INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

MODELO INTEGRAL DE MANUFACTURA PARA APOYO A LA MEDIANA Y PEQUEÑA INDUSTRIA DEL ESTADO DE JALISCO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

ING. FRANCISCO JAVIER JASSO CASTILLO

I. T. E. S. M. - C. C. M. BIBLIOTECA
COLECCION DE NEGOCIOS Y ALTA DIRECCION

VERANO DE 1993

TABLA DE CONTENIDO

		Página
RESUMEN		1
LISTA DE FIGURAS		2
LISTA DE TABLAS		4
CAPITULO I	INTRODUCCION	
1.1	Antecedentes	5
1.2	Clasificación de Empresas	5
1.3	Problemática Planteada	7
1.4	Justificación	8
1.5	Objetivo	8
1.6	Método	9
1.7	Hipótesis	10
1.8	Limitaciones	10
1.9	Difusión	11
1.10	Organización de la Tesis	12
CAPITULO II	LA INDUSTRIA NACIONAL	
	Introducción	13
2.1	La Pequeña y Mediana Industria en la Economía Nacional	13
	2.1.1 Consideraciones Generales	13

2.1.2 Objetivos y Estrategias 14

2.2 La Industria Química 18

2.2.1 Antecedentes 18
2.2.2 Situación Actual 19

2.3 La Industria de la Cerveza 21

2.3.1 Antecedentes 22
2.3.2 Situación Actual 22
A. Internacionalización de la Cerveza 22
B. Contexto Nacional 24
C. Mercados de Exportación 24

2.4 La Industria Textil 26

2.4.1 Antecedentes 26
2.4.2 Estructura Industrial 27
2.4.3 Acuerdos Internacionales 28
2.4.4 Análisis Estratégico de la Industria 30

2.5 La Industria Metalmecánica 31

2.5.1 Antecedentes 31
2.5.2 Selección de Empresas y Productos 32
2.5.3 Situación Actual 32

2.6 El Sector Exportador 33

2.6.1 La Transición del Sector Externo de México 33
2.6.2 Contribución al Crecimiento de las Manufactureras 34
2.6.3 Las 20 Manufactureras de Mayor Exportación 36

2.7 Resultados de la Encuesta 38
2.8 La Industria Nacional y la "Fábrica del Futuro" 38

CAPITULO III "LA FABRICA DEL FUTURO"

Introducción 39
3.1 Consideraciones Teóricas 39
3.2 Sistemas de Manufactura 43

3.2.1 Clasificación de Compañías 43
3.2.2 Tipos de Producción 44
3.2.3 Funciones de Manufactura 50
3.2.4 Un Nuevo Sistema de Manufactura 52
3.2.5 Optimización de un Sistema de Manufactura 53
3.2.6 Flexibilidad en los Sistemas de Manufactura 53

3.3 Manufactura de Clase Mundial 55

3.3.1 Definición 55
3.3.2 Estándares de Atributos de Empresas de Clase Mundial 58

3.3.3 Variables Prioritarias para Mantener el Nivel de Competitividad en las Empresas Internacionales 60

3.4 Administración de la Manufactura en Japón 61
3.5 Manufactura Integrada por Computadora (CIM) 64

3.5.1 ¿Qué es un Sistema CIM? 65
3.5.2 Arquitectura de un Sistema CIM 67
3.5.3 Pasos Necesarios para Lograr CIM 68
3.5.4 Importancia de los Estándares en CIM 72

3.6 Justo a Tiempo (JIT) 73
3.6.1 La Filosofía "Justo a Tiempo" 73
3.6.2 Aplicaciones Industriales de JIT 78

3.7 Automatización 83

3.7.1 ¿Qué es Automatizar? 83
3.7.2 Estructura de los Sistemas Automatizados 85
3.7.3 Justificación de los Grados de Automatización 88

3.8 Ingeniería Simultánea 89

3.8.1 Desarrollo Integral del Producto 89
3.8.2 Diseño para Manufactura 93

3.9 Planeación de Recursos para Manufactura (MRP) 98

3.9.1 Definición 98
3.9.2 Beneficios y Limitaciones 99
3.9.3 Mecanismo de Acción 101
3.9.4 MRP II, ¿Solución o Problema? 102

3.10 Planeación de Procesos 103

3.10.1 Definición 104
3.10.2 Planeación de Procesos Asistida por Computadora (CAPP) 105

3.11 La "Fábrica del Futuro" en Guadalajara 107

CAPITULO IV AREAS DE OPORTUNIDAD

Introducción 109
4.1 Implementación de un Sistema CIM 110

4.1.1 Acceso de las medianas y Pequeñas Industrias a un Sistema CIM 110
4.1.2 Justificación de CIM 112
4.1.3 Efectos de CIM sobre un Proceso de Manufactura Tradicional 117

4.2 Automatización 118

4.2.1 Argumentos a Favor y en Contra 118
4.2.2 Objetivos de la Automatización de la Producción 119
4.2.3 Estrategias de Automatización 121

4.2.4 Beneficios 125

4.3 Justo a Tiempo (JIT) 125
4.4 Ingeniería Simultánea 127

4.4.1 Validez del Modelo DIP 127
4.5 Plameación de Recursos para Manufactura (MRP) 130

4.5.1 Metodología para Implementación 130
4.5.2 Combinación de MRP con JIT 131

4.6 Planeación de Procesos Asistida por Computadora (CAPP) 132

4.6.1 Ventajas 132
4.6.2 Estrategias de Implementación 133
4.6.3 Variante en Procesos de Planeación 139

4.7 Justificación de Manufactura Flexible 141
4.8 Reconstrucción de Maquinaria 145

4.8.1 Generalidades 146
4.8.2 Análisis de Costos 148
4.8.3 Confiabilidad de un Equipo 149
4.8.4 Ventajas y Desventajas 150

4.9 Manufactura Celular 151

4.9.1 Método ROC 151
4.9.2 Método P-Median 152

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Resumen de Resultados 154
5.2 Conclusiones 156
5.3 Recomendaciones para Futuras Investigaciones 157

APENDICES

Apéndice A 158
Apéndice B 160
Apéndice C 167
Apéndice D 169
Apéndice E 178
Apéndice F 187

VITA 192

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 193

RESUMEN

En términos generales, la presente investigación pretende desarrollar un modelo integral de manufactura que permita impulsar a la industria mediana y pequeña del estado de Jalisco, particularmente la de Guadalajara, de modo que sus índices en términos de calidad y productividad se vean impactados positivamente.

El estudio está basado, primero, en un conocimiento general sobre la industria regional, lo cual se llevó a cabo mediante una encuesta de diagnóstico a empresas representativas de los subsectores manufactureros: de la industria química, de la cerveza, textil y metalmecánica.

Por otra parte, se analizan las características que debe reunir la llamada "Fábrica del Futuro", de manera tal, que permitan conocer lo que se ha hecho a nivel mundial en cuanto a la implementación de técnicas, metodologías y filosofías de trabajo.

La idea es referenciar la industria de Guadalajara con la "Fábrica del Futuro" para así detectar las posibles áreas de oportunidad, a la vez que se plantean alternativas de solución para ciertos problemas de producción, aunque en forma general, ya que trabajar específicamente sobre cada una de ellas implica una ardua y delicada labor, enfocada de manera específica a la industria que así lo requiera.

Lista de Figuras

Figura 2.1 Balanza Comercial de la Industria Química en México, 1982-1990 20
Figura 2.2 Participación de la Industria Química en el PIB de México..21
Figura 2.3 Localización de la Producción de Bebidas en México.....23
Figura 2.4 Producción de la Industria Textil y del Vestido en Porcentaje del PIB Manufacturero Nacional 28
Figura 3.1 Tipo de Producto vs. Sistema de Manufactura.....42
Figura 3.2 Sistema de Manufactura: el Corazón de la Compañía 44
Figura 3.3 Producción Tipo Taller (Job Shop).....46
Figura 3.4 Producción en Masa (Flow Shop) 47
Figura 3.5 Sistema de Producción por Celdas de Manufactura.....48
Figura 3.6 Distribuciones de Planta para Algunos Sistemas de Manufactura Clásicos.....49
Figura 3.7 Operaciones de la Planta..... 50
Figura 3.8 Organización y Procesamiento de la Información en Manufactura.....51
Figura 3.9 Modelo Conceptual de Manufactura de Clase Mundial.....56
Figura 3.10 Areas Funcionales de un Sist.de Producción Tradicional.....58
Figura 3.11 Elementos de un Sistema CIM 68
Figura 3.12 Modelo Simplificado de Sistema de Producción de la Fábrica Inteligente del Futuro 72
Figura 3.13 Lote Económico 75
Figura 3.14 Efectos de la Producción JIT.....78
Figura 3.15 Número de Técnicas de JIT Aplicadas.....82
Figura 3.16 Tipos de Automatización de la Producción 85
Figura 3.17 Estructura de los Sistemas Automatizados.....87
Figura 3.18 Curva de Justificación de los Grados de Automatización 88

Figura 3.19 Esquema de Diseño Tradicional.....94
Figura 4.1 Curva Típica Experiencia-Aprendizaje.....113
Figura 4.2 CIM en el Control Administrativo.....114
Figura 4.3 Diseño de Productos.....120
Figura 4.4 Celdas de Manufactura para Ensambles y Subensambles....153

Lista de Tablas

Tabla II.1 Volúmen de Ventas y Consumo Nacional de Cerveza en México, 1986-1991 25
Tabla II.2 Acuerdos Internacionales de Fibras, 1961-1991 29
Tabla II.3 Contribución al Crecimiento de las Manufactureras 35
Tabla II.4 Las 20 Manufactureras que más Exportaron a Estados Unidos en 1989 37
Tabla III.1 Estándares de Atributos de Empresas de Clase Mundial 59
Tabla III.2 Resumen de Técnicas de JIT y Resultados 80
Tabla IV.1 Estrategias de Automatización y sus Efectos 124

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En el estado de Jalisco, particularmente en la ciudad de Guadalajara, se ha emprendido la misión de colaborar con el área manufacturera como preámbulo para dar soporte a lo que a un futuro próximo se denominará "Centro de Competitividad Internacional", como parte del ITESM Campus Guadalajara, que se espera constituír por un conjunto de Departamentos de Tecnología Avanzada para la Producción, entre ellos el de Sistemas de Manufactura, lo cual, evidentemente, requiere interacción directa entre el Instituto y las industrias manufactureras; por otra parte, después de realizar un análisis previo de la actividad industrial de la región, se llegó a la conclusión de que, se requiere prioritariamente, un gran apoyo a la mediana y pequeña industria para una mayor productividad y competitividad, partiendo del hecho de que el grueso de las industrias regionales corresponden a este género, por ello el enfoque específico.

1.2 Clasificación de Empresas

Durante el desarrollo de la presente Tesis, continuamente se estarán utilizando los conceptos de mediana y pequeña empresa; por tal motivo es necesario investigar al respecto.

Definir los tamaños de empresas es un poco más complicado de lo que parece, y no tanto por el concepto en sí, sino por la gran variación que se tiene de una región del país a otra.

En términos bibliográficos, cada autor emplea diferentes cifras para determinar el tamaño de las empresas; sin embargo, todos coinciden en que son dos los criterios de clasificación: por tamaño y por volúmen de ventas; de aquí que el camino sin duda más viable fué consultar a los especialistas de Guadalajara, fundamentalmente a COPARMEX, quien proporcionó el directorio para identificar y evaluar a las diferentes industrias del estado de Jalisco; y por otro lado, a la Dirección de Extensión Académica del ITESM, Campus Guadalajara, cuya labor fundamental es mantener y fomentar el vínculo entre el ITESM y las empresas de la localidad a través de diferentes interacciones con ellos.
Los resultados de la investigación fueron los siguientes:

COPARMEX indica que el concepto de Alta Dirección es variable, dependiendo de la región del país. En las ciudades de México y Monterrey, está constituída por los ejecutivos de primero y segundo nivel de las grandes empresas y casi nunca por los propios dueños, y en el resto del país, incluyendo Guadalajara, la Alta Dirección es el primer nivel de las compañías, incluyendo muchas veces a los propios dueños. Lo que a éste estudio concierne, es la definición sobre los tamaños de las mismas, y al respecto se tiene que, el criterio fundamental de clasificación lo vierte de acuerdo al monto de sus ventas anuales (en millones de dólares):

* Microempresa:	menos de 1 millón
* Pequeña:	de 1 a 10 millones
* Mediana:	de10 a 50 millones
* Grande:	más de 50 millones

Por su parte, la Dirección de Extensión del Campus Guadalajara, basa su clasificación conforme al número de empleados, y la define como sigue:

* Microempresa:	de 1 a 7
* Mediana:	de 8 a 50
* Mediana:	de 51 a 300
* Grande:	de 301 en adelante

Finalmente, el criterio seguido para ésta investigación, fué una combinación de ambos, pero siempre tratando de mantener un equilibrio en el esquema, ya que lo que fundamentalmente se pretende, es conocer la realidad industrial y determinar la posibilidad de apoyarlos con los resultados de esta investigación, para lo cual la precisión de las cifras pasa realmente a segundo término.

1.3 Problemática Planteada

Guadalajara es una de las ciudades con mayores recursos de nuestro país en términos de desarrollo y posibilidad de expansión empresarial, razón por la cual es de suma importancia trabajar directamente con su industria manufacturera, así como la de la región entera para hacerla competitiva, lo cual seguramente se podrá traducir en un importante impulso para ella. Si bien es cierto que hay gran actividad comercial en la región, es importante hacer mención de que la mayoría son empresas de Servicio, mientras que las manufactureras han incursionado en forma limitada; sin embargo, el gran problema es que cuando éste último tipo de industrias han requerido de algún tipo de apoyo, se han visto en la necesidad de recurrir a elementos u organismos de otras ciudades, inclusive, de otros países.

1.4 Justificación

La necesidad de apoyo a la industria mediana y pequeña es realmente significativo porque, sin duda alguna, ante los actuales retos que afronta nuestro país, la competitividad desempeñará un factor clave y decisivo para una efectiva relación comercial.

Con el trabajo realizado se manifestarán múltiples beneficios comunes: por una parte, el Sistema ITESM a través del Campus Guadalajara, logrará una interacción adecuada con la industria regional, con al posibilidad de colaborar conjuntamente en proyectos de investigación y desarrollo. Por otro lado, la industria puede obtener beneficios al tener acceso fácil a una institución de prestigio que la pueda apoyar en el momento que sea requerida, con la certeza de estar asesorada por un organismo que le ofrecerá garantías y posibilidad de asesoría continua.

1.5 Objetivo

El objetivo de ésta tesis consiste en el diseño de un modelo de manufactura que permita:

- Conocer la situación actual de las industrias manufactureras de la ciudad de Guadalajara y la región comprendida alrededor de la misma, lográndose ésto mediante la aplicación de una encuesta que señale su sistema de producción, proceso de cambio y planes de expansión.

- Comparar su situación con un modelo teórico de la "fábrica del futuro", que indique la ruta a seguir.

- Identificar las áreas de oportunidad, a modo de que la industria pueda funcionar conforme al modelo teórico.

- Detectar la forma en que el ITESM podría colaborar con dicha industria, a fin de que puedan funcionar como debieran, según el modelo teórico.

- Proponer alternativas de mejoramiento.

1.6 Método

El procedimiento para lograr conocer la realidad actual de la industria Jalisciense y poder construír el modelo es posible mediante la aplicación de una encuesta de diagnóstico a una muestra, lo más confiable posible, así como la muy particular cultura de las industrias de los subsectores manufactureros más representativos de la región, que son: la industria química, la de la cerveza, la textil y la metalmecánica. No con ésto se pretende decir que son los únicos subsectores representativos, pero fué precisamente de ellos de quien se obtiene información.

La idea fué obtener retroalimentación de las industrias consideradas líderes en los subsectores mencionados, y aunque también se intentó obtener información confiable de parte del subsector de alimentos y bebidas, así como del correspondiente a la industria de equipo y componentes elécricos y electrónicos, no se tuvo una respuesta positiva de su parte, lo cual, sin duda, es un importante reto a vencer en lo sucesivo.

El mecanismo para la obtención de la información requerida, consiste en la aplicación de la encuesta mencionada (Apéndice B), a manos de una persona contratada específicamente para tal efecto, en la ciudad de Guadalajara. El primer

obstáculo se presentó al momento de intentar entrevistar al gerente de las diferentes plantas, razón por la cual se tomó la precaución de elaborar una carta con el membrete del ITESM (Apéndice A), aunque aún así, no todas las empresas respondieron (algunas ni el acceso permitieron), y por ello se solicitó la intervención del Centro de Estudios Estratégicos del Campus Guadalajara, para que apoyara la labor y a través de su conducto, se lograra el fin, principalmente con las empresas líderes.

1.7 Hipótesis

Mediante el Modelo Diseñado, se pretende que las industrias manufactureras de Jalisco tengan la capacidad de elevar sus índices de productividad y competitividad en base a las áreas de oportunidad detectadas, lo cual implica una segunda fase (posterior a éste proyecto), en términos de asesoría y seguimiento, a través del departamento de Ingeniería Industrial del Campus Guadalajara, con la ayuda de los consultores especialistas que dirigieron ésta tesis y en la medida que lo requiera y demande la industria regional.

1.8 Limitaciones

Fundamentalmente, las limitaciones que se pudieran presentar para la aplicación del modelo son:

1.- Que la encuesta haya sido resuelta por alguna persona que no sea el directivo más indicado, lo cual podría desviar la información por reportar respuestas de preguntas que estuvieran fuera de su conocimiento o control.

2.- Que la información proporcionada no sea 100% confiable, por diversas

causas.

