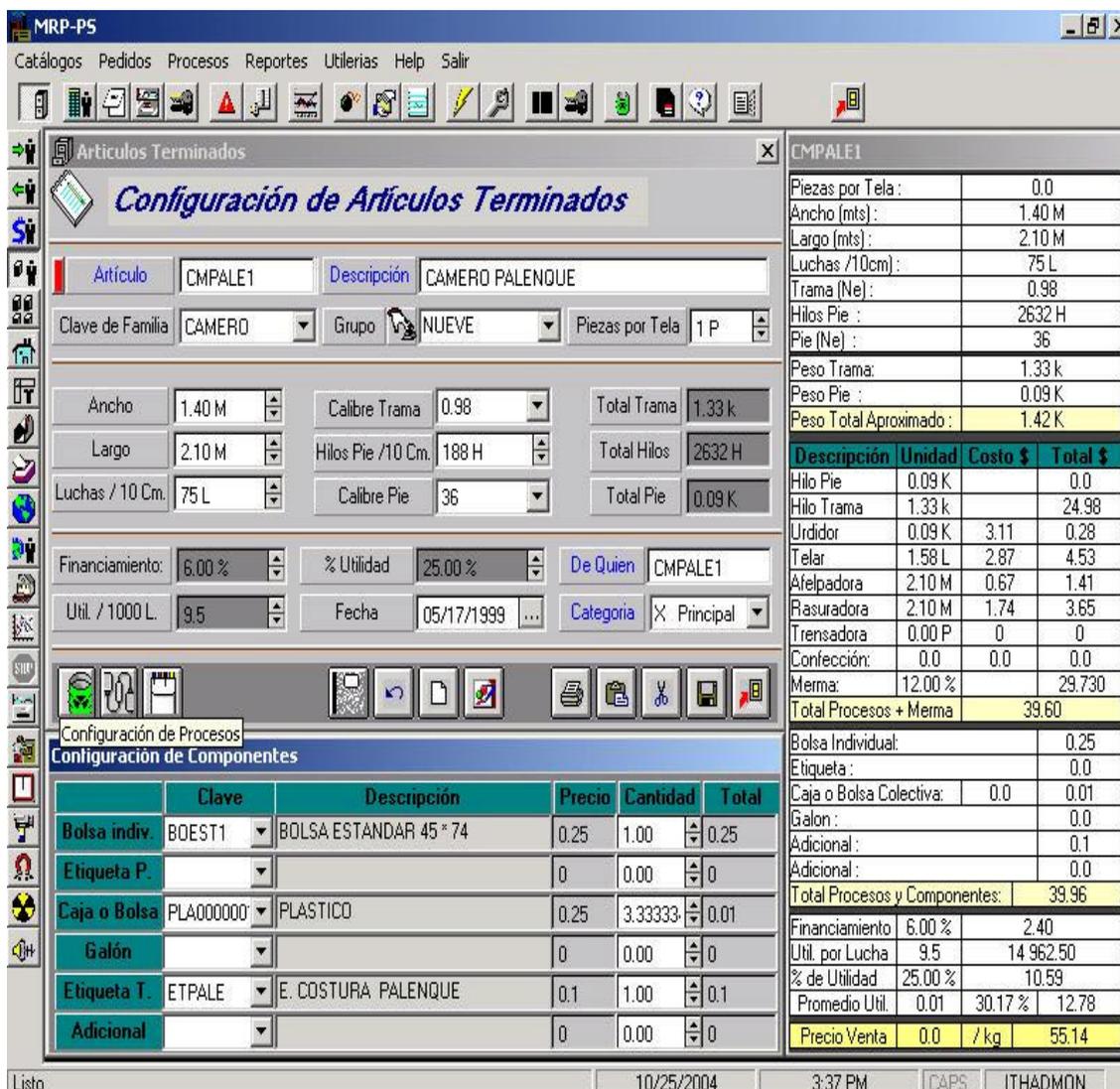


Figura 4.3. Pantalla de configuración de artículos terminados.

Se considera que, en conjunto, el sistema PRM-PYME ofrece estas ventajas:

- ¿ Para la pequeña y la mediana industrias, el sistema ayuda a decidir cuáles productos son los más rentables, dado que su contribución individual a las utilidades no es la misma y así se apoya la toma de decisiones hacia una empresa más rentable;
- ¿ El sistema permite prediseñar el proceso de fabricación;

- ? El sistema ayuda a simular la fabricación para estimar la utilidad de los productos fabricados.