3.- Una gran limitante de índole geográfico es la distancia, pues el procesamiento de la información, interpretación y desarrollo del modelo se llevaron a cabo en la ciudad de Monterrey, cuando lo ideal hubiese sido estar presente en Guadalajara, de modo que la validación se hubiese llevado a cabo de manera ininterrumpida.

4.- Que una vez desarrollado el modelo, exista resistencia al cambio por parte de algunas empresas, lo cual no sería extraño, si partimos del hecho que siempre existirá, al menos de entrada, un cierto recelo a proporcionar información confidencial.

Seguramente se interpondrán algunos otros imponderables, muy difíciles de pronosticar antes de intentar dar seguimiento a las diferentes industrias seleccionadas; sin embargo, los mencionados con anterioridad constituyen ya de por sí una plataforma de referencia y por ello considerar, aunque de manera cualitativa, ciertos márgenes de confiabilidad.

1.9 Difusión

La realidad de las cosas es que, de entrada, habrá de darle la pauta al Campus Guadalajara para tener una primer aproximación y darse a conocer con la industria, pues la idea del futuro "Centro de Competitividad Internacional" es, además de desarrollar proyectos de investigación internamente a nivel académico, colaborar con el desarrollo de proyectos industriales.

La idea es que éste modelo sirva como guía de orientación para aprovecharlo en el apoyo que se pretende que el ITESM Campus Guadalajara realice con la industria de la región y a través de una base de datos se pueda

manejar cierta continuidad en aspectos relacionados con investigaciones o innovaciones futuras.

1.10 Organización de la Tesis ('Overview')

Esta tesis está organizada de la siguiente manera:

Capítulo I: proporciona un panorama general sobre los puntos importantes a tratar, de dónde se parte, hacia dónde se pretende llegar y de qué manera, con el diseño del modelo de manufactura propuesto.

Capítulo II: Describe la realidad actual de la industria manufacturera nacional, particularmente la correspondiente a la de la ciudad de Guadalajara y sus alrededores, considerándose los subsectores manufactureros más representativos de la región, todo ello basado en una encuesta de diagnóstico, cuyos resultados se muestran por medio de un análisis estadístico.

Capítulo III: Hace referencia a las condiciones que una industria debe cumplir para ser considerada como "fábrica del futuro", apoyándose en metodologías, procedimientos y filosofías que se han desarrollado y aplicado en diferentes empresas de todo el mundo.

Capítulo IV: Proporciona las áreas de oportunidad detectadas mediante la encuesta aplicada a diferentes industrias manufactureras de Guadalajara y sus alrededores, en función directa de la realidad regional actual, y lo que se ha desarrollado y aplicado en industrias exitosas de otros países.

Capítulo V: Como parte final del documento, se describen las conclusiones y recomendaciones que habrán de utilizarse para investigaciones futuras.

CAPITULO II

LA INDUSTRIA NACIONAL

Introducción

En éste capítulo se describe un panorama general de la industria mexicana en la actualidad, basada primordialmente en cuatro de los subsectores manufactureros más relevantes en el estado de Jalisco, específicamente la ciudad de Guadalajara,de los cuales se cuenta con la retroalimentación proporcionada por las empresas consideradas líderes en los ramos correspondientes, con la idea de visualizar el cauce de la industria nacional para posteriormente establecer un análisis comparativo, detectándose así las áreas de oportunidad que les permitan un mayor y más alto nivel competitivo.

2.1 La Pequeña y Mediana Empresa en la Economía Nacional

2.1.1 Consideraciones Generales

El objetivo central de la investigación se basa en las industrias manufactureras medianas y pequeñas, por lo que es relevante considerar lo siguiente (Rodríguez, [1989]):

1.- Constituyen el tipo de empresa con mayores requerimientos en términos de inversión de capital (proporcionalmente), debido a la alta necesidad de adquisición de maquinaria y equipo.

2.- La capacitación y adiestramiento del personal en lo que a manejo de equipo se

refiere, juega un importante papel dentro de la organización.

3.- Aún cuando 'Control de Calidad' en términos ideales debiera ser parte de la filosofía de toda la compañía, es necesaria la existencia de un estricto control sobre los productos manufacturados.

4.- De todo tipo de empresas, es la que requiere una planeación más detallada, tanto desde el punto de vista interno como externo.

Una gran ventaja de éste tipo de empresas, es la no existencia de una estructura burocrática tal, que la orille a entorpecer el funcionamiento fluido de sus actividades.

El hecho de que los altos niveles jerárquicos tengan mayor facilidad de interacción, tanto con los diferentes departamentos internos como con el mercado que se sirve, permiten obtener información de primera mano, útil para una mejor toma de decisiones, a la vez que permite el desarrollo de estrategias par alcanzar de manera más simple los niveles de excelencia que le permitan ubicarse más fácilmente como líderes de un mercado en particular.

El establecimiento y operación de empresas es el resultado del deseo humano para satisfacer necesidades de tipo material, por lo que el factor decisivo para que el empresario establezca una empresa y aceptar el riesgo es la obtención de utilidades generadas en base a la venta del producto manufacturado.

2.1.2 Objetivos y Estrategias

Toda empresa, desde el momento de abrir sus puertas, está sometida a una gran diversidad de presiones, tanto internas como externas, y por ello, se hace necesaria la existencia de cierta flexibilidad, que le permita adaptarse a los

cambios generados por dichos factores. Esta sección ilustrará los objetivos y metas que toda empresa trata de alcanzar, con la idea de mantener su posicionamiento en el mercado. Entre los objetivos a llevar a cabo, veremos que existen algunos de carácter netamente social, así como los hay también de índole económica y financiera.

Determinación de Objetivos

Sin duda alguna, en el estudio y análisis de objetivos de las industrias en cuestión, la satisfacción de objetivos personales, desempeña un importante papel, ya que, el hombre trata de utilizar a la propia empresa como medio para la satisfacción de sus propias necesidades, partiendo del hecho de que los altos niveles directivos guardan una estrecha relación y, en ciertas ocasiones, ingerencia directa con la mayor parte de la empresa, como se especificó al inicio de éste capítulo. Las necesidades humanas pueden ser agrupadas jerárquicamente de abajo hacia arriba, y una vez satisfecha cierta necesidad, la subsecuente empieza a influenciar su carácter y comportamiento (Maslow, [1990]). Una modificación de la clasificación original de Maslow se presenta de la siguiente manera (McGregor [1992]):

1. Necesidades fisiológicas
2. Necesidades de Satisfacción
3. Necesidades de carácter social
4. Respeto propio
5. Satisfacción plena

Se identifican dos grupos de factores que afectan toda situación de trabajo (Herzberg, [1990]). El primero de ellos lo denomina "factores higiénicos" y está constituído por aquellos que no ejercen motivación en el trabajador a producir más y mejor, pero sí mantienen un ambiente sano y cordial dentro de la empresa.

Dichos factores son:

1. Supervisión
2. Política administrativa de la empresa
3. Beneficios de empleo
4. Condiciones de trabajo
5. Salario
6. Relaciones interpersonales

Por otra parte, los factores que sí considera que estimulan y motivan a los empleados a realizar mejor su trabajo son:

1. Reconocimiento a las buenas labores realizadas
2. Satisfacción personal de alcanzar los objetivos previamente señalados
3. Incremento de las responsabilidades de trabajo
4. Ejecución de una labor creativa y estimulante
5. Promociones en el trabajo

Esta teoría de Herzberg basada en dos grupos de factores tiene implicaciones profundas sobre funciones de gestión dentro de la empresa.
Según éste psicólogo, lo opuesto a la satisfacción es la no satisfacción, y lo opuesto a la insatisfacción es la no insatisfacción; el grupo de los factores "higiénicos" permite que en la empresa no exista insatisfacción, pero es necesaria la existencia de los factores "motivantes" para que exista satisfacción en la realización del trabajo.

Es evidente que los altos directivos, tomando en cuenta una u otra teoría, afectan inevitablemente tanto sus relaciones con ellos mismos, como las posibilidades de alcanzar los objetivos de la empresa, los cuales están íntimamente ligados a la misión de la misma para con el mercado al cual sirve.

Utilidades

Es importante no perder de vista que la utilidad es, de alguna manera, la "recompensa" lógica obtenida en función directa del riesgo corrido por el empresario, además de que constituye, en términos generales, la única fuente de recursos para la creación de empleos, ampliación de instalaciones y desarrollo de nuevos productos. En el sistema económico nacional de libre empresa, el hecho de "sobrevivir" implica la producción de utilidades en forma consistente y continua, siempre y cuando se obtengan en forma justa y adecuada, tomando en cuenta la función social que la empresa habrá de prestar.

Es importante considerar que, en una economía en expansión, el crecimiento es una cuestión natural a la que todo empresario emprendedor y persistente tenderá, desde luego, dentro de los límites de sus recursos, tanto humanos como económicos.

Estrategia a Seguir

Uno de los primeros aspectos que la alta dirección debe considerar, es la preparación de de un plan operacional a largo plazo, siempre teniendo en cuenta los objetivos a lograr, ya que la carencia de éste, generalmente se traduce en fracaso o pérdida de oportunidades, pero ante todo, debe existir una buena dosis de realismo, pues se debe analizar la compatibilidad entre los objetivos a alcanzar y los recursos que se tengan a mano, además de no perder de vista las situaciones adversas y prioridades.

El factor vital que afecta a la eficacia de todo plan, es el grado de eficiencia de las proyecciones que se realicen, ya que la calidad de los resultados asociados

con el plan, están inversamente relacionados con el grado de incertidumbre bajo el cual se opera.

En resumen, una adecuada planificación, se traduce, invariablemente, en beneficios de mayor o menor escala para cualquier organización que la lleve a cabo, logrando con ésto que los objetivos de la organización en general estén en armonía con los objetivos de sus partes.

A continuación se analizan cuatro importantes subsectores del sector manufacturero, seleccionados debido a que de las encuestas aplicadas a diferentes industrias de la ciudad de Guadalajara, se ha logrado obtener información correspondiente a dichos subsectores, que son: la industria química, la industria de la cerveza, la industria textil y la metalmecánica.

2.2 La Industria Química

La Industria Química Mexicana es una importante generación de fuentes de empleo, además de su considerable aportación al Producto Interno Bruto. Es considerada un importante impulsor de la economía nacional. Su adaptación a las exigencias del mercado está basada en la elaboración de productos competitivos fuera de nuestras fronteras. Se estima que en los próximos años habrán de requerirse unos 6 mil millones de dólares para solventar las necesidades más inmediatas de ésta industria (Ex. Situac. Econ. Méx., No.795, [1992]).

2.2.1 Antecedentes

La base de ésta industria se encuentra en la nacionalización del petróleo, y a raíz de ella, las industrias extranjeras se negaron a venderle a México tetraetilo de plomo, indispensable para las gasolinas, a lo cual el gobierno respondió

solicitando la colaboración de los químicos más destacados para participar en la elaboración de dicho compuesto.
Así, en los años treinta se instalaron fábricas de productos químicos básicos, de la industria farmacéutica, de pinturas y tintes; de tal modo que el número de industrias químicas aumentó, de 379 a 1710 entre 1940 y 1950, lo que implica una tasa promedio del 16.3% de crecimiento anual.

Aunque la década de los cuarentas marca el inicio de la industria química moderna, no es sino hasta los cincuentas cuando se manifiesta un incremento acelerado en fabricación de productos químicos básicos y un incremento importante en la fabricación de fertilizantes.

Entre las grandes empresas que se instalaron durante el período de 1950 y 1960 con apoyo de Nacional Financiera se cuentan: Celulosa y Derivados, Viscosa de Chihuahua y Montrose Mexicana, entre otras, y es en los sesentas cuando se advierte un considerable crecimiento en la industria química básica e intermedia.

2.2.2 Situación Actual

En la última década, la balanza comercial en la industria química ha registrado déficit. En 1990 registra un total de exportaciones de 1751 millones de dólares, mientras que las importaciones fueron de 2778 millones (Anuario Est. Ind. Quím. Mex., [1990]). Las exportaciones de México hacia los Estados Unidos en 1989 fueron de 576 millones de dólares, mientras que las importaciones ascendieron a 1925 millones. Las exportaciones durante tal período se orientaron principalmente, en orden de importancia, a los Estados Unidos y en menor escala hacia Argentina, Japón, Colombia y Brasil; mientras que las importaciones, además de Estados Unidos, provinieron de Alemania, Francia, Reino Unido, Japón y Brasil.

La Figura 2.1 se representa el comportamiento de las exportaciones e importaciones en los últimos años.

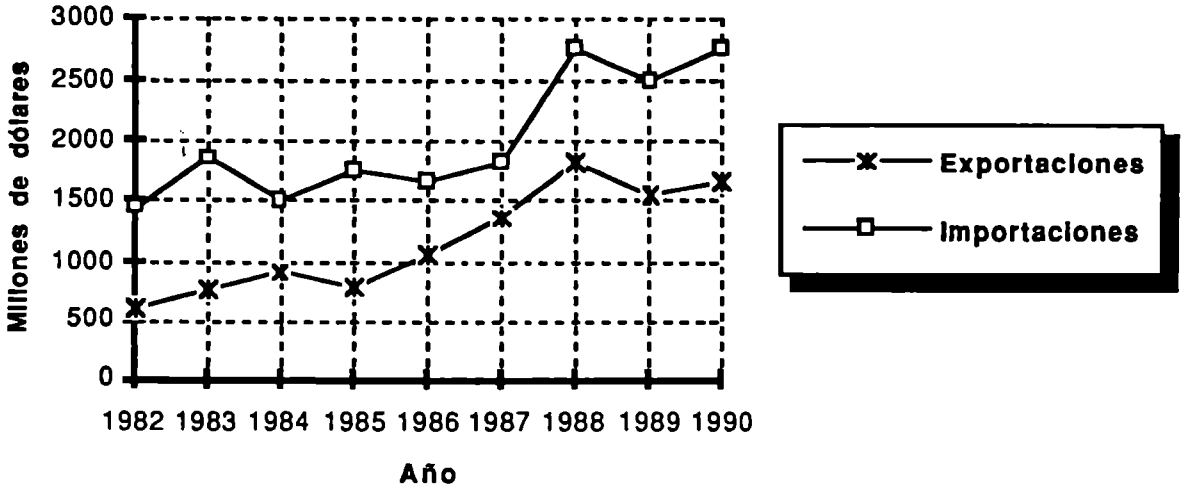


Figura 2.1: Balanza Comercial de la Industria Química en México,1982-1990

Fuentes: (1) Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.
(2) Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, 1988
(3) Sumario Estadístico de Comercio Exterior, Abril de 1991

Existen plantas químicas en prácticamente toda la República; sin embargo, las tres entidades más importantes en el sector químico son el Estado de México, Veracruz y el Distrito Federal.

La figura 2.2 muestra la participación en el Producto Interno Bruto de éste género industrial en los últimos años.

Mientras que la producción nacional química creció a un ritmo anual de 7.3% en términos reales entre 1974 y 1988, hubo empresas que crecieron a un ritmo anual superior al 10% y otras han tenido tasas negativas.
En 1988 la industria ocupó un 80% más trabajadores que 10 años antes, no

obstante las condiciones que afectaron al crecimiento económico nacional.

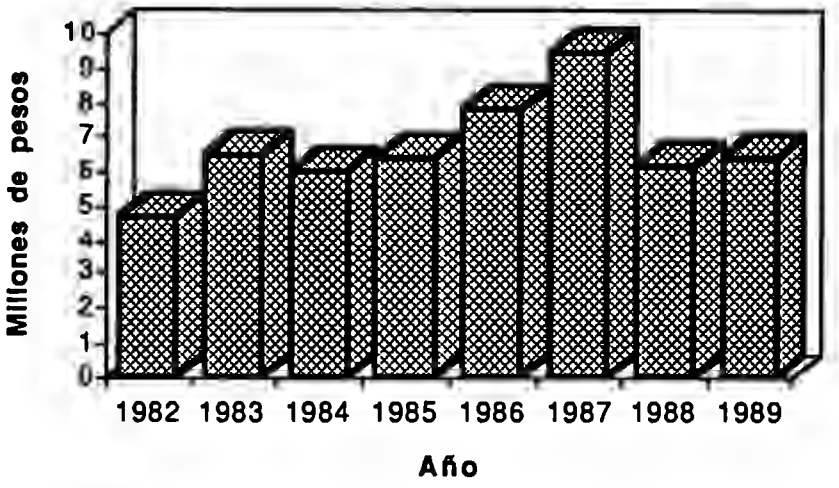


Figura 2.2: Participación de la Industria Química en el PIB de México

Fuentes: (1) Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.
(2) Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, 1988

2.3 La Industria de la Cerveza

En términos reales, la industria de la cerveza es un subconjunto del subsector manufacturero "Industria de Alimentos y Bebidas", pero dada su importancia en el consumo nacional, se ha considerado como un subsector independiente, ya que, como se verá posteriormente, representa un importante rubro en la economía mexicana.

Durante la década de los ochentas, la industria cervecera ha crecido a un ritmo del 2.6%. Debido al valor de la producción, la industria de la cerveza comanda el grupo de los demás sectores industriales de la industria alimenticia.

2.3.1 Antecedentes

La industria cervecera ha mostrado un dinamismo significativo en los últimos años, como lo refleja el crecimiento del mercado mexicano de bebidas entre 1985 y 1991.

México es el segundo consumidor per capita a nivel mundial de bebidas gaseosas y su potencial de crecimiento es grande, debido a datos estadísticos que reflejan que para la siguiente década, la suma de mexicanos entre los 20 y 40 años rebasará los 11 millones. Por otra parte, también se considera que el poder adquisitivo mejorará, traduciéndose ésto en una mejoría para la industria de la cerveza en el contexto nacional.

2.3.2 Situación Actual

En promedio, las familias mexicanas gastan aproximadamente el 42% de su ingreso en alimentos y bebidas. En los niveles de bajo ingreso, las compras de alimentos están formadas en más de un 50% por productos básicos, mientras que en los más altos, su gasto está concentrado en productos concentrados y de proteína animal.

Como se muestra en la Figura 2.3, la producción de bebidas en México tiende a concentrarse dentro de los centros urbanos; cerca del 50% de la producción nacional está ubicada en el Distrito Federal, Estado de México, Jalisco y Nuevo León.

A) La Internacionalización de la Industria de la Cerveza

El comercio internacional de cerveza se ha expandido rápidamente durante los últimos 25 años. De 1965 a 1987, el volúmen ha crecido a un promedio anual del 6.5%. Los principales países exportadores son: Holanda (Países Bajos),

Alemania, México, Checoslovaquia, Bélgica y Canadá. Los principales importadores son: Estados Unidos, Reino Unido, Francia Italia y Alemania.

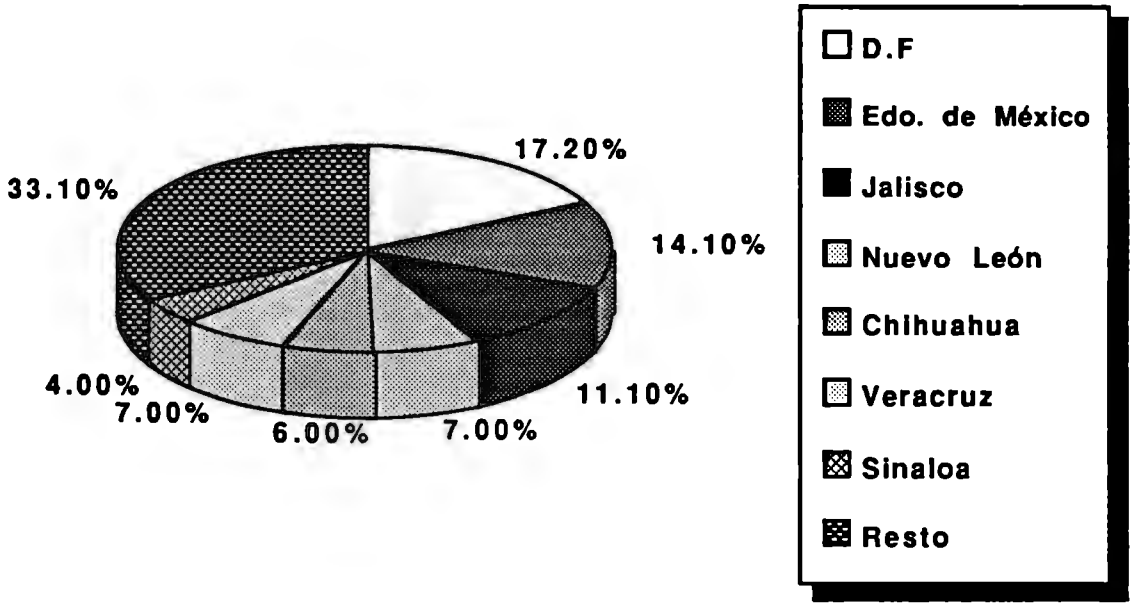


Figura 2.3: Localización de la Producción de Bebidas en México

Fuente: SECOFI

Además del comercio directo y de los acuerdos de licencia, la internacionalización de la industria de la cerveza se ha caracterizado por la creciente producción por parte de firmas con capital extranjero a nivel mundial. Este aumento en la producción refleja el creciente aumento de la inversión extranjera directa (IED), en la que una cervecera compra una firma existente o invierte en alguna compañía de un país extranjero. Las compañías pueden favorecer el invertir con IED por las mismas razones que utilizan los acuerdos de licencia, aunque además de éstos, otros factores como menores costos laborales, de energía y menos trabas gubernamentales, son ventajas adicionales de utilizar la IED.

B) Contexto Nacional

Aún cuando el mercado interno ocupa una posición muy cómoda, el estricto control de precios mediante el Pacto de Solidaridad Económica de 1987, en conjunto con los altos impuestos que los productores deben pagar, ha originado que la industria cervecera absorba una constante pérdida en los márgenes de rentabilidad, lo cual se traduce en una caída de la industria entre los años de 1983 y 1987.

Actualmente, el control de precios sobre la cerveza ha desaparecido, y con ello, la sensible baja de los mismos; de modo tal que, debido a los avances en la productividad y un ambiente de negocios más propicio, las empresas del ramo están obteniendo mejores resultados en su operación (Expansión, [Feb. 1990]).

La producción cervecera mexicana ha experimentado un indiscutible crecimiento, aumentando un 4.2% en 1991 en relación a 1990.
El volúmen de cerveza consumida ha crecido, en promedio, un 5% anual entre 1985 y 1991, no obstante el incremento real en el nivel de precios. La penetración de cervezas importadas a México se mantuvo constante, representando aproximadamente el 0.5% del consumo nacional (Tabla II-1).

C) Mercados de Exportación

De los 913.9 millones de dólares importados por los Estados Unidos durante 1990, 153.3 de ellos provinieron de importaciones mexicanas (16.8%), lo cual ubicó a nuestro país en tercer lugar. Canadá ocupa el segundo, con un total de ventas de 158.9 millones y una participación del del 17.4%, mientras que Holanda tiene el primer lugar, con 353.1 millones de dólares (38.6%) (Periódico El Norte, [12 ene. 1992]).

Tabla II.1: Volúmen de Ventas y Consumo Nacional en México, 1986-1991
(Miles de hectolitros)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Volumen Nacional	27,491	28,701	31,341	36,464	36,972	38,701
(Crecimiento Anual %)	(0.4)	(4.4)	(9.2)	(16.3)	(1.4)	(4.7)
Exportaciones	1,803	2,949	2,615	2,076	2,121	2,051
(Crecimiento Anual %)	(80.5)	(63.6)	(-11.3)	(-20.6)	(2.1)	(-3.3)
Consumo Nacional	27,495	28,751	31,372	36,599	37,142	38,888
(Crecimiento Anual %)	n.d.	(4.4)	(9.3)	(16.7)	(1.5)	(4.7)
Importaciones	4	4	31	135	170	187
(Importaciones para Consumo)			(0.1)	(0.4)	(0.5)	(0.5)
Volumen Total	29,294	33,956	33,956	38,541	39,092	40,752
(Crecimiento Anual %)	(3.2)	(7.3)	(7.3)	(13.5)	(1.4)	(4.2)

Notas: (1) Las Importaciones para Consumo es el porcentaje del consumo que es importado.
(n.d.) No disponible.
Fuente: Reporte especial de FEMSA, dic. de 1991.

Además de las exportaciones mexicanas a los Estados Unidos, México participa con un 7% de importaciones a Canadá, vendiendo 4.3 millones de dólares canadienses, de un total de 61.4 (Periódico El Norte, [6 jun. 1991]).

Por último, es importante hacer mención que al exportar, las empresas mexicanas están sujetas a una serie de impuestos, entre otros: impuestos especiales por producir y distribuir cerveza, impuesto de importación para exportaciones a ciertos países (Estados Unidos cobra un 2%), impuestos internos de cada país por la venta de cerveza (Estados Unidos lo aumentó en un 100% a inicios de 1991, a 32 centavos el six -pack), impuestos sobre la renta e impuesto sobre el valor agregado.

2.4 La Industria Textil

Otro de los subsectores de gran interés para el presente estudio, está representado por la industria textil, en virtud de que define uno de los rubros económicos más importantes en nuestro país, particularmente en la región occidente, en cuyo entorno está basada ésta investigación.

2.4.1 Antecedentes

La industria textil en México cuenta con un largo historial, que antecede al proceso de industrialización vía sustitución de las importaciones de los años cincuenta. Posteriormente, su desarrollo se vi beneficiado ampliamente del proteccionismo externo. A partir de 1988, al igual que el resto de la economía, se debe enfrentar el reto de la liberación externa, y más aún, la perspectiva de un Tratado de Libre Comercio con países con una amplia historia textilera.

2.4.2 Estructura Industrial

Hasta 1985, los establecimientos vinculados con la producción de fibras de algodón hechas a mano, estaba altamente concentrada en el Distrito Federal, Estado de México y Puebla; mientras que el 85% de la producción bruta total de textil y vestido se concentraba en seis estados y el Distrito Federal, como se muestra en la Figura 2.4

La productividad del trabajo en el sector textil mexicano ha sido baja, ya que ha permanecido estancada durante los últimos años, principalmente, por la falta de capacitación a todos los niveles en la jerarquía laboral.

El comercio exterior de éstas industrias ha presentado variaciones y ha estado influído fuertemente por los acuerdos bilaterales México-Estados Unidos, primero dentro de los acuerdos a corto y largo plazo sobre textiles, y más tarde, dentro del marco de los acuerdos multifibras (AMF). Con respecto a las importaciones, de 1979 a 1981 mostraron un comportamiento creciente; sin embargo, en 1983 registraron una notable depresión. La orientación al comercio exterior muestra que los hilados y tejidos de fibras y prendas de vestir, han sido ramas competitivas en el mercado nacional con aquellos productos de importación.

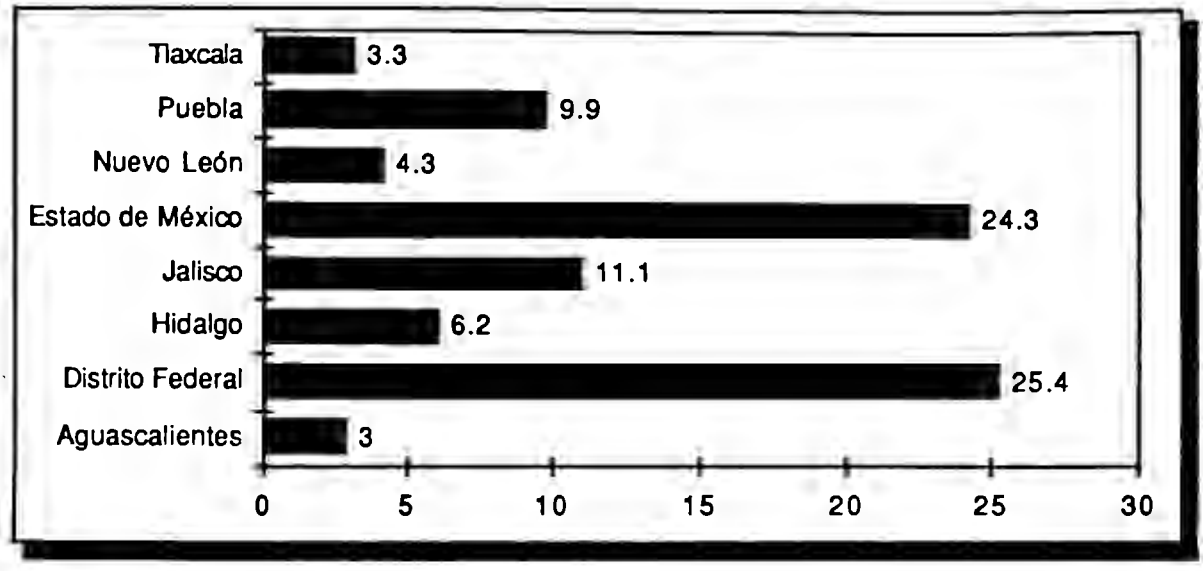


Figura 2.4: Producc. Textil y del Vestido en % del PIB Manufacturero Nacional
Fuente: S.P.P., INEGI, Centro Industrial 1983

2.4.3 Acuerdos Internacionales

Hasta ahora, los textiles y la confección son sectores considerados como protegidos en el contexto del comercio mundial. Su proteccionismo se ha desarrollado desde los cincuentas, cuando iniciaron las nuevas formas de restricción al comercio internacional de textiles. La Tabla II.2 muestra los diferentes acuerdos que se han suscitado en los últimos años, y que han fungido como modificadores directos del comportamiento de la industria textil en México.

En cuanto a los convenios bilaterales México-Estados Unidos, el comercio bilateral de textiles y vestido entre ambos países no ha sido la excepción en las tendencias proteccionistas de los acuerdos multifibras mencionados anteriormente. México ha firmado cinco convenios bilaterales en los que el objetivo ha sido establecer las normas de comercio textil.

Tabla II.2: Acuerdos Internacionales de Fibras, Cronología. 1961-1991

1961	*Acuerdo a Corto Plazo sobre los Textiles de Algodón*
1962	*Acuerdo a Largo Plazo sobre los Textiles de Algodón* Renovado en 1967 y 1970 Prevía un aumento del 5% anual en los niveles de cuota
1973	*Acuerdo Multilateral que Incluyó Fibras Químicas y/o Artificiales*
1974	*Primer Acuerdo Multifibras* Autorrestricción de exportaciones a cambio de expansión garantizada de las mismas Violan principios fundamentales del GATT Intenta ser un acuerdo liberalizador en etapas
1978	*Segundo Acuerdo Multifibras* Fuertes tendencias proteccionistas (principalmente por Europa)
1982	*Tercer Acuerdo Multifibras* Restricción a la importación de productos "sensitivos"
1986	*Cuarto Acuerdo Multifibras* Incluir todas las fibras posibles Controlar importaciones de prendas de vestir y textiles Trata de controlar las exportaciones textiles
1991	*Quinto Acuerdo Multifibras*

Fuente: Investigación Directa.

2.4.4 Análisis Estratégico de la Industria

AMENAZAS:

Desventajas de Maquilar.
El margen de utilidad de la industria del vestido reside en la marca y, por tanto, en el diseño y en la distribución. La maquila elimina precisamente ésta posibilidad de diferenciación en el producto.

Homologación Reglamentaria.
Se espera que el proceso de apertura tienda a crear una regulación interna en materias fiscal y laboral, tanto para las empresas maquiladoras como para las empresas nacionales de confección, que armonice o iguale ambos tipos de empresas, aumentando así la competitividad del sector.

Fragilidad ante la Apertura.
En general, México tiene ventaja comparativa en términos de mano de obra, y por ello, la apertura comercial afecta a la industria, por un lado, una mayor facilidad para que los textileros obtengan insumos importados de mejor calidad y a precio internacional; y por otro, la posibilidad de obtener productos textiles importados para el uso doméstico desplazará parte de la producción nacional.

OPORTUNIDADES:

Auge de la Industria del Vestido.
Se espera que la apertura comercial resulte en una canalización de recursos hacia la industria del vestido, por ser relativamente intensa en mano de obra.

Reacomodo Empresarial.
En el corto plazo, se prevee que las empresas de confección que fabrican artículos

de baja calidad en relación al estándar internacional, se vean impulsadas a cambiar la orientación de su actividad, fundamentalmente hacia la maquila internacional.

Crecimiento del Mercado.
La idea en cuanto al TLC es tener más amplio acceso a los mercados estadounidense y canadiense; de tal forma el tamaño consecuentemente potencial del mercado de Estados Unidos se aprecia cuando se considera que el consumo de fibras de todo tipo por persona es de 20.2 kilogramos al año, mientras que en México sólo asciende a 5.5 kilogramos.

2.5 La Industria Metalmecánica

Este subsector, si bien es cierto que no constituye el de importancia máxima, dadàs las características propias de la industria jalisciense, sí está considerado entre los de relevantes, más aún, porque en dicho estado se encuentran instaladas varias plantas correspondientes a industrias que ocupan lugares preferenciales o son líderes en el ramo metalmecánico.

2.5.1 Antecedentes

En términos generales, la industria metalmecánica está constituido por aquellas empresas cuyo objeto es transformar el metal, utilizando medios mecánicos, hasta obtener un producto terminado.
Este subsector industrial, pese a ser uno de los de mayor relevancia en México, actualmente se encuentra bajo un estado crítico, debido en parte a que la capacidad instalada se encuentra trabajando tan sólo a un 50%, y por otro, la gran competencia en el ramo. Ello ha sido la razón principal para que en nuestro país se proceda a la subcontratación, pues la consecuencia lógica derivada del estado

de crisis es la manifestación de retrasos en los tiempos de entrega, baja calidad e incluso, problemas de falta de cumplimiento en las normas de calidad.
Ante tal realidad, muchos productores se han visto en la necesidad de abatir costos y recortar personal, disminuyendo por tanto sus márgenes de utilidad.

A nivel nacional, es muy marcada la preferencia por el rollo de acero importado, no por razones de calidad, sino de precio, tiempo de entrega y flexibilidad en el proceso.

Sin duda, uno de los consumidores más importante es el ramo de la industria fabricante de autopartes, ya que buena parte del mercado final está constituida por chasises, carrocerías y autopartes en general.

2.5.2 Selección de Empresas y Productos

En términos generales, son dos los tipos de clientes para ésta industria: el sector privado, donde existe una gran diversidad de industrias clientes, que en algunos casos desencadena una guerra de precios entre competidores; mientras que el segundo, está integrado por empresas paraestatales como PEMEX, CFE, IMSS y Ferrocarriles Nacionales de México, entre otros.

2.5.3 Situación actual

Debido a la estrecha relación que guarda la industria metalmecánica con la industria básica del hierro y el acero, se decidió manejarlas como si fuesen un subsector común para fines prácticos; pensar en la industria metalmecánica implica hacer alusión directa a la industria hierro-acerera, pues ésta última es la plataforma más importante para la fabricación metalmecánica.

Pese a que la industria metalmecánica mexicana participa con buenos

resultados en los mercados internacionales, aún mantiene un importante rezago en calidad y tecnología en relación a las industrias mundiales de ese género, lo cual se refleja en el hecho de que el crecimiento de la demanda interna, lejos de incentivar la producción nacional, ha generado más importaciones.