4.1.2. Dos casos de aplicación

El sistema PRM-PYME que se ha descrito ha sido aplicado a diferentes industrias pequeñas y medianas. En especial se hace referencia en este capítulo a dos casos, a efecto de comprobar el funcionamiento de los algoritmos propuestos y de evaluar los resultados obtenidos en beneficio del desempeño de las empresas que lo han utilizado.

Brevemente, los perfiles de los dos casos son:

- ? la primera empresa fue creada como pequeña industria y actualmente se ha convertido en una empresa mediana, con la tendencia de que en unos cuantos años se convierta en un grupo de industrias Mexicanas exitosas;
- ? la segunda empresa se estableció siguiendo el modelo de la empresa matriz en los Estados Unidos de Norteamérica y se dedica a la fabricación de toldos para vehículos convertibles, en la que todo su producto es para exportación.

4.2. APLICACIÓN A UNA EMPRESA MEDIANA DEL RAMO TEXTIL

4.2.1. Antecedentes

La empresa es de tipo textil y fue fundada hace 60 años. Se encuentra localizada en la ciudad de Puebla, fue fundada por un empresario español asociado con mexicanos. Durante 55 años, esta empresa se administró de manera tradicional. Al morir el fundador, sus hijos compraron las acciones de los socios para poder administrar y mejorar el negocio. La empresa se convirtió en un negocio familiar administrado por jóvenes emprendedores, hijos del fundador y con estudios de ingeniería, contabilidad y mercadotecnia.

El producto que fabricaban y vendían era cobertores de bajo costo. Sus precios oscilaban de los 30 a los 70 pesos por unidad, dependiendo del tamaño, del tipo de tejido y de los materiales usados.

La fábrica contaba con dos plantas: la de hilatura en la ciudad de Puebla y la de tejido y acabado en Chachapa, ubicada a 30 kilómetros de distancia.

El equipo con el que contaban era anticuado y las condiciones de sus instalaciones eran inadecuadas. Los inventarios eran altos y no contaban con un sistema que les permitiera tener el control de los mismos. Como las ventas son estacionales, tenían producto que no se vendía y faltaba producto solicitado por los clientes. Esto hacía que se requirieran muchos cambios en la producción y se originaban ineficiencias en el proceso y excesos en los inventarios.

Cuando se producían los cambios por necesidades de ventas, recalcular las necesidades y reprogramar la producción les tomaba varios días y les causaba pérdidas de ventas e ineficiencias de producción. Su competencia iba en aumento y las presiones de los precios aumentaban. El personal tenía la moral baja y algunos empezaban a renunciar.

Ante esta situación, los nuevos dueños decidieron las siguientes estrategias:

- ? En ventas: enfocar sus ventas a los productos en los que eran más competitivos en calidad y en los que los precios les permitieran utilidades;
- ? En finanzas: elaborar un plan financiero a varios años con incrementos en ventas planeados de acuerdo a la estrategia anterior;
- ? En manufactura: unir las dos plantas y mejorar los equipos para que aumentara su competitividad;
- ? En sistemas: adquirir un sistema que les permitiera ligar las actividades anteriores y que mejorara su eficiencia financiera (costos y flujo), les diera mayor flexibilidad y mejorara su eficiencia.

Con estos antecedentes, se explican los cambios que ha tenido la empresa y que se atribuyen al uso del sistema PRM-PYME para la programación de los materiales.

4.2.2. Datos generales

La empresa manejaba 50 diferentes artículos terminados y 110 componentes, o sea que el sistema debería ser capaz de poder explosionar hasta 50,000 elementos en un proceso, sin considerar la programación de la producción.

El sistema puede manejar “n” almacenes. En esta empresa se manejan 12 diferentes almacenes: de materia prima, de varios de proceso, de maquiladores, de desperdicio, en tránsito, de producto terminado, principalmente.)

4.2.3. Cambios en las ventas

Con el sistema diseñado y como se ha explicado, se creó un módulo estadístico en el que se concentró la información de las ventas de los últimos cinco años. Esta información permitió obtener reportes de los productos más demandados, y los que le dieron mayor utilidad a la empresa, permitiéndoles hacer planeación de sus ventas y, en consecuencia, de la producción y la compra de materiales.

4.2.4. Cambios en la producción

Tener una planeación de las ventas facilitó la planeación de la producción. Debido a que en la estación en la que tienen demanda de sus productos se requieren cambios de producción, en el sistema se pudo planear la compra de materias primas comunes a diferentes productos, de forma que se dispuso de materias primas para la fabricación cuando era requerido.

Anteriormente, cuando un cambio se solicitaba en la producción, calcular las necesidades de materia prima y de producción tomaba más de tres días y era común que no se tuvieran los materiales para la fabricación. Se producían ineficiencias y paros en producción. Con el sistema PRM-PYME, la empresa realiza una simulación de producción y comprueba los cambios que conviene hacer para optimizar la producción y las compras de materia prima. Lo anterior trae como resultado que los inventarios sean los requeridos y que se produzca lo que demanda el mercado.