2.6 El Sector Exportador

Este apartado tiene por objeto analizar la situación actual de México en términos de negociaciones más allá de los límites de nuestras fronteras, fundamentalmente en relación con los Estados Unidos, principal socio comercial. Entre otros puntos, se proporcionan datos estadísticos sobre aquellas manufactureras de mayor interacción hacia el exterior y su correspondiente aportación a la economía nacional.

2.6.1 La Transición del Sector Externo de México

A causa de la crisis de divisas de 1982, el entorno económico se ha transformado drásticamente, pues la serie de cambios que se llevaron a cabo, originaron que las empresas adoptaran nuevas políticas de crecimiento, en base a las exportaciones.

El bajo crecimiento de la demanda interna y su inestabilidad, han orillado a las empresas a buscar nuevos mercados que pudieran ser fuente de un crecimiento aceptable y estable, de modo que las empresas nacionales consideraron como una solución temporal a sus problemas de inventarios y capacidad ociosa, la estrategia de exportación. Sin embargo, para la segunda parte de la década de los ochentas, muchas empresas iniciaron un firme soporte para su crecimiento a largo plazo, además de que los márgenes de ganancia de las actividades de exportación aumentaron durante ésta década a causa de la reducción de los salarios medios reales en el sector manufacturero y la depreciación de nuestra moneda, de aquí

que el entorno internacional ha sido más favorable a partir de 1983, ya que las exportaciones mundiales crecieron a una tasa media actual de más del 10%, sobre todo a causa de la expansión del comercio de manufacturas.

2.6.2 Contribución al Crecimiento de las Manufactureras

La Tabla II.3 muestra las contribuciones de cada subsector al crecimiento. La razón de las contribuciones señala la posición de cada uno de ellos en el comercio bilateral con los Estados Unidos (si es positivo, indica que contribuye más a las exportaciones que a las importaciones, y viceversa si es negativo).

Se observa en la tabla que durante el período 1985-89, los subsectores que más contribuyen a la exportación son los vehículos y productos metálicos, y en menor escala: minerometalurgia, minerales no metálicos, textiles y siderurgia. En el mismo período, vehículos y productos metálicos son los principales importadores de los proveedores norteamericanos.

En el período de 1989-91, el subsector de mayor contribución al crecimiento fué el de vehículos, y en menor proporción la madera, los textiles y los productos metálicos. Durante el período de 1985-89, los subsectores donde las importaciones crecieron más que las exportaciones fueron: plásticos, química, madera, papel, siderurgia y textiles, mientras que en el período 1989-91, quienes más contribuyeron a las importaciones fueron: productos metálicos, maquinaria y equipo, plásticos, alimentos y química.

Tabla II.3: Contribución al Crecimiento de las Manufacturas.
(En los períodos 1985-1989 y 1989-1991)

Subsector	Exportaciones (A)		Importaciones (B)		Razón (A/B)	
	85-89	89-91	85-89	89-91	85-89	89-91
A. Alimentos	2.4	4.5	2.8	11.6	0.8	0.4
B. Textiles	3.4	20.7	4.5	7.6	0.7	2.7
C. Pieles y Cuero	1.4	-4.4	0.6	-2.4	2.1	1.8
D. Madera	1.2	26.7	3.5	5.6	0.3	4.8
E. Papel	2.3	-8	4.2	6.9	0.5	-1.2
F. Química	1	3.1	3.6	3.5	0.3	0.9
G. Plásticos	1.7	1.2	8.7	4.9	0.2	0.2
H. Minerales no Métalicos	3.4	-15.9	2.3	-1.1	1.5	14.3
I. Minerometalurgia	5.3	-17.1	4.7	-0.9	1.1	19.1
J. Siderurgia	2.6	6.2	4.8	5.2	0.5	1.2
K. Vehículos	15.8	78.5	8.9	21.8	1.8	3.6
L. Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	54.4	9.1	48.8	36.5	1.1	0.2
M. Otras Manufacturas	5.2	-4.8	2.5	0.8	2.1	-6.3
TOTAL	100	100	100	100	1	1

Fuente: Departamento de Comercio de los Estados Unidos.

2.6.3 Las 20 Manufactureras de Mayor Exportación

A continuación se ilustra sobre los 20 productos manufacturados que más se exportaron a los Estados Unidos en 1989, con la idea de proporcionar un panorama global del comportamiento en la industria mexicana actual, para así poder tomar una referencia de cuáles son los subsectores manufactureros sobre los cuales es conveniente enfocar mayores esfuerzos para lograr mantener el alto nivel de competitividad que se requiere para permanecer en el mercado internacional, extrapolando ésta situación al estado de Jalisco, específicamente a la ciudad de Guadalajara, y posteriormente acumular elementos de juicio que, complementados con la retroalimentación por parte de las diferentes industrias encuestadas, permitan hacer un diagnóstico mejor fundamentado y así detectar de manera más precisa y eficaz las áreas de oportunidad que se habrán de proponer como alternativas de solución a los diferentes puntos de quiebra detectados.

Tabla II.4: Las 20 Manufacturas que más Exportaron a Estados Unidos en 1989

Lugar*	Producto	Monto (Millones de dólares)	% Sobre Exportaciones de Manufactura Totales
2	Cable para Vehículos	1,148	0.6
3	Vehículos (motor 1500 o más)	1,051	5.5
5	Receptores de TV a color	853	4.5
6	Motores	660	3.5
7	Partes para Transmisión de Radio y TV (antenas)	650	3.4
8	Receptores de Radio para Vehículos de Motor	531	2.8
10	Cinturones de Seguridad	364	1.9
11	Partes y Accesorios de Vehículos	358	1.9
15	Partes y Accesorios para Maquinaria, Adapt. y Unidades	278	1.5
16	Conductores Eléctricos	242	1.3
20	Unidad de Proceso Digital	197	1
21	Asientos de Vehículos	180	1
22	Interruptores Eléctricos	176	0.9
23	Aparatos Eléctricos para Circuitos Electrónicos	176	0.9
24	Motores Eléctricos, Una Fase	173	0.9
25	Aparatos de Transmisión de Radio o Televisión	149	0.8
26	Cerveza	145	0.8
27	Artículos de Ropa	139	0.7
28	Maquinarias, Adapt. y Unidades	135	0.7
29	Circuitos Digitales	133	0.7
	TOTALES	7,739	40.7

Fuente: Departamento de Comercio de los Estados Unidos
* Los lugares faltantes corresponden a exportaciones no manufactureras.

2.7 Resultados de la Encuesta

La realidad de la industria en Guadalajara se describe en la sección resultados obtenidos al aplicar la encuesta [APENDICE C]. En el Capítulo IV se se proponen las áreas de oportunidad encontradas cualitativamente en base a tales resultados de manera general, aunque para llevarse a cabo es necesario desarrollar un análisis específico para cada empresa de manera detallada.

2.8 La Industria Nacional y la "Fábrica del Futuro"

Durante el desarrollo de éste capítulo se ha venido manifestando, en términos muy generales, la situación actual de la industria mexicana;
sin pretender decir con éste análisis que el sector manufacturero consta sólo de los cuatro subsectores mencionados, de quienes se cuenta con la retroalimentación proporcionada por las diferentes empresas encuestadas en la ciudad de Guadalajara, y dichos subsectores, a su vez, constituyen los principales grupos representativos de la industria jalisciense.

De la situación de la Industria actual en México se puede identificar el camino hacia el cual se dirige éste importante sector económico; y si hacemos una proyección hacia las filosofías y conceptos que se verán en el Capítulo III, se puede identificar, por un lado, los lineamientos que los subsectores analizados deben seguir para integrar lo que se define como "La Fábrica del Futuro", y por otro, proporcionan una visión global de las áreas de oportunidad que se presentan en función de la conjugación del panorama global con los resultados generados por la interpretación de las encuestas.

CAPITULO III

"LA FABRICA DEL FUTURO"

Introducción

Con el objeto de conocer hacia dónde es necesario dirigir la industria nacional para lograr mantener el mercado con un alto nivel competitivo, es importante primero visualizar lo que en la actualidad se define como "La Fábrica del Futuro", para así poder sugerir más delante el camino que nuestras empresas deben tomar, basados, por un lado, en las experiencias de empresas de categoría mundial, quienes han adoptado ciertas filosofías para el mejoramiento continuo; y por otro, en literatura especializada, donde mucho se ha escrito sobre los caminos que las empresas de nuestra era deberán seguir para ser consideradas precisamente como verdaderas fábricas del futuro.

En éste capítulo se hace mención de varios temas relevantes a las "Fábricas del Futuro", de los cuales, en función de la retroalimentación recibida a través de las encuestas, se sugieren estrategias de implementación, tales que que conduzcan a la industria de Guadalajara hacia una posición de alta calidad y productividad.

3.1 Consideraciones Teóricas

El uso de Sistemas Integrados de Manufactura (IMPS) es una estrategia para la fábrica con futuro. Taiichi Ohno, siendo vicepresidente de manufactura de Toyota Motor Company, creó un nuevo tipo de sistema de manufactura simple y muy flexible, cuya estrategia ha sido llevada a los Estados Unidos y ha sido implementada por muchas compañías, bajo diferentes nombres como:

• JIT/TQC (Just-in-Time/Total Quality Control)
• ZIPS (Zero Inventory Production System)
• MAN (Material as Needed)
• MIPS (Minimum Inventory Production System)
• Ohno System (después de Toyota's Taiichi Ohno)
•Stockless Production
• Kanban

La estrategia IMPS contrasta con la Manufactura Integrada por Computadora (CIM), la cual constituye un esfuerzo para alcanzar elementos automatizados para que las formas tradicionales de sistemas de manufactura se comuniquen entre sí por medio de computadoras.

En muchas compañías se ha hecho un esfuerzo para implementar la automatización de esfuerzos, reemplazando así la intervención humana directa; sin embargo, la revolución de Toyota ha sido lograda sin el uso de computadoras, vehículos guiados automáticamente (AGV's), robots ni cosas por el estilo.

Esta sección está basada en los logros de ciertas compañías, las cuales han dado a conocer los resultados de sus respectivas implementaciones del sistema Ohno. Posteriormente se dan a conocer los pasos de toda industria que pretenda estar considerada como "Fábrica del Futuro", implementando un sistema CIM. La estrategia involucra JIT, reducción de tiempos de preparación (setup times), y sistema de producción tipo "pull" (kanban links); por otro lado, control de calidad, control de producción, control de inventarios y mantenimiento de máquinas herramientas, están integradas dentro del sistema de manufactura.

Un IMPS produce calidad superior a costo mínimo en un tiempo menor y proporciona la estructura propia para la automatización de procesos, con el

objeto de reducir la variabilidad y remover gente de trabajos peligrosos o que en realidad no requieren la presencia humana. La computarización de los sistemas integrados completa la estrategia, lo cual genera el aprovechamiento de trabajadores multifuncionales, sin olvidarnos de la necesidad de flexibilidad en el equipo, para poder adaptarse a las necesidades de los cambios en la producción o la demanda.

En realidad, el Sistema Ohno es una extensión lógica del Sistema Ford, a diferencia de que éste último fué concebido para manejar grandes volúmenes solamente, y no con alta flexibilidad como en el caso del primero.

La Figura 3.1 muestra el tipo de producto vs. sistema de manufactura, donde por lo menos una industria de cada género a nivel mundial ha completado la conversión a sistema de manufactura celular (Sistema Ohno).

Adicionalmente se dan a conocer algunas otras estrategias consideradas importantes para que toda industria, en términos generales, adopte para adquirir un adecuado nivel de calidad y productividad, tal que cumpla con las expectativas de todas las "Fábricas del Futuro".

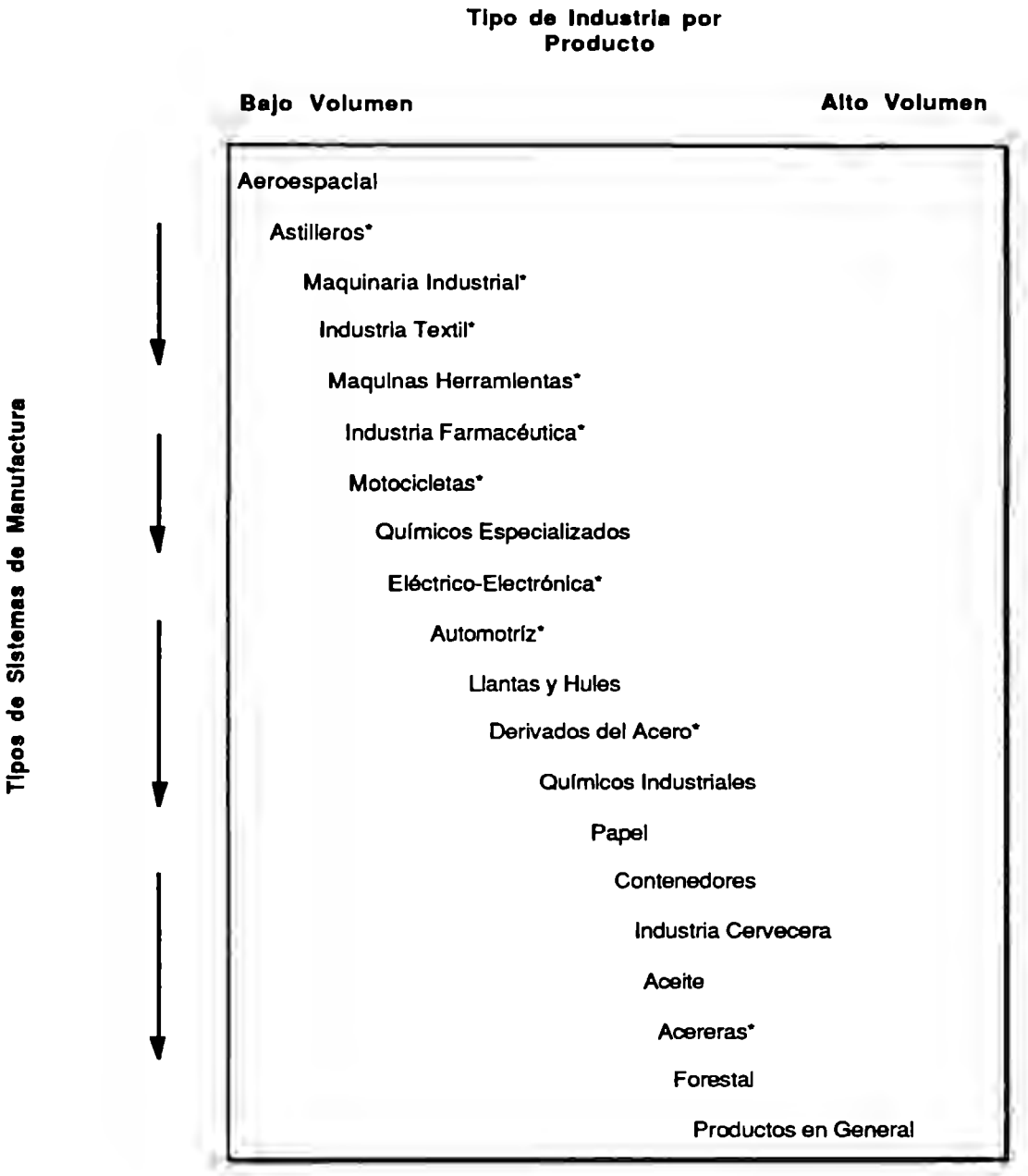


Figura 3.1: Tipo de Producto vs Sistema de Manufactura

3.2 Sistemas de Manufactura

3.2.1 Clasificación de Compañías

De entre las posibles clasificaciones de una compañía se ha elegido la que a continuación se menciona, ya que en base a ella se trató de ubicar a las manufactureras encuestadas, en un contexto nacional:

1.- Productor Básico: éste tipo de compañía toma los recursos naturales y los transforma en materias primas, usados por otras firmas manufactureras.

2.- Convertidor: toma la producción del productor básico y transforma éstas materias primas en varios productos industriales y algunos productos de consumidor final.

3.- Fabricante: éstas firmas fabrican y ensamblan productos finales. Incluyen las firmas que fabrican componentes y las que ensamblan para hacerlos productos finales (al consumidor).