La productividad de la planta ha mejorado notablemente y sin entrar en los datos confidenciales de la empresa, sólo se puede mencionar que ha aumentado en *cuarenta por ciento* en tres años, con una mejor planeación de la producción y con el mismo personal y la modificación de su proceso de hilatura.

El clima laboral ha mejorado notablemente, se ve al personal contento de su trabajo y las relaciones son cálidas. Usan el sistema como liga de información entre los diferentes departamentos, integrando las funciones de los mismos.

El sistema de planeación de materiales tiene una interfase con el sistema contable, lo que permite tener a tiempo real la información de ventas, producción e inventarios.

4.2.5. Comentarios de los administradores

Los administradores principales han comentado que si tuvieran que decidir el uso de un sistema de esta naturaleza, lo volverían a adquirir, porque les ha permitido delegar la función de producción al personal encargado de la misma y llevar a cabo la planeación financiera, de ventas y de producción de la empresa.

Lo anterior está permitiendo a la empresa buscar la diversificación, con el objeto de que la estacionalidad de sus ventas no afecte en los meses de baja demanda. Están en el proceso de lanzar al mercado nuevos productos, para ser vendidos en los meses en que los cobertores no son requeridos. La competitividad de la empresa ha aumentado y ahora está considerando dedicarse a las exportaciones.

Como buenos administradores consideran que el sistema fue caro, aunque la inversión se pagó en un período de tres años.

4.2.8. Síntesis

Un sistema de planeación de materiales PRM-PYME es una herramienta necesaria para hacer a este tipo de empresas, le hace eficiente, competitiva en su mercado y le permite planear para adaptarla a los cambios que se dan en el mercado.

La adaptación de la empresa a los cambios del mercado en una economía globalizada es la única forma en que éstas pueden no sólo competir, sino subsistir.

4.3. APLICACIÓN A UNA EMPRESA PEQUEÑA DEL RAMO METALMECÁNICO

4.3.1. Antecedentes

Es una empresa automotriz dedicada a la fabricación de toldos para vehículo convertible. Instala en México todos los procesos de fabricación, pero no un sistema de manufactura, con los respectivos problemas de inventarios y control de producción. La razón por la que no lo hacen es que en la empresa matriz deciden qué sistema usar, en sustitución del sistema ‘*Legacy*’ (MRP I), que consideran obsoleto. Querían de un sistema capaz de instalarse con rapidez, que no sea caro y que les permita operar mientras tomaban la decisión del nuevo sistema.

Con estos antecedentes, se instala un programa MRP de lazo cerrado con programación de producción y control de maquiladores y proveedores externos.

4.3.2. Datos generales

La empresa manejaba 25 diferentes artículos terminados y 550 componentes, o sea, el sistema debía ser capaz de poder explotar hasta 13,750 elementos en un proceso, sin considerar la parte de programación de la producción. En esta empresa se manejan 15

almacenes diferentes (materia prima, varios de proceso, maquiladores, desperdicio, en tránsito, producto terminado, otros).

4.3.3. Cambios en las ventas

Debido a que en este tipo de industria los pedidos son programados y los materiales se surten a una planta automotriz que se encuentra a menos de un kilómetro de distancia, se adapta el sistema para operar con la filosofía JAT y se interconecta al sistema del cliente por EDI. Las ventas no aumentan pero el sistema permite operar con el sistema kanban.

4.3.4. Cambios en la producción

Ya se ha mencionado que el MRP trabaja considerando movimiento de materiales e inventarios y este es el caso en donde el sistema kanban no puede de inicio operar. Las particularidades del sistema de producción son:

4.3.4.1. Almacenes en consignación

Las materias primas en su mayoría son importadas para ser exportadas nuevamente, por lo que toda la fábrica es un almacén en consignación (o almacén *in bond*) y sólo se pagan derechos de importación por aquellas materias primas que se quedan en el país. Esto hace que se tenga que mantener un estricto control de los materiales para evitar el pago innecesario de impuestos y satisfacer las inspecciones aduanales.

4.3.4.2. Fabricantes externos (maquiladores)

Con el objeto de ahorrar inversiones en maquinaria y capacitación de personal, la empresa hace el uso de un gran número de proveedores externos a los que entrega la materia prima para que realicen las transformaciones. Una vez terminado el proceso de transformación, estos fabricantes devuelven los componentes procesados para su ensamble o acabado.

Debe mencionarse que, por la magnitud de partes manejadas y la cantidad de materia prima, la empresa traía fuera de control materiales por cerca de un millón de dólares. No quiere decir que no existieran, simplemente no sabía dónde se encontraban, lo cual causaba un pago excesivo de impuestos, así como retrasos en la producción por mala planeación.

4.3.5. Personal

Las tensiones sobre el personal para producir las necesidades del cliente eran tremendas. Ahora los trabajadores usan el sistema kanban con terminales de computadora en el proceso, registran los movimientos de inventario y realmente “jalan” sus necesidades de los procesos anteriores.

4.3.8. Relaciones con otros sistemas

El sistema lo operan:

- ? Ingeniería,
- ? Control de producción,
- ? Contabilidad,
- ? Producción y
- ? Control de calidad.

El sistema ha integrado las diferentes funciones de la empresa y se han logrado las siguientes mejoras:

- ? Se realizaban tres inventarios físicos al año, ahora se lleva inventario perpetuo;
- ? Los cambios de ingeniería no eran registrados a tiempo y se usaban materiales no autorizados;
- ? Se usaban materiales rechazados por control de calidad;

- ? Los costos de inventario siempre eran diferentes a la realidad teniendo que hacer ajustes a la contabilidad de forma anual.

4.3.9. Comentarios de los administradores

No es posible operar una planta que compita globalmente sin hacer uso de un sistema MRP, JAT y OPT. Ahora las tres filosofías de trabajo se usan de manera combinada.

Ya existe en México la tecnología para usar sistemas que compitan en el ámbito mundial.

A partir de lo explicado en este capítulo y de las experiencias en la implantación del mencionado sistema PRM-PYME, es recomendable que se ponga a disposición de estas empresas a un costo accesible a las mismas y considerando la capacitación para que los cambios en la filosofía de trabajo que se requieren sean eficientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La finalización de este trabajo hace destacar varios comentarios de conclusiones. En lo general, al poner en operación un sistema como el PRM-PYME que se ha presentado, será de gran ayuda para aumentar la productividad y la competitividad de la PYME, empresas que actualmente no se benefician con el uso de sistemas como éste, tanto por razones económicas, como por el desconocimiento de sus principios, su funcionamiento y sus alcances, así como por el supuesto de que sólo son para empresas grandes.

En lo que respecta al cumplimiento de los objetivos específicos, cada uno de los capítulos se ha dedicado a uno de ellos, como a continuación se reseña. El capítulo uno ha puesto de relieve la importancia de la planeación de requerimientos de materiales para las empresas. Aquí se ha señalado cómo las relaciones que se dan en el sistema de planeación de materiales, en la cadena cliente proveedor, causan un efecto directo sobre los flujos de efectivo. De la misma manera en que se explica la interacción entre cliente y proveedor, se detallan las interacciones de los diferentes subsistemas y se observa que es el total de éstas el que contribuye al buen funcionamiento de sistema.

No sólo se requiere el conocimiento de estas interacciones entre clientes, proveedores y subsistemas. Además, es necesaria una metodología para lograr que los resultados lleven a las empresas a ser competitivas. El conocimiento de cómo se afectan los ingresos y egresos con

la planeación de los materiales se plantea como un indicador al cual son muy sensibles las pequeñas empresas.

Por otra parte, se explican los principios de los sistemas de planeación de necesidades de materiales, cuáles deben ser sus entradas y salidas y cómo se han incorporado a estos sistemas las filosofías de trabajo como JAT y OPT, que han contribuido a que el MRP no sólo sea un programa de planeación de producción. Estas filosofías han convertido a la planeación en el elemento integrador de las organizaciones productivas.

En el capítulo dos se ha tratado el problema de porqué la industria mexicana, en especial la pequeña y la mediana empresa, ha tenido dificultades en aplicar tecnologías de planeación con enfoque sistémico. Se ha aplicado el enfoque contingente, sin perder de vista el sistémico, porque se considera imposible tocar con detalle todos los elementos que interaccionan en el sistema de planeación de materiales.

Se ha considerado necesario tratar puntos de vista de técnicos, psicosociales, estructurales y del entorno que afectan a estos procesos de planeación. En razón de lo anterior se ha llegado a proponer la manera en que estos factores deben ser tomados en cuenta por los administradores, para poder implantar un sistema informático de planeación de materiales adecuado a la idiosincrasia de empresas de nuestro país.

En el capítulo tres se ha ofrecido una conceptualización pormenorizada del sistema de planeación de materiales propuesto, abarcando los aspectos económicos, los aspectos técnicos y su estructura. En esta estructura se han definido los tres componentes del mismo: los catálogos, las transacciones y los reportes. Los catálogos son considerados como la información con la que debe contar el sistema para su operación. Las transacciones del sistema, los procesos y los algoritmos son usados en el procesamiento de la información para llegar a los resultados. Finalmente, los reportes señalan las salidas del sistema que el usuario aprovechará para una mejor toma de decisiones.