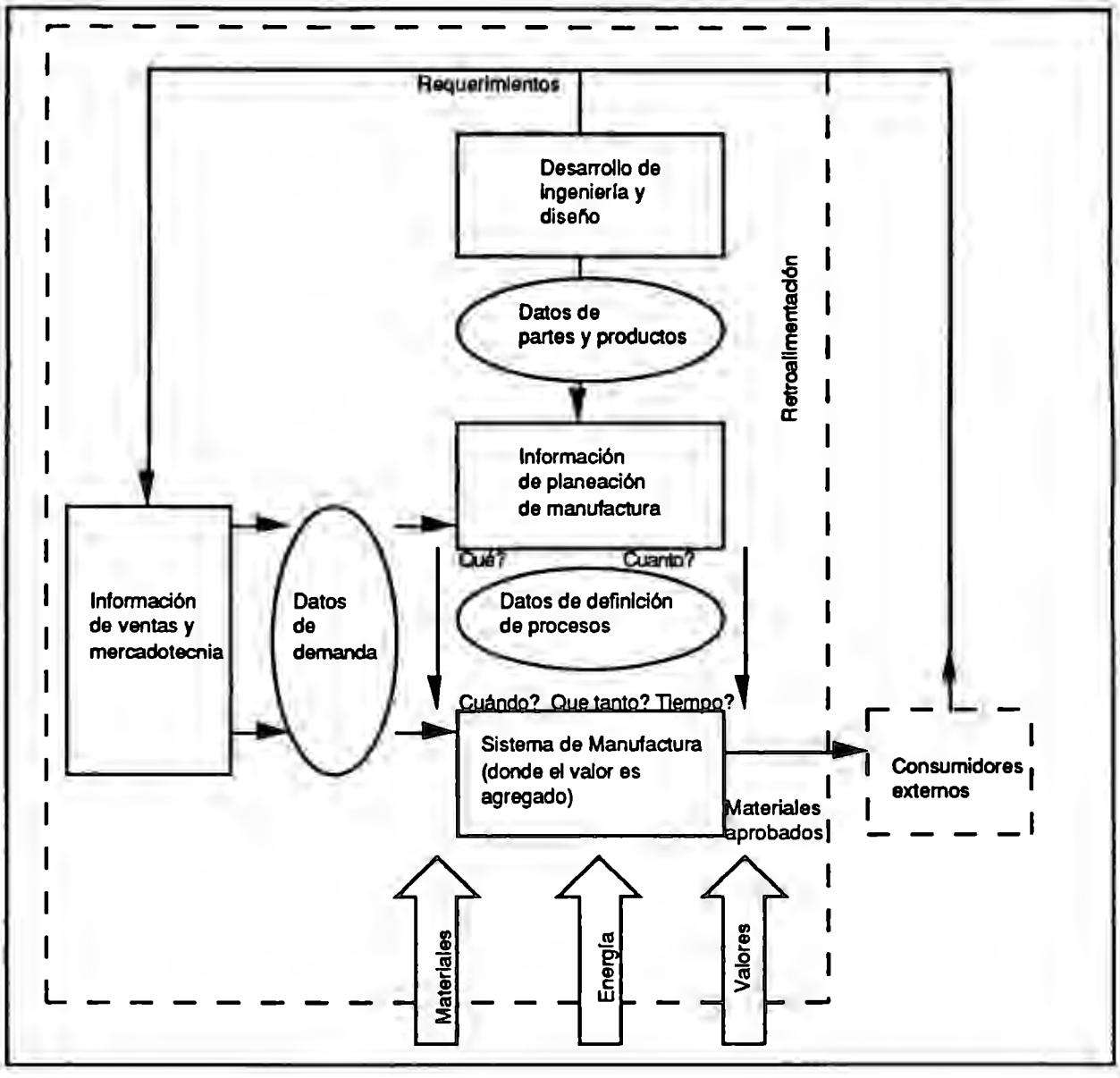


Figura 3.2: Sistema de Manufactura: el Corazón de la Compañía

3.2.2 Tipos de Producción

Al igual que en el punto anterior, no existe una clasificación universal de los diferentes tipos de producción; sin embargo, parece ser que existe la posibilidad de englobarlos en tres grandes grupos, los cuales se definen a

continuación, y que de alguna manera constituyeron otro de los puntos de soporte y referencia para la investigación realizada a través de la encuesta:

1.- Producción Tipo Taller (Job Shop)

Consiste en un sistema de producción cuya característica más importante es la producción en bajo volúmen, y es quizá el tipo de mayor aplicación en la mediana y pequeña industria de nuestro país. sus características principales son:

- Opera bajo órdenes específicas de los clientes
- Permite variedad en cuanto al tipo de trabajo que la planta lleva a cabo
- Su equipo de producción debe tener bastante flexibilidad y debe ser de uso general.
- Los trabajadores deben ser multihabilidades, es decir, deben dominar varios tipos de trabajo.

La Figura 3.3 muestra un arreglo típico de una distribución para producción tipo taller (job shop) , donde se advierte claramente la necesidad de formar grupos de trabajo, la cual se describe posteriormente; además muestra la distribución de las máquinas para la producción de tres piezas, arbitrariamente seleccionadas (A,B y C), compuestas cada una de ellas de varias partes. Como puede apreciarse, la distribución se presta para casos de bajos volúmenes de producción, pues a medida que el sistema se vuelve más complejo, se pone de manifiesto una mayor dificultad para optimizar el proceso, los recursos y el espacio.

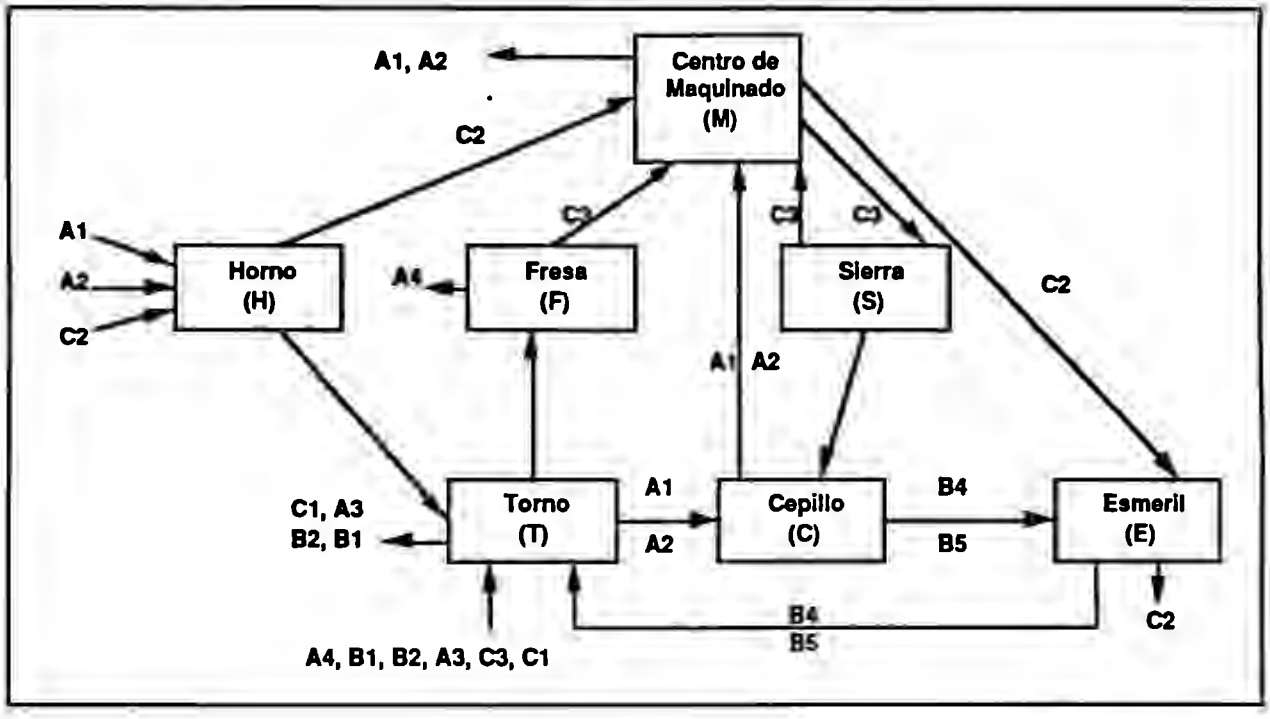


Figura 3.3: Producción Tipo Taller (Job Shop)

2.- Producción por Lotes (Batch Production)

Esta categoría involucra la manufactura de lotes de tamaño mediano, con productos del mismo tipo. Los lotes pueden ser producidos una sola vez o regularmente. algunas de las características que identifican a éste tipo de producción son:

- satisfacción de la demanda continua de un producto
- equipo de propósito general
- aproximadamente el 75% de todas las partes manufacturadas se producen en lotes de 50 unidades o menos

3.- Producción en Masa (Mass Production o Flow Shop Lines)

Esta es la manufactura continua y especializada de productos idénticos. Es propia para altos volúmenes. Entre las características principales se tienen:

- altas tasas de producción
- equipo dedicado a propósitos específicos
- alta demanda de productos
- inversiones muy altas
- los operarios no presentan grandes habilidades
- la producción puede ser en cantidad o en flujo

La figura 3.4 ilustra de manera esquemática una línea de flujo del sistema.

Figura 3.4: Producción en Masa (Flow Shop Lines)

I. T. E. S. M. C. M. BIBLIOTECA
COLECCION DE NEGOCIOS Y ALTA DIRECCION

4.- Producción por Celdas de Manufactura (Linked-Cell Manufacturing System)

Este tipo de producción es el sistema más nuevo y está integrado por células o celdas ligadas entre sí con sistema pull para el manejo de materiales. En las celdas, operaciones y procesos son agrupados de acuerdo a la secuencia de manufactura que se requiere para fabricar un determinado grupo de productos. Este arreglo es mucho más sofisticado que el correspondiente a los procesos en línea, pero es diseñado por motivos de flexibilidad.

Por otra parte, es una optimización del proceso de producción del arreglo tipo taller, ya que la ubicación estratégica de las máquinas implica un mejor

aprovechamiento, tanto de recursos como de tiempos de proceso. La figura 3.5 aplica la Producción por Celdas, y es en sí un arreglo alternativo de la Producción Tipo Taller (Figura 3.2).

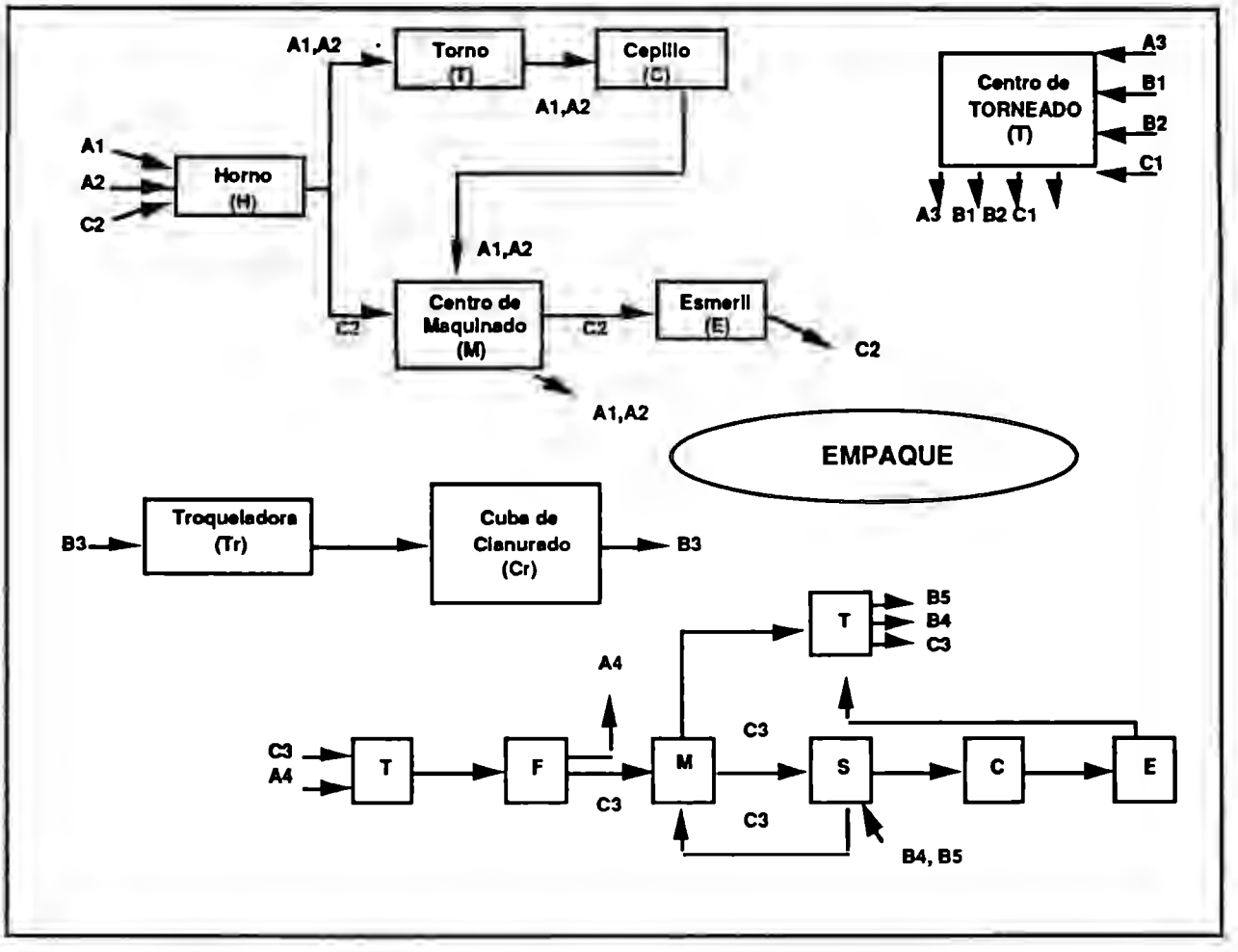
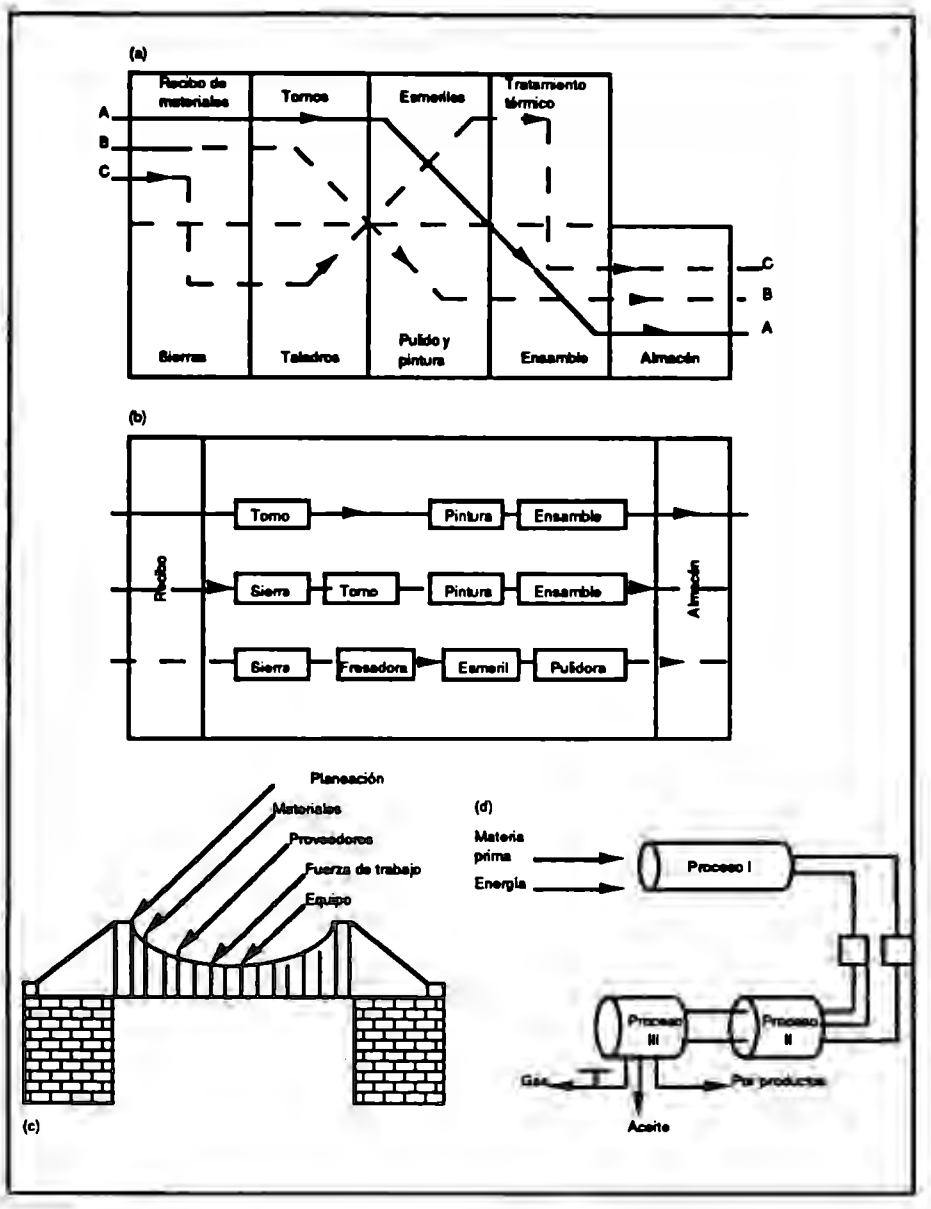


Figura 3.5: Sistema de Producción por Celdas de Manufactura (Link-Cell Manufacturing System)

Las distribuciones de planta en forma esquemática para algunos de los principales tipos de sistemas de producción se describen en la Figura 3.6.



(a) Tipo Taller; (b) Producción en Masa; (c) Posición Fija (d) Proceso continuo

Figura 3.6: Distribuciones de Planta para Algunos Sistemas de Manufactura Clásicos

3.2.3 Funciones en Manufactura

Toda industria tiene como objetivo convertir los materiales en producto terminado (aunque el producto terminado de ellas constituya la materia prima de otras), finalmente concurren en el punto donde ambas operan con ciertas funciones básicas, que principalmente y como lo muestra la figura 3.7 son:

- Proceso
- Ensamble
- Manejo de materiales y almacenamiento
- Inspección y pruebas
- Control

Los procesos mencionados no son únicos, por lo que pudieran presentarse algunos otros; sin embargo, éstos integran la matriz original que las define.