El desarrollo del sistema de planeación de materiales propuesto requiere de trabajo posterior y de trabajo más detallado. Las bases planteadas en el tercer capítulo son de utilidad para la conceptualización requerida en el desarrollo de un sistema mejorado.

Como prueba de la funcionalidad del sistema de planeación de materiales objeto de este trabajo, en el cuarto capítulo se ha llevado a cabo su aplicación a casos de ejemplo. En la descripción del sistema resultante, inicialmente se ha presentado la interacción con el usuario a través de un conjunto de pantallas. En seguida, se han llevado a cabo las aplicaciones a una empresa textil y a otra metalmecánica, de las que se ofrece una descripción del estado inicial y, después de la implantación de la propuesta, los beneficios alcanzados. En cada caso se ha mostrado que la utilización de PRM-PYME ha permitido alcanzar mejores resultados tanto en productividad, como en integración y en satisfacción del personal, a un costo accesible.

En su conjunto, cubiertos los objetivos específicos, se considera haber satisfecho el cumplimiento del objetivo general planteado para esta tesis, al haberse diseñado un prototipo de sistema para la planeación de requerimientos de materiales orientado a las características de las pequeñas y medianas industrias mexicanas, aplicando filosofías avanzadas de administración de la producción, como MRP, JAT y OPT y basado en tecnologías recientes de comunicaciones, como es el ponerlo a disposición a través de Internet.

En cuanto a este último punto, el ofrecimiento al mercado de este tipo de sistemas requerirá de centros de asesoría que capaciten a la PYME a cambiar su forma de trabajo. Sin embargo, es la PYME la que debe ser la base de la economía de México, para que no sólo sea competitiva a nivel nacional sino mundial y que sean instituciones educativas o secretarías de Gobierno quienes impulsen este desarrollo.

También se considera que es factible llevar esto a la práctica porque existe el conocimiento técnico y práctico en el uso de estos sistemas, que actualmente se han convertido en propiedad de otros países.

En cuanto a la amplitud del trabajo realizado, se pretende lograr que participen por lo menos 5,000 empresas en el uso del sistema en el primer año y con un crecimiento de 30%

anual. Actualmente la Universidad La Salle Pachuca ha desarrollado un sistema, que tiene a prueba en una empresa metalmecánica.

En lo que se refiere a las recomendaciones que se plantean a partir de haber realizado este trabajo, se comenta lo siguiente.

A pesar de que el análisis de necesidades se ha basado en las condiciones de las pequeñas y medianas empresas, nada impide que el sistema propuesto sea aplicado en grandes empresas, posiblemente con adecuación de compatibilidad con sus bases de datos existentes. Sin embargo, se sigue considerando que son las empresas pequeña y mediana las que precisan del apoyo de la tecnología y de la filosofía de trabajo que se ha abordado en este trabajo.

La recomendación más apremiante es continuar con el desarrollo tecnológico de este tipo de conceptos y para que sea de acceso a la PYME, hacerlo con tecnología de Internet. La factibilidad económica es posible de acuerdo con las cifras encontradas.

El hacerlo implica estudio y conocimiento en el campo de la manufactura. Para lograrlo, se presentará el proyecto en concursos de innovación tecnológica y se espera que, posteriormente, se logren los recursos en incubadoras de negocios, para ponerlo a disposición de la PYME de México.

Como sugerencias para trabajo futuro, este proyecto debe continuarse con un módulo de planeación de la producción que involucre los costos de la misma y, finalmente, en simulaciones de optimización de la planeación de materiales y de la carga de máquinas y de la utilización de las mismas.

Eventualmente se deberá hacer un catálogo general de cuentas que pueda manejar los costos: de mano de obra, de inventarios, de gastos indirectos y todos los relacionados con el área productiva.

En un trabajo futuro el sistema debe analizar lo que en el mundo de la manufactura se conoce como un sistema MRPII, en un sistema XRP (Extended Resource Planning). El sistema MRPII contempla los aspectos mencionados, mientras que el XRP debe considerar

influencias externas al sistema de manufactura que contempla el sistema MRP, como son proveedores, clientes, distribuidores, minoristas, socios de negocios y, en algunos casos, accionistas.

El estudio posterior no debe perder de vista que será hecho para la pequeña y la mediana industrias mexicanas y que las limitaciones que éstas tienen son un factor importante por considerar en el desarrollo del mismo.