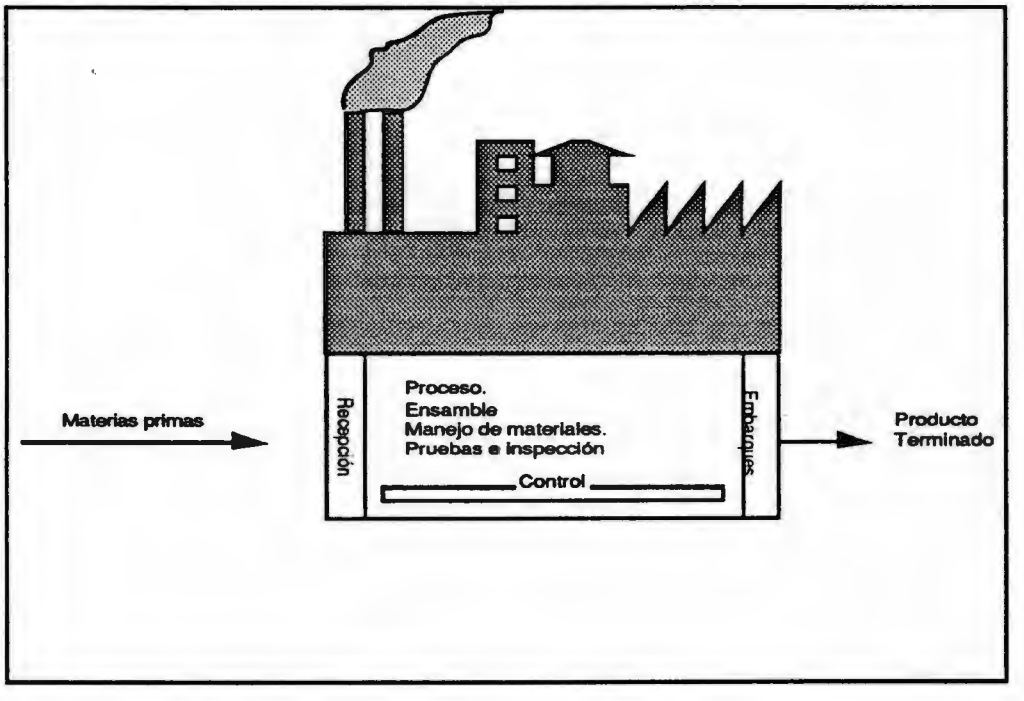


Figura 3.7: Operaciones de la Planta

En función de la forma en que se procesa la información en manufactura (Fig. 3.8), se requiere algo más que una simple entrada de materia prima, pues tanto el diseño como la planeación y el control de la manufactura, así como las ventas, desempeñan un importante papel dentro del aspecto organizacional de la planta.

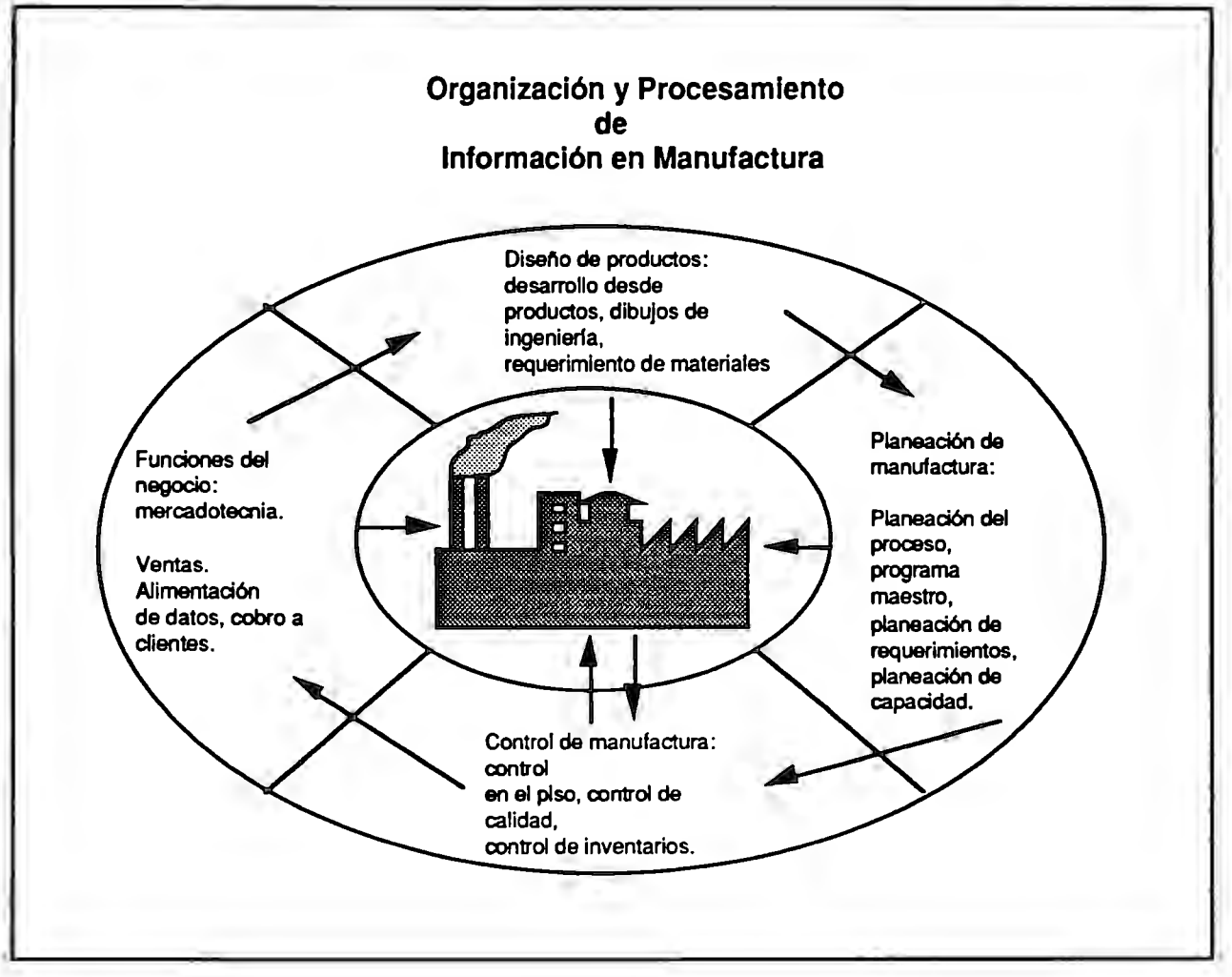


Figura 3.8: Organización y Procesamiento de Información en Manufactura

3.2.4 Un Nuevo Sistema de Manufactura

Gran parte de la tecnología actual tuvo el origen de su desarrollo en países como: Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, Japón y ahora Taiwan y Corea (éstos dos últimos han incursionado fuertemente en el mercado norteamericano, principalmente en las industrias automotriz y electrónica).

En términos de desarrollo manufacturero, es conveniente tener en cuenta que la metodología es tan poderosa como la tecnología, y que un diferente tipo de sistema de manufactura que permita integración funcional de elementos críticos de los sistemas de producción, ha evolucionado. En el futuro, éste nuevo sistema, basado en manufactura celular, es posible que tome su lugar junto con el sistema Taylor de administración científica y con el sistema de producción Toyota (Just-in-Time o IMPS). Muchas compañías han desarrollado exitosamente alguna versión del sistema. Las experiencias de tales compañías se pueden resumir en 10 pasos clave, que, de llevarse a cabo, pueden hacer que una compañía tenga éxito. La Calidad es el paso crítico, y para que el sistema IMPS funcione adecuadamente, es necesario, como punto medular, implementar un programa de Control de Calidad Integrado (IQC), pero no como entidad independiente, sino como una filosofía en todos y cada uno de los diferentes departamentos de la compañía, bajo la consigna de "hacerlo perfecto" la primera vez.
La adopción de tal filosofía ha arrojado resultados impresionantes; por ejemplo, 6 de los 10 automóviles que causaron menos problemas en 1985, fueron Toyota. Los japoneses, particularmente Toyota y Honda, tuvieron un promedio de 169 problemas por auto, contra los vehículos americanos, con 268, y europeos, con 267, con lo cual los japoneses se convirtieron en una potencia mundial en términos de diseño y tecnología.
Ahora, Japón se está concentrando en un nuevo sistema de innovación de productos con énfasis en productos con un alto valor agregado, invirtiendo hasta

un 14 % de cada dólar de venta en investigación y desarrollo (R&D). Las empresas típicas norteamericanas gastan menos del 5 % en R&D y, en el caso de nuestro país, por debajo del 2 %.

3.2.5 Optimización de un Sistema de Manufactura

En general, un Sistema de Manufactura es un conjunto integrado por subconjuntos que interactúan entre sí con el sistema total. El sistema tiene una serie de objetivos específicos y la operación debe optimizar a todo el conjunto, bajo un esquema sinergético, es decir, la optimización de cada parte del sistema en forma individual no optimiza al conjunto. La operación diaria del sistema requiere la recolección de información y comunicación con los procesos de toma de decisiones integrados al sistema de manufactura. La decisión de qué es lo que se debe hacer, cuándo, cómo y donde, es un aspecto crítico para el bienestar de la compañía. Estas decisiones toman en cuenta el control de todo el sistema, ya que un sistema sin control, jamás puede aspirar a la optimización. Los resultados de cada compañía serán diferentes debido a la interacción de los diferentes combinaciones de los subsistemas (personal, diseño de productos y materiales). Diferentes interacciones con el mundo social, político y económico hacen que cada compañía tenga un sistema único con su propio conjunto de problemas. Por tales motivos, hay peligro si se agrupa a todas las compañías en una base funcional; sin embargo, ésta es la situación más común.

3.2.6 Flexibilidad en los Sistemas de Manufactura

Actualmente resulta difícil predecir con certeza el rumbo que el mercado va a tomar, en términos de manufactura de productos, ya que los consumidores se tornan cada vez más exigentes, por lo cual se ha desencadenado una verdadera lucha basada en el desarrollo de nuevos productos, así como la innovación de los ya existentes.

Las empresas manufactureras han dedicado gran parte de sus preocupaciones a optimización de recursos, retorno de sus inversiones y rendimiento del elemento humano; sin embargo, han menospreciado la flexibilidad necesaria que afronte la problemática mencionada. Tradicionalmente la industria ha estado haciendo frente a tal situación acumulando inventarios que les permitan amortiguar el mercado cambiante, pero paulatinamente se ha dado cuenta que la acumulación de inventarios, lejos de constituir un remedio, provoca mayores ineficiencias, de modo que ha ido encontrando que un remedio infalible es la flexibilidad de los sistemas ante los nuevos requerimientos que los mercados demandan.

Un primer paso hacia la flexibilidad es el hecho de considerar que, si se habrá de competir en base a variedad de productos, es de vital importancia identificar los límites de la compañía en cuanto a modificaciones requeridas de práctica de trabajos, para así evitar que tales factores salgan de su control. Una vez enfocada la orientación de la empresa, se buscará ganar la máxima flexibilidad posible para ofrecer y ser capaz de fabricar mayor variedad a través de mezcla de productos, en corridas pequeñas y alta frecuencia de productos terminados. Para el logro de tal objetivo, se han tenido que lograr algunos conceptos, como: trabajadores multifuncionales, fuerza de trabajo flexible, creación de celdas de manufactura, reducción de tiempos de preparación, etc...

El balanceo de las líneas de producción es tarea de del propio supervisor y no de personal externo, ya que él tendrá la capacidad de definir cuándo, en función de las fluctuaciones de la demanda, "moverá las piezas de su tablero" y de qué manera, para lo cual se imparte una capacitación adecuada a los trabajadores, además de diseñar una distribución de las máquinas tal, que minimice las distancias a recorrer entre estaciones de trabajo.

Un buen ritmo en la línea de trabajo se obtiene asignando a cada quien tareas específicas, una vez calculado el tiempo de ciclo (tiempo disponible / demanda), sin olvidar que un adecuado balanceo de línea requiere estandarización de operaciones para evitar variaciones en la calidad o eficiencia.

El uso de equipos no tan sofisticados y de alta flexibilidad suelen ser muy convenientes en términos de flexibilidad si éstos son de uso múltiple, además del valor agregado de adquirirse a un menor costo.

Otro aspecto importante son los tiempos de preparación, que cobra gran importancia cuando los tiempos de preparación son considerablemente altos, es conveniente la producción de corridas tan grandes como sea posible; sin embargo, se ha demostrado por métodos llevados a la práctica, que es posible reducir los tiempos de preparación hasta en un 60% (Kusiak, [1990]).

Por todo lo anterior, se observa la estrecha relación entre flexibilidad y tiempo de respuesta, tanto ante las fluctuaciones del mercado como durante la operación diaria, por lo que un sistema productivo flexible se encuentra en una posición desde la cual le es posible ofrecer al consumidor mayores alternativas para satisfacer sus necesidades sin incurrir en costos excesivos, así como un rápido tiempo de respuesta ante las demandas, lo cual constituye una ventaja competitiva.

3.3 Manufactura de Clase Mundial

3.3.1 Definición

La Manufactura de Clase Mundial es un proceso continuo de integración de áreas especiales con objetivos estratégicos para adquirir ventaja competitiva en el mercado mundial mediante adecuada planeación, diseño, fabricación y

distribución de bienes o servicios que satisfacen al cliente en calidad, cantidad, costo y tiempo de respuesta.

El lema general para la manufactura de clase mundial, se puede resumir como el mejoramiento rápido y continuo de:

- calidad
- flexibilidad
- servicio al cliente y
- tiempo de respuesta

La figura 3.9 ilustra en forma esquemática la descripción del modelo.

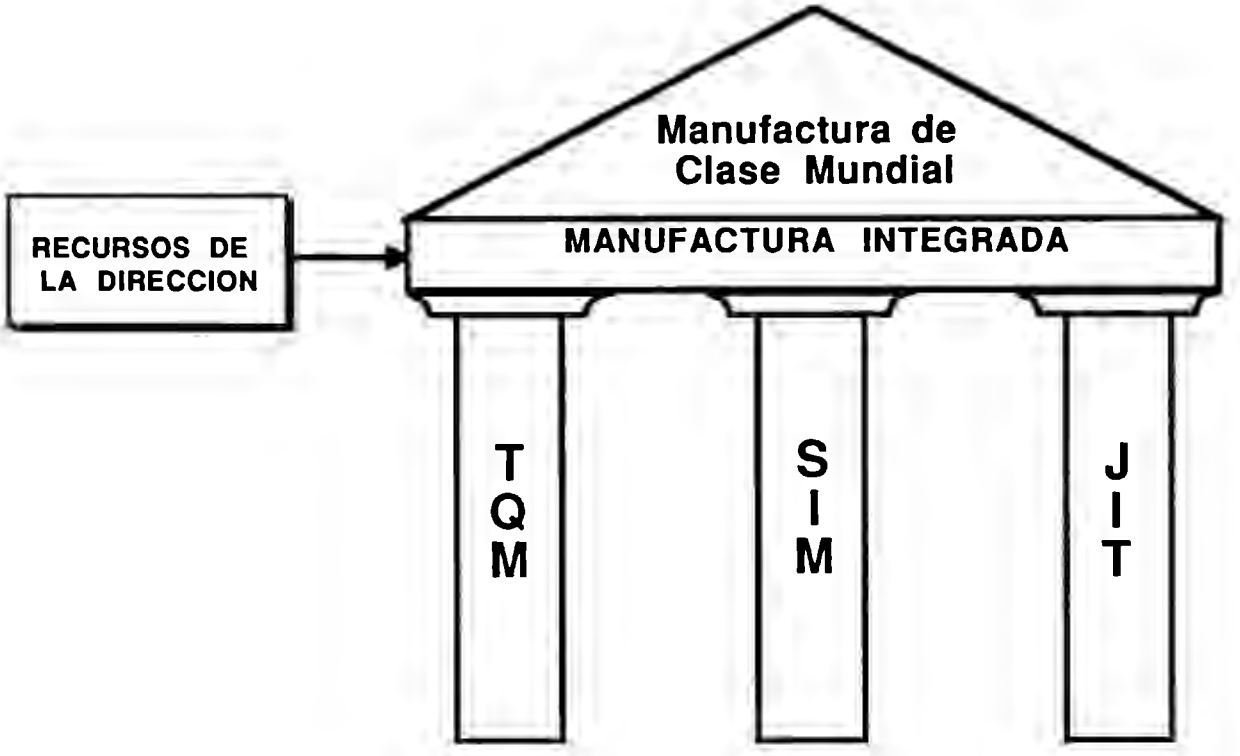


Figura 3.9: Modelo Conceptual de Manufactura de Clase Mundial (MCM)

Los pilares básicos del modelo de empresa de MCM están constituídos por TQC (Total Quality Control), SIM† (Sistema Integrado de Manufactura) y JIT (Just-in-Time), conocidos como herramientas principales requeridas para soportar la manufactura y realizar los objetivos estratégicos en los negocios, éstos se deben aplicar en el orden adecuado para resolver el proceso de planeación y lograr las metas de la dirección en la implementación de la Manufactura de Clase Mundial.

En la sección 3.6, debido a su trascendente importancia, se ampliará la información acerca de la filosofía "Justo a Tiempo" (JIT).

En los sistemas de producción tradicionales, pueden identificarse las siguientes áreas funcionales:

* Planeación y control del producto y proceso
* Planeación y control de la producción
* Proceso de producción

La interrelación entre éstas áreas se representa en la figura 3.10

† SIM es un proceso gradual de integración de los sistemas y es considerado necesario para operaciones de la planta, involucrando las estrategias de manufactura con las del negocio y mercado. SIM es una manera de trabajar, enfocada a compartir información a través de las actividades de producción, automatizando la recolección de flujo y uso de la información entre operaciones y actividades propias de la empresa de manufactura.

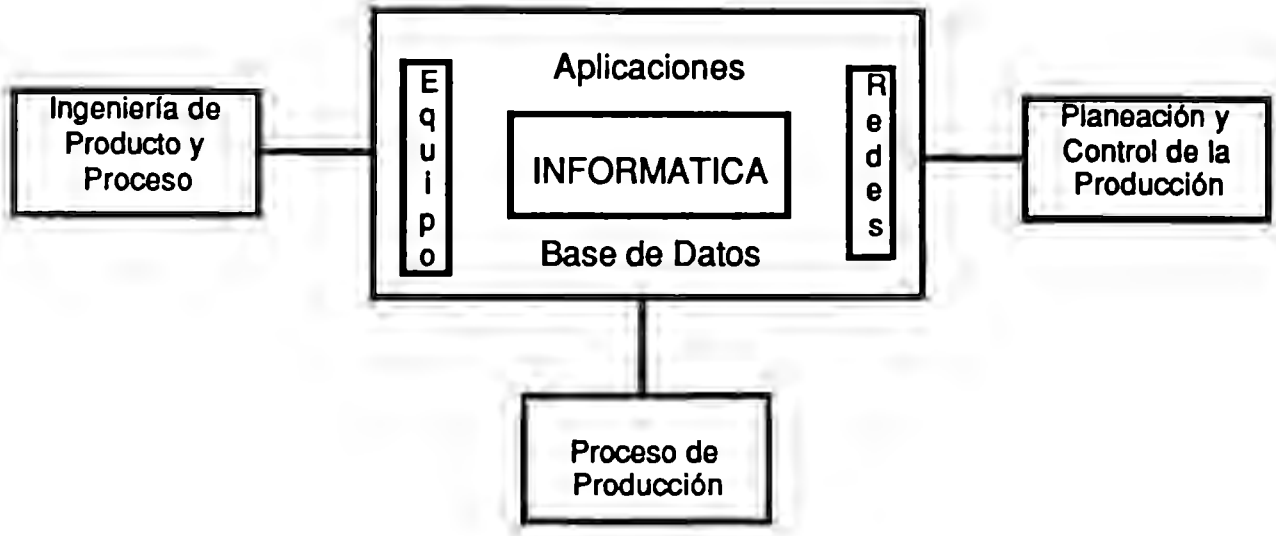


Figura 3.10: Areas Funcionales de un Sistema de Producción Tradicional

3.3.2 Estándares de Atributos de Empresas de Clase Mundial

Los principales estándares de atributos de empresas de MCM, en referencia los valores promedio en organizaciones típicas norteamericanas aparecen en la Tabla III.1

Tabla III. 1: Estándares de Atributos de Empresas de Clase Mundial

Atributo (U.S)	Estándar (Clase Mundial)	Promedio
Tiempo de Preparación (Set-up time)	< 30 min	2-4 hrs
Costo de la Calidad Total	3-5%	15-25%
Relación de Espacio Productivo vs. Total de Espacio	> 50 %	25-35%
Tiempo de Residencia del Material	3 días	3 meses
Flexibilidad	270 part/maq.hta	25 p/m.h.
Distancia recorrida	300 pies	> 1 milla
Tiempo Productivo (up time)	95%	65-75%

3.3.3 Variables Prioritarias para Mantener el Nivel de Competitividad en las Empresas Internacionales

La preocupación de toda empresa manufacturera, una vez que se ha alcanzado un nivel de Empresa de Clase Mundial en virtud de las condiciones que se analizaron en las secciones anteriores, es el hecho de poder mantenerse en ese nivel, y para lograrlo, existen una serie de factores que deberá cumplir, los cuales se enuncian a continuación (Roth y Akio [1989]):

- Ampliación del rango de tareas de los trabajadores
- Incremento de la responsabilidad de la planeación en los trabajadores
- Rotación del jefe de piso
- Motivación del trabajador
- Reorganización de la manufactura
- Realización de círculos de calidad
- Entrenamiento a los supervisores
- Mejoramiento en el mantenimiento
- Implementación de la filosofía "cero defectos"
- Sistema de control de inventarios
- Reducción en el tiempo de entrega
- Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM)
- Diseño Auxiliado por Computadora (CAD)
- Reducción del tiempo de preparación de máquinas
- Implementación de la Ingeniería Concurrente
- Reducción de la fuerza laboral
- Aplicación de Tecnología de Grupos
- Expansión de capacidad
- Desarrollo de nuevos procesos para viejos procesos y viejos productos
- Integración de los sistemas de información
- Reacondicionamiento de la planta física

- Implementación de robots
- Sistemas flexibles de Manufactura
- Control Estadístico del Proceso (SPC)
- Control Estadístico del Producto

La condición ideal consiste en cumplirlos todos,pero no por la falta de algunos de ellos se dejaría de pertenecer a la clasificación, aunque sí se considera un diferente nivel relativo de competitividad mundial. Algunos de los factores anteriores no sólo son variables a considerar; son parte medular de técnicas o filosofías, que en su oportunidad habrán de analizarse con mayor detalle. Por ahora, sólo se ha proporcionado una visión general que describe el género que constituye el objetivo prioritario: ser una Empresa de Clase Mundial.

3.4 Administración de la Manufactura en Japón

Siendo Japón una verdadera potencia en lo que a manufactura se refiere, es importante visualizar su enfoque en términos de administración manufacturera, pues la tecnología mundial, en muchos aspectos, está sustentada, referenciada o validada por el desarrollo tecnológico de Japón.

Indudablemente, en los últimos diez años, Japón se ha convertido en una potencia tecnológica a nivel mundial, pese a que después de la segunda guerra mundial quedó semidestruído y aún a finales de la década de los sesentas, no era más que un país sólo un poco más desarrollado que los que se encontraban en vías de desarrollo, pero lejos del nivel de los países industrializados.

A continuación se presenta una síntesis de los principales puntos que caracterizan a la administración de la manufactura de los fabricantes japoneses de categoría mundial.

Orden y Limpieza.

Resulta impresionante observar la organización tanto de la personalidad de los trabajadores japoneses, como de sus centros de trabajo. como parte de sus actividades habituales, el operario dedica un tiempo para limpiar continuamente su máquina y su lugar de trabajo, así como a eliminar fuentes posibles de basura, además de que cuenta con recipientes debidamente colocados para captar los desperdicios generados durante el proceso de producción. Los inventarios se guardan en contenedores destinados para ello y se colocan en áreas asignadas para tal efecto.

Cuidado y Confiabilidad de los Equipos.

Un factor clave para la confiabilidad de los equipos consiste en un estricto y exhaustivo mantenimiento preventivo que garantiza su correcto funcionamiento, además de la instalación de mecanismos de monitoreo continuo y la operación de equipos y herramental a velocidades más bajas de las que el fabricante siguiere. Alrededor de un 60% de la inversión en manufactura es dedicada al mejoramiento de equipos y procesos . En el diseño de los equipos se pone gran atención a su confiabilidad y fácil mantenimiento, ya que se diseñan, fabrican o modifican de acuerdo a las necesidades de la propia planta.

Eliminación de Inventarios.

En el proceso de fabricación se usa el concepto y herramientas de "Justo a Tiempo", que se analiza en detalle posteriormente. La idea es asegurar un flujo continuo de material y lograr un inventario mínimo, eliminándose así los gastos indirectos, mermas y personal excedente. El producto terminado se transfiere inmediatamente a los almacenes de la propia planta o se envía de inmediato a los clientes o distribuidores para evitar que permanezca en la planta.

Evitar Crisis en la Planta.

Los cambios impredecibles en los programas de fabricación, constituyen un importante factor de generación de crisis, por ello se eliminan estableciendo programas congelados de producción con varios días o semanas de anticipación, ya que una operación libre de errores y sin cambios bruscos, evita la crisis.

Atención a la Calidad.

Siendo la calidad un aspecto tan importante para la filosofía de fabricación japonesa, se dedica una gran atención y recursos, además de mucho esfuerzo, a la etapa de planeación, de modo que se asegure la calidad del producto antes de que éste sea fabricado. Una vez iniciada la producción, el objetivo es apegarse a a los estándares desarrollados. Se dedican recursos considerables para asegurar la calidad de los insumos, estableciendo relaciones estrechas con proveedores. Se tiene comunicación continua con el mercado, a fin de detectar problemas en el uso del producto, así como retroalimentación por parte del usuario para su mejoramiento.

Mejoramiento Continuo.

Para un fabricante japonés de clase mundial no existe rango de tolerancia en términos de calidad; lo único aceptable es cero defectos. Para el logro de ésto, se promueve la participación del personal de todos los niveles de la compañía a través de sus sugerencias, dedicando el tiempo y los recursos lo que sean necesarios para la implementación de aquellas que sean aprobadas. Un ejemplo tangible es el caso Toyota, planta donde en 1965 se presentaron 9000 propuestas, de las cuales se aceptó un 39%; para 1980, el número de propuestas se incrementó a 860,000, con un porcentaje de aceptación del 94%. Otro ejemplo es la empresa Matsushita, donde en 1980 se tuvo como objetivo recibir un millón de propuestas

de mejoramiento.

Como puede apreciarse, el preponderante lugar actual que ocupa Japón en términos de productividad, no es obra de la casualidad, pues lograr la cultura que ahora tienen, es el producto de haber trabajado mucho para lograrlo, y es por ello que no basta el reconocimiento, sino que se toma como referencia tecnológica, y como se ve a lo largo de éste estudio, la tendencia es encaminar a la industria nacional, específicamente la de Jalisco, a que asimile tanto las ideas y filosofía del mundo oriental como de las grandes potencias de occidente.

3.5 Manufactura Integrada por Computadora (CIM)

El mundo de la manufactura está siendo arrasado por cambios drásticos y frecuentes. Las primeras presiones competitivas han obligado a muchas compañías a reducir el precio de sus productos desde un 10 hasta un 30% por año, a la vez que se incrementa la calidad y se mejora el servicio al cliente.

Manufactura Integrada por Computadora (CIM), ha sido el concepto más popular para caracterizar los avances tecnológicos que las firmas manufactureras deben implementar para sobrevivir. Desde la década de los 70's se ha intensificado la intervención de la computadora. En general, éstas compañías han recibido beneficios en sus aplicaciones, pero han sido menos significativos de lo que se esperaba. Cada vez son más las empresas que afirman que, para alcanzar completamente los beneficios de los sistemas avanzados, es necesario integrar, a través de computadoras, a los proyectos individuales bajo una estructura global... "la tarea de llevar a cabo la integración completa de muchos subsistemas en una compañía de manufactura, representa el mayor desafío afrontado por la ingeniería industrial". La verdad de las cosas es que no sabemos cómo llevar a cabo ésta integración. Nuestros conceptos de integración se encuentran en la etapa

de formación. Es necesario establecer concretamente el concepto de CIM, antes de desarrollar una metodología de implementación.

3.5.1 ¿Que es un Sistema CIM?

La definición de algunos expertos implica que "se implementa un conjunto de máquinas dado se pone énfasis en un sistema de manejo de materiales y control computacional; pero están limitadas a un subconjunto de la fábrica".
Otros amplían el concepto al incluir las actividades de la compañía que no agregan directamente valor al producto.
Por otra parte, algunos más afirman que la implementación de una base de datos central es la clave para las funciones de ingeniería del diseño, y sugieren que la automatización es un elemento esencial.
Como se puede apreciar, los expertos tienen diferentes puntos de vista acerca de CIM, ésto debido a que sus compañías no comparten las mismas necesidades o experimentan las mismas situaciones.

Quizás una buena estrategia para explicar lo que es CIM, sea explicar lo que no es; es necesario hacer conciencia de que CIM no es una tecnología que se puede comprar, sino un concepto que envuelve una combinación inteligente de muchas tecnologías. También se debe tener en cuenta que CIM no se puede implementar rápidamente, sin una planeación adecuada; requiere cambios en las políticas, métodos, equipo, sistemas de control y prácticas gerenciales.
Una de las características generales asociadas a la implementación fallida de CIM, es que se ve como un fin en sí mismo, pasando a ser más importante la solución que el problema.

¿Qué es entonces lo que podemos esperar de un CIM?

* Mayores ganancias
* Aumento de mercado
* Alta calidad de producción
* Alta productividad
* Aumento del valor agregado por metro cuadrado
* Reducción significativa del tiempo de servicio
* Reducción de los atrasos en los tiempos de entrega
* Aumento en la habilidad para responder a los cambios de producción
* Reducción significativa de inventarios
* Inventario en proceso pequeño

Los beneficios de CIM deben impactar significativamente en los costos, de manera que sea justificable.

Es un CIM una Tecnología?

Más que una tecnología, es una manifestación de ella, la cual implica una tendencia natural en función de los vertiginosos avances, a un grado tal, que en la actualidad es un requerimiento para toda empresa que desea ser competitiva, pero lo que es más, a un futuro inmediato existe la tendencia de convertirse en una necesidad para toda empresa cuyo propósito sea mantenerse en pie y evolucionar de acuerdo a las necesidades industriales.

Usando los conceptos anteriores como base, es posible argumentar que CIM es más aplicable como una descripción de un conjunto de tecnologías usadas en un sistema en particular. CIM es un término relativo, no absoluto.

3.5.2 Arquitectura de un Sistema CIM

Manufactura Integrada por Computadora incluye todas las funciones ingenieriles de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora (CAD y CAM), aunque también incluye funciones administrativas. El sistema CIM ideal aplica tecnología computacional en todas las funciones operativas y funciones de procesamiento de la información de manufactura, desde que se recibe la orden, pasando por diseño y producción, hasta la liberación del producto.
El concepto de CIM implica que todas las operaciones de la función de producción estén incorporadas en un sistema integrado por computadora para asistir, incrementar y/o automatizar las operaciones.

Los componentes del sistema y sus relaciones se ilustran en la Figura 3.11. Las órdenes de compra ingresan a la compañía a través de la fuerza de ventas por medio de un sistema computarizado de entrada, las cuales contienen las especificaciones del producto, mismas que a su vez sirven como entrada al departamento de diseño. Los nuevos productos son diseñados en un sistema CAD. Los componentes del producto son diseñados, los materiales seleccionados y los planos de ensamble son preparados. La salida del departamento de diseño sirve de entrada al departamento de manufactura, donde se planean los procesos, diseño de herramientas y actividades similares son realizadas para preparar la producción. Muchas de esas actividades de ingeniería de manufactura son soportadas por el sistema CIM. El proceso en sí se lleva a cabo mediante CAPP (Computer Aided Process Planning), y el diseño de herramientas es hecho en un sistema CAD, empleando el modelo generado durante el diseño del producto. La salida de ingeniería de manufactura sirve de entrada a planeación y control de la producción, donde se planean los materiales requeridos a través de un sistema computacional.

La implementación absoluta de CIM implica la automatización del flujo de información a través de cada uno de los aspectos organizacionales de la compañía.

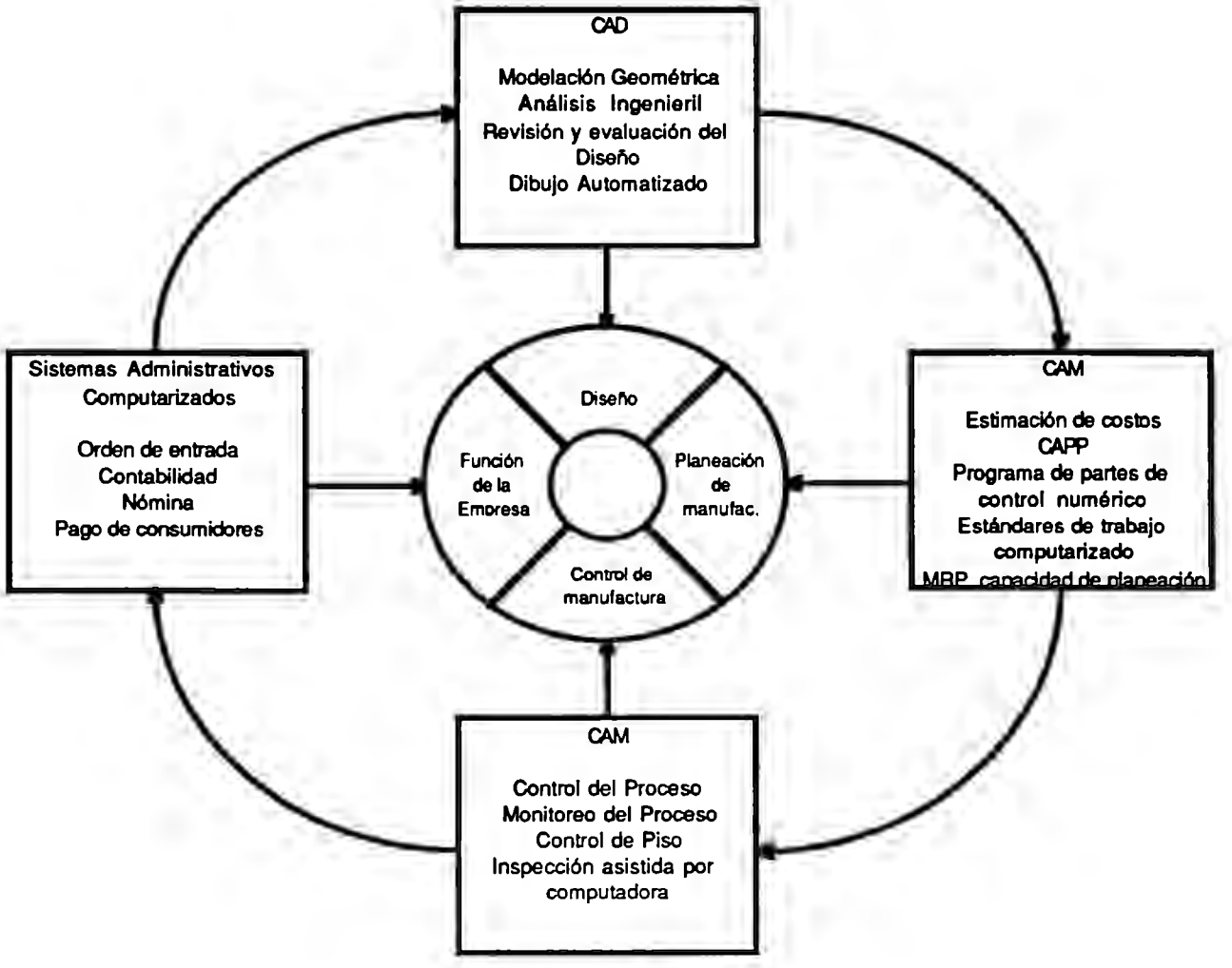


Figura 3.11: Elementos de un Sistema CIM

3.5.3 Pasos Necesarios para Lograr un Sistema Integrado de Manufactura (SIM)

La implementación de un SIM (Sistema Integrado de Manufactura, como

principio, requiere cambios en la compañía, y por ello es necesario que la alta dirección esté plenamente consciente y soporte lo que ello implica antes de dar marcha adelante, ya que ello implica involucrar y hacer labor con todos y cada uno de los empleados.