En la práctica profesional, como se ha mencionado, la principal limitación es la cultura empresarial y el cambio cultural que requerirán la pequeña y la mediana industrias nacionales es el factor más importante a considerar en la sistematización de estas empresas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bedworth, D. D. y J. E. Bailey (1988). *Sistemas Integrados de Control de Producción: Administración, Análisis y Diseño*, Limusa Noriega, México.
- Companys Pascual, R. y J. B. Fonollosa i Guardiet (1999). *Nuevas Técnicas de Gestión de Stocks: MRP y JIT*, Alfaomega - Marcombo, México.
- Chang, Y.-L. (1998). *WinQSB: Decision Support Software for MS/OM*, Wiley, Nueva York.
- Chase, R. B. y N. J. Aquilano (1985). *Production and Operations Management: A Life Cycle Approach*, cuarta edición, R. D. Irwin, Homewood IL.
- Domínguez Machuca, J. A., S. García González, M. A. Domínguez Machuca, A. Ruiz Jiménez y M. J. Álvarez Gil (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios*, McGraw-Hill, Madrid.
- Donelson, W. S. (1979). "MRP: Who Needs It?", *Datamation*, Vol. 25, No. 5, pp. 185-197, mayo 1979.
- Goldratt, E. M. y J. Cox (1998). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*, 7ª edición, Castillo, Monterrey.
- Hay, E. J. (1996). *Justo a Tiempo*, Norma, Bogotá.
- Hirano, H. (editor) (1992). *El JIT: Revolución en las Fábricas*, Productivity Press – Tecnologías de Gerencia y Producción, Madrid.
- INEGI (2004). Censos Económicos (Documento web consultado en línea). www.inegi.gob.mx
- Jackson, Michael C. (1991). *Systems Methodology for Management Sciences*, Plenum Press, Nueva York - Londres.

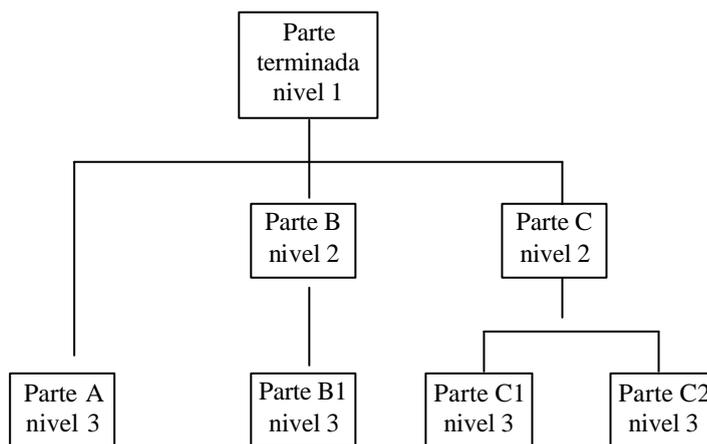
- Jiménez L., Elohim (1995). "Perhaps We Are Still in Time to Think Culturally when Dealing with Automation Technology", Workshop on Micro-Mechatronic Systems (Land Salzburg, Austria, abril 1995), Johannes Kepler Universität Linz.
- Jiménez L., Elohim (1972). "Design of Management Systems by means of Cybernetic Modeling", *International Congress of Cybernetics and Systems*.
- Jiménez L., Elohim (2002). "Bertalanffy: Unity through Diversity" (Página web consultada en línea). www.bertalanffy.org
- Kast, F. E. y J. Rosenzweig (1985). *Organization and Management: A Systems and Contingency Approach*, cuarta edición, McGraw-Hill, Nueva York.
- Kendall, K. E. y J. E. Kendall (1997). *Análisis y Diseño de Sistemas*, Prentice-Hall, México.
- Kojima, S. (1981). "New Technology and its Applications to Labour Affairs", Seminario de Estudio de la Productividad de la Industria Japonesa.
- Monchaud, S. y D. Draganov (1997). "Telemanufacturing Systems: A New Concept", en *Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES'97, Budapest, Hungría, 15-17 septiembre 1997)*, pp. 567-570.
- Naddor, Eliezer (1965). *Inventory Systems*, John Wiley & Sons.
- Revista Manufactura (2002). "La Evolución Neuronal en la Planta: La Mutación del Paradigma", No. 90, diciembre 2002 (Artículo consultado en línea). www.manufacturaweb.com
- Santana Lancón, C. A. (1997). *Sistema de Administración de los Recursos de Manufactura*, Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Spiegel, M. R. (1991). *Estadística*, segunda edición, McGraw-Hill, Madrid.
- von Bertalanffy, L. (1995). *Teoría General de los Sistemas: Fundamentos, Desarrollo, Aplicaciones*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Worn, H., D. Frey y J. Keitel (2000). "Digital Factory: Planning and Running Enterprises of the Future", en *26th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2000, Nagoya, Japón, 22-28 octubre 2000)*, Vol. 2, pp. 1286-1291.

GLOSARIO

Número de parte: A cada componente que se utiliza en un artículo terminado se denomina *parte* en el sistema PRM-PYME. La parte se identifica por un número único, dado por el departamento de ingeniería. Cada vez que se da de alta un nuevo número de parte, el sistema evita la duplicación del mismo.

Estructura: Todos los productos que se entregan a un cliente son partes o artículos terminados y están formados por una serie de partes ensambladas que constituyen la parte terminada. Los componentes se integran a la parte terminada en forma de estructura, de la misma forma que en un organigrama.

Lo mismo que en el organigrama, los componentes tienen un nivel, siendo el primer nivel (nivel 1) el del componente terminado y así sucesivamente. Ejemplo de *estructura*:



La estructura en el sistema PRM-PYME se conforma de esta manera: las partes A, B, y C son componentes de la parte terminada. La parte B1 es componente de la parte B y las partes C1 y C2 son componentes de la parte C y así sucesivamente.

- Tiempo de entrega:** En el sistema PRM-PYME, el tiempo de entrega es el tiempo que toma tener una parte a disposición de la producción, desde que se detecta la necesidad de la misma y se coloca un pedido a un proveedor. También se aplica a solicitudes de entrega de piezas en el interior de la planta. Este elemento es el más importante para tener una mejora continua en el nivel de inventarios. Cuando el sistema es capaz de pedir a sus proveedores materiales por hora, se tendrá un tiempo de entrega de 0. El tiempo de entrega está expresado en días calendario.
- Lote económico:** En el sistema PRM-PYME, el lote económico es lote más conveniente para fabricar u ordenar a los proveedores. Esto depende de diferentes factores, entre ellos el costo de la parte o el lote mínimo que le surte el proveedor. El sistema PRM-PYME no calcula los lotes económicos. Sólo usa los valores de los mismos, que deben haber sido definidos por las áreas de ingeniería o de compras.
- Costo:** Es el valor monetario de la parte o del ensamble, hasta el nivel que tiene. Es conveniente que los valores registrados en este campo sean revisados por el área contable, dado que servirán para controlar los costos de fabricación.
- Costo de preparación:** Los costos de preparación son aquellos generados al inicio de producción de cada una de las partes fabricadas y son expresados en cantidades monetarias. La razón por la que se da en pesos es que es la suma de diferentes tiempos y el valor por hora cambia en los diferentes procesos.
- Tiempo estándar:** Es el tiempo asignado por el departamento de ingeniería para la fabricación de la parte y se especifica en horas. Esto es, si una parte tiene un tiempo estándar de 20 minutos, se deberá expresar su equivalente en fracciones de hora. Por ejemplo, si el tiempo estándar es de 54 minutos, se deberá expresar como 0.9 (54/60).
- Inventario de seguridad (también Stock de seguridad):** Es una medida de referencia, que usa el sistema PRM-PYME para ir midiendo la mejora continua en la administración de los inventarios y es el nivel del inventario al que los administradores del sistema desean llegar en un período de tiempo determinado.
- Unidad de medida:** Las partes de las que se integra el producto terminado, pueden ser contabilizadas en diferentes unidades de medida, en principio la unidad de medida integradora de todas ellas es su valor en pesos (\$). Sin embargo, es importante considerar la forma en que son controladas en sus almacenes, por sus proveedores y en general por la operación.
- En muchas empresas, algunas partes son entregadas en kilogramos y en el almacén son surtidas en metros. A veces son surtidas en tambos de 200 kilogramos y almacenadas en litros, o bien, son surtidas en kilogramos y almacenadas en piezas. Por esta razón, el sistema PRM-PYME requiere conocer las unidades en las que se manejarán las partes en la planta. Estas unidades pueden ser kilogramos, gramos, metros, piezas, litros o cajas. Es importante que esta unidad de medida esté relacionada con el costo de la misma para que la contabilidad pueda llevar el nivel de inventarios en el balance de la empresa.
- Explosión de materiales:** Un producto terminado está formado por componentes. La explosión de materiales es el proceso que se encarga de descomponer el producto terminado en los componentes que lo integran.
- Implosión de materiales:** Una vez que las partes terminadas han sido explosionadas, el proceso de implosión en el sistema PRM-PYME se encarga de ver si hay partes iguales en las diferentes estructuras y sumarlas para poder mostrar la necesidad de cada una de ellas.

Almacén in bond:	(También denominado almacén en consignación. Es un almacén que guarda materias primas importadas sin pagar derechos de importación porque éstas volverán a ser exportadas al país de origen.
Corrimiento:	Una vez que el sistema PRM-PYME ha determinado las necesidades de cada uno de los componentes, revisa el tiempo de entrega de cada una de ellas y hace un corrimiento de necesidades. Por ejemplo, si se requieren 10 unidades de la parte No. 555 para la quinta semana del período de planeación y el tiempo de entrega del proveedor es de dos semanas, el sistema PRM-PYME las solicitará para la tercera semana del período de planeación. Para reducir los inventarios se necesitan proveedores confiables que entreguen <i>justo a tiempo</i> .
Revisión de inventarios:	Una vez que el sistema PRM-PYME ha hecho el análisis de necesidades, revisar lo que la empresa tiene disponible en sus almacenes y entregar las necesidades netas de partes para surtir los productos terminados.
Transacción de inventario:	Un inventario es un almacenamiento de partes en un recinto determinado (puede ser confinado o en transportes terrestres, marítimos o aéreos). Cada vez que una parte se cambia de localización dentro de un almacén o entre almacenes se dice que ha existido una transacción de inventario. Entre mejor sean identificadas (rastreadas) las transacciones, mejor control se tendrá del manejo de los inventarios. El sistema PRM-PYME permite registrar las transacciones entre almacenes, así como cambios de localización dentro de un almacén. Es importante saber que el sistema PRM-PYME, para efectos de disponibilidad de partes, no considera almacenes de cuarentena, de tránsito o de defectuosos.
Entrada o salida de inventario:	El nivel de inventario inicial es un valor encontrado por un inventario físico de las partes en los diferentes almacenes y normalmente es una cantidad que debe ser igual a aquella de los libros de contabilidad de las empresas. Un sistema de esta naturaleza requiere contar, antes de operar, con la siguiente información: almacenes, partes y proveedores.
Fecha:	En cualquier sistema de planeación, el manejo de las fechas es muy importante, para poder cumplir con las entregas puntuales de los materiales.
Número de documento:	Es el número de documento con que se le entrega la parte, en caso de proveedores que entregan con remisión o con factura, o para salidas de producto terminado en que se registra un número de documento de entrega al cliente.
Almacén:	Se considera una área de resguardo temporal de materiales y es en donde se realizan diferentes tipos de transacciones. El administrador del sistema registrará los usuarios de cada almacén de tal forma que un encargado de un almacén no pueda hacer transacciones de otro.
Parte:	Se designa a uno de los componentes del producto terminado que sale o entra al almacén.
Proveedor:	Es la empresa que provee de componentes a la empresa fabricante del producto final.
Consulta de entradas y salidas acumuladas:	En los sistemas de esta naturaleza, la administración de las entradas y salidas se maneja por acontecimiento y en forma acumulada por período de planeación.

- Localización:** Es el lugar dentro de un almacén donde están almacenadas las partes.
- Cantidad:** Es el número de unidades que entran o salen del almacén.
- Al efectuar el movimiento de entrada o salida el sistema debe calcular de manera automática la *cantidad contable en almacén*. Si el almacenista considera que la cantidad contable no es correcta, deberá capturar la cantidad real en el almacén y dar el aviso al departamento contable.
- Inventario perpetuo:** En cada movimiento de almacén se verifican las existencias para evitar diferencias en inventario. El sistema PRM-PYME permite hacer un inventario perpetuo de sus almacenes. La empresa dicta como política la cantidad de entradas o salidas después de la cual se registre el inventario real, para que los responsables de almacén capturen los datos en la pantalla, mostrada con el icono de inventario perpetuo.
- Reporte de *release* (pedidos programados):** (También denominado reporte de liberación). Permite tener en pantalla o en papel las liberaciones de clientes que han sido cargados para que el sistema PRM-PYME planee las fechas y las cantidades de pedidos de materia prima a los proveedores correspondientes.
- Para imprimir un reporte de los *releases* cargados en el sistema PRM-PYME es necesario seleccionar la opción “Reporte de *release*” y posteriormente elegir de la persiana correspondiente un *release* específico.
- Reporte de *release* de embarque a proveedores:** Por medio de este reporte es posible obtener la cantidad y las fechas exactas que han sido calculadas por el sistema de cada parte que surte un determinado proveedor. Para obtener este reporte, primeramente debe contarse con un *release* de algún cliente y, posteriormente, haber corrido un proceso (explosión, implusión, comparación contra inventarios, etcétera).
- Inventario, cantidades reales:** Cualquier sistema de esta naturaleza, debe permitir hacer ajustes entre el sistema contable y el sistema de control de materiales.