Existen dos grupos de gente que el sistema de manufactura "debe" satisfacer: las personas que usarán los productos y quienes usan los sistemas que los fabrican (éstos últimos consumidores internos) . Los consumidores externos, del sistema de manufactura compra o usa los productos hechos por los internos. Los consumidores externos quieren bajo costo, mayor calidad y entrega a tiempo. El lema de un SIM es: "reducir costos por eliminación de desperdicio".

La nueva generación de fábricas está en muchos casos diseñada con un nuevo tipo de manufactura, llamada celular. Este tipo de sistema es parte integral de una estrategia de 10 pasos para convertir a la compañía en una "Fábrica del Futuro" (Black, [1991]), los cuales se describen a continuación:

Paso 1: Formación de Celdas.

En éste paso, el control de la producción, control de inventarios y control de calidad, son partes integrales. La celda es un conjunto de procesos destinado a formar familias de partes de manera flexible.

Paso 2: Implementación de un Sistema RETAD (Cambio Rápido de Herramental).

El cambio rápido de herramental se traduce en disminución del tiempo de preparación (setup time). El tiempo de cambio de una parte a otra en una celda, debe ser tan corto como sea posible.

Paso 3: Control de Calidad Integrado.

Cada trabajador tiene la responsabilidad de hacer las cosas bien desde la primera vez. Integrando el control de calidad en el sistema de manufactura se genera una reducción en el número de defectos.

Paso 4: Mantenimiento Preventivo.

Un programa de mantenimiento preventivo integrado puede lograrse proporcionando a los trabajadores las herramientas apropiadas y la capacitación necesaria. Reducir la presión sobre trabajadores y procesos para producir una cantidad dada, es parte de la estrategia para producir con calidad perfecta.

Paso 5: Nivelación y Balance de Ensamble Final.

La manufactura de lotes pequeños, origina una disminución del choque del cambio. Un sistema simplificado y sincronizado es usado para producir el mismo número de partes diariamente, de acuerdo a lo que se vaya requiriendo.

Paso 6: Integración del Control de Producción y Celdas con Kanban.

En éste paso, sólo el ensamble final es programado. La estructura de la distribución del sistema de manufactura ahora define caminos por los que las partes pueden seguir a través de la planta. Este paso inicia con eslabones de kanban. Kanban son tarjetas que controlan el movimiento del material durante entre procesos.

Paso 7: Reducción del Inventario en Proceso (WIP).

La integración del control de inventarios en el sistema reduce los tamaños de lote y el inventario en proceso (WIP). La reducción de inventarios controlada, revela los problemas en las celdas; por lo tanto, el sistema emplea control de inventarios para exponer los problemas antes de ser generados por el exceso de inventario.

Paso 8: Involucramiento de los Vendedores en el SIM.

El hecho de involucrar a los proveedores se lleva a cabo con la idea de incrementar la calidad y abatir costos; entregando el material en el momento que sea requerido. Los vendedores llegan a ser eventualmente celdas remotas.

Paso 9: Automatización y Robotización para Resolver Problemas.

Este paso consiste en un proceso evolutivo que inicia debido a la necesidad para resolver problemas de calidad o capacidad para eliminar problemas. Inicia con la mecanización de operaciones hacia la automatización de humanos así como detección y corrección de problemas y defectos. Más adelante se trata de manera específica el tema de automatización.

Paso 10: Computarización.

La computarización del sistema es el último paso de la conversión. A éste nivel, el sistema es lo suficientemente flexible y se usa CAD, CAM y Control Numérico Directo (DNC). La clave es no computarizar el 'job shop' existente, sino el sistema integrado, lo cual encamina a la empresa a ser la Fábrica del Futuro (Figura 3.12).

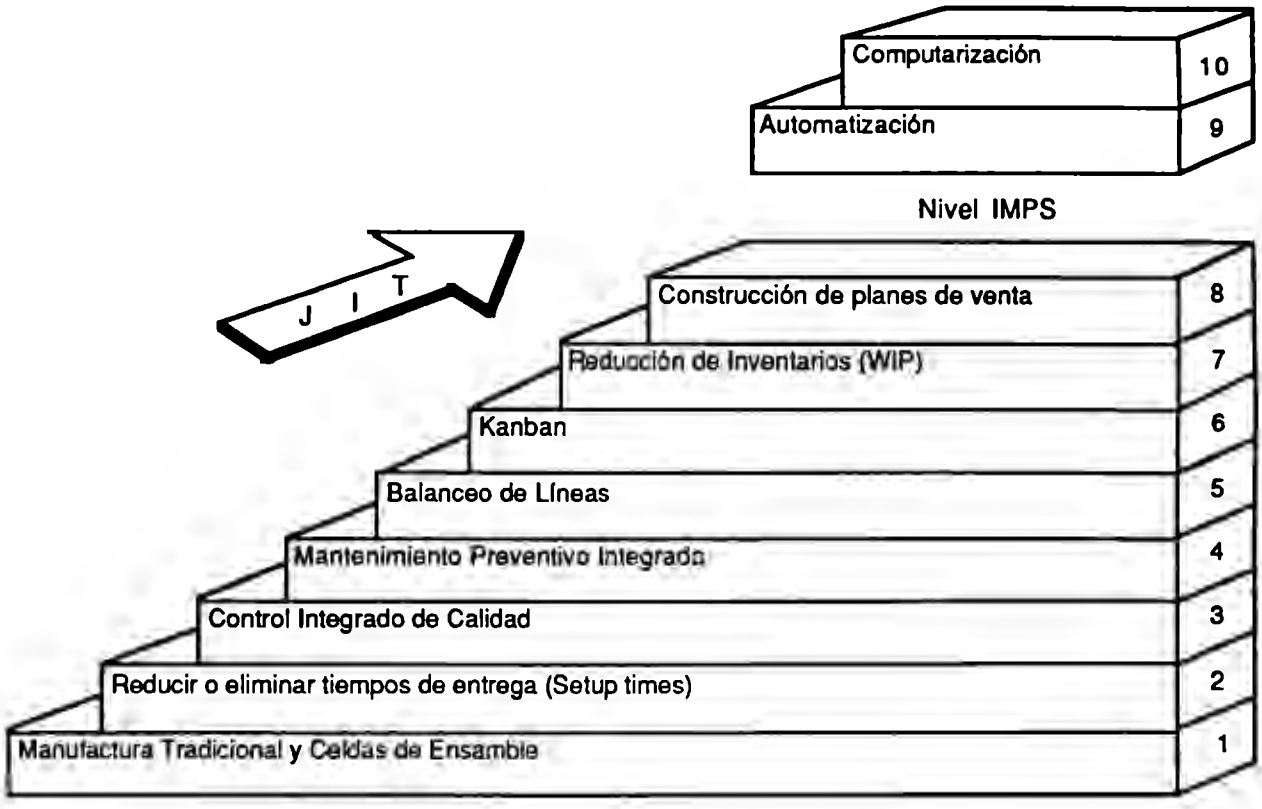


Figura 3.12: Modelo Simplificado de Sistema de Producción de la Fábrica Inteligente del Futuro

3.5.4 Importancia de los Estándares en CIM

Las ventajas que ofrece la adopción de los estándares de la Manufactura Integrada por Computadora son:

1.- Educan.

Fijan ideales sucesivos y metas de calidad, para ser seguidos por las empresas manufactureras y usuarios en general.

2.- Simplifican.

Reducen en número y tamaño la variedad de riesgos, inventarios y trámites administrativos.

3.- Conservan.

Al permitir la producción en escala, promueven mejoras en herramental, diseño y precisión, minimizando el número de piezas defectuosas.

4.- Sirven como marcas de buena calidad y de alto valor para el vendedor y para el comprador.

3.6 Justo a Tiempo (JIT)

Justo a Tiempo no es simplemente una técnica que las compañías actuales han adoptado, sino toda una filosofía que las empresas que pretenden ser de Clase Mundial deben implementar. Un análisis detallado se describe a continuación:

3.6.1 La Filosofía Justo a Tiempo (JIT)

La idea de JIT es sencilla: producir y entregar artículos terminados justo a tiempo para venderlos, submontajes justo a tiempo para convertirlos en artículos terminados; partes fabricadas justo a tiempo para incorporarlas a los submontajes y materiales comprados justo a tiempo para transformarlos en partes fabricadas. El ideal JIT es que todos los materiales estén activamente en uso como elementos de la producción en proceso, nunca en descanso acumulando costos de almacenaje.

Kanban es en realidad un mecanismo para avanzar hacia la producción JIT, mientras que "producción sin existencias" capta el sabor JIT del control de inventario... "se analiza a JIT como un sistema de control de inventario, como instrumento de control de la calidad y del desperdicio, como una configuración modernizada de la planta que aumenta el rendimiento de los procesos, como una manera de equilibrar la línea de producción y como un mecanismo de participación y motivación del empleado" (Schonberger, [1987.])

Reducción del Tamaño de los Lotes.

Es evidente que, cuando se ordenan lotes más grandes, el promedio de inventario será mayor y se pagará más por concepto de manejo y almacenaje (los cargos por manejo son los costos de los intereses sobre el capital inmovilizado en inventario mas los costos de la conservación física); por lo tanto, si se quiere que los costos de manejo disminuyan, sólo se tienen que ordenar cantidades más pequeñas con más frecuencia. Sin embargo, los pedidos más frecuentes también tienen sus correspondientes costos. En las fábricas, cada vez que una parte componente se ordena de nuevo, hay un costo de preparación. La mano de obra que se utiliza en la preparación, mas las partes echadas a perder y los costos indirectos, pueden hacer subir el costo de preparación de 1 a 10 o más. El superintendente de fabricación quiere disminuir los costos de preparación haciendo ajustes con menos frecuencia y fabricando partes en grandes cantidades. Surge entonces un conflicto clásico: el departamento de Finanzas quiere disminuir los costos de manejo mediante corridas pequeñas y frecuentes; el departamento de manufactura quiere disminuir los costos de preparación (y evitar las interrupciones de la producción) mediante corridas largas y poco frecuentes. Hay un tamaño del lote económicamente correcto: ni tan grande que se incurra en costos excesivos de manejo, ni tan pequeño que dé lugar a un costo excesivo de preparación. La cantidad media se conoce con el nombre de lote económico (LE).

La Figura 3.13 muestra gráficamente cómo se obtiene el LE: la línea ascendente de costo manejo refleja el costo creciente de los lotes más grandes; la curva descendente de costo de preparación refleja el costo decreciente de hacer las partes con menos frecuencia (en lotes mas grandes). La suma de los dos costos es la curva de costo total, cuyo punto más bajo indica el lote económicamente correcto (LE).

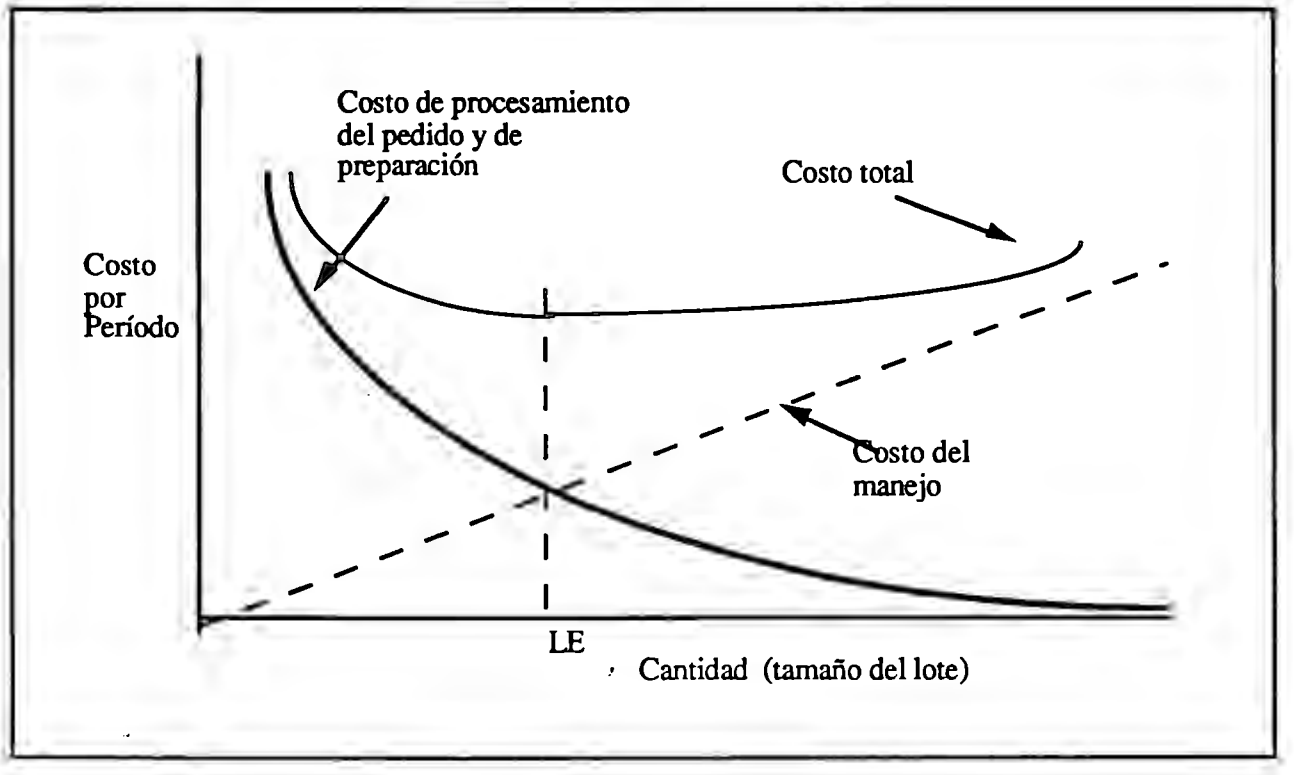


Figura 3.13: Lote Económico

Durante años, el LE ha sido una piedra angular de la administración del inventario. Los japoneses dan dos razones para descartar el uso del L.E. (Schonberger, [1987]):

1. El costo de manejo y el costo de preparación son sólo los costos evidentes. La calidad, el desperdicio, la motivación y responsabilidad del trabajador y la productividad en la fabricación también resultan afectados substancialmente por el tamaño de los lotes que se fabrican.
2. El costo de preparación es real y significativo, pero inalterable. La mayoría de los costos de manejo son irremediables; pero con ingenio y resolución los costos de preparación se pueden reducir.

Reducción de los Tiempos de Preparación.

La alteración de las máquinas-herramienta comerciales para lograr una preparación rápida se desarrolla con mucha frecuencia en la industria japonesa; pero los japoneses no se detienen ahí. En muchos casos, la solución del problema del tiempo de preparación consiste en retirar la máquina comercial y hacer que los fabricantes de herramientas de la compañía construyan sus propias máquinas. Las diseñadas ahí mismo pueden ser para uso especial, ligeras, fáciles de mover y de bajo costo. Además, el tiempo de preparación se puede reducir considerablemente, es decir, todo lo que el trabajador tiene que hacer es cargar y descargar. La máquina ha sido diseñada para un sólo trabajo,entonces todas las matrices, accesorios, etc., se pueden integrar, de manera que no hay cambios ni ajustes. Y no solo las grandes compañías que disponen de mecánicos expertos, hacen sus propias maquinas herramienta.

Los costos de preparación de las máquinas son un impedimento tan obvio de la reducción del inventario, que uno se pregunta por qué sólo los japoneses se han preocupado tanto al respecto. Algunas de las posibles razones son las siguientes:

1.- Con frecuencia, las compañías tienen una variedad de marcas diferentes

de un determinado tipo de máquina, compradas, con base en el precio bajo, a varios fabricantes de máquinas herramienta. Con esa mezcla, el hacer modificaciones que permitan ahorrar tiempo de preparación resulta más costoso.

2.- Tal vez se piense que no se debe meter mano a máquinas-herramienta diseñadas por expertos, tales como Warner and Swasey, Cincinnati Milicron y Bliss. Son productos probados y el valor de reventa de ese equipo de uso general no es tan alto si se le modifica para usos especiales.

3.- Los gerentes americanos de alto nivel pueden tener tendencia a escudriñar los costos elevados evidentes, como la mano de obra directa; a tolerar cierto nivel específico de desperdicio y corrección, y a pasar por alto el costo de preparación.

4.- En el mundo occidental no ha habido motivación suficiente para reducir los tiempos de preparación.

Efectos de la Producción "Justo a Tiempo"

La reducción del tamaño de los lotes pone en marcha una reacción en cadena de beneficios, incluyendo los que se relacionan con la motivación, la calidad y el mejoramiento de la planta. La cadena de efectos JIT se muestra gráficamente en la Figura 3.14.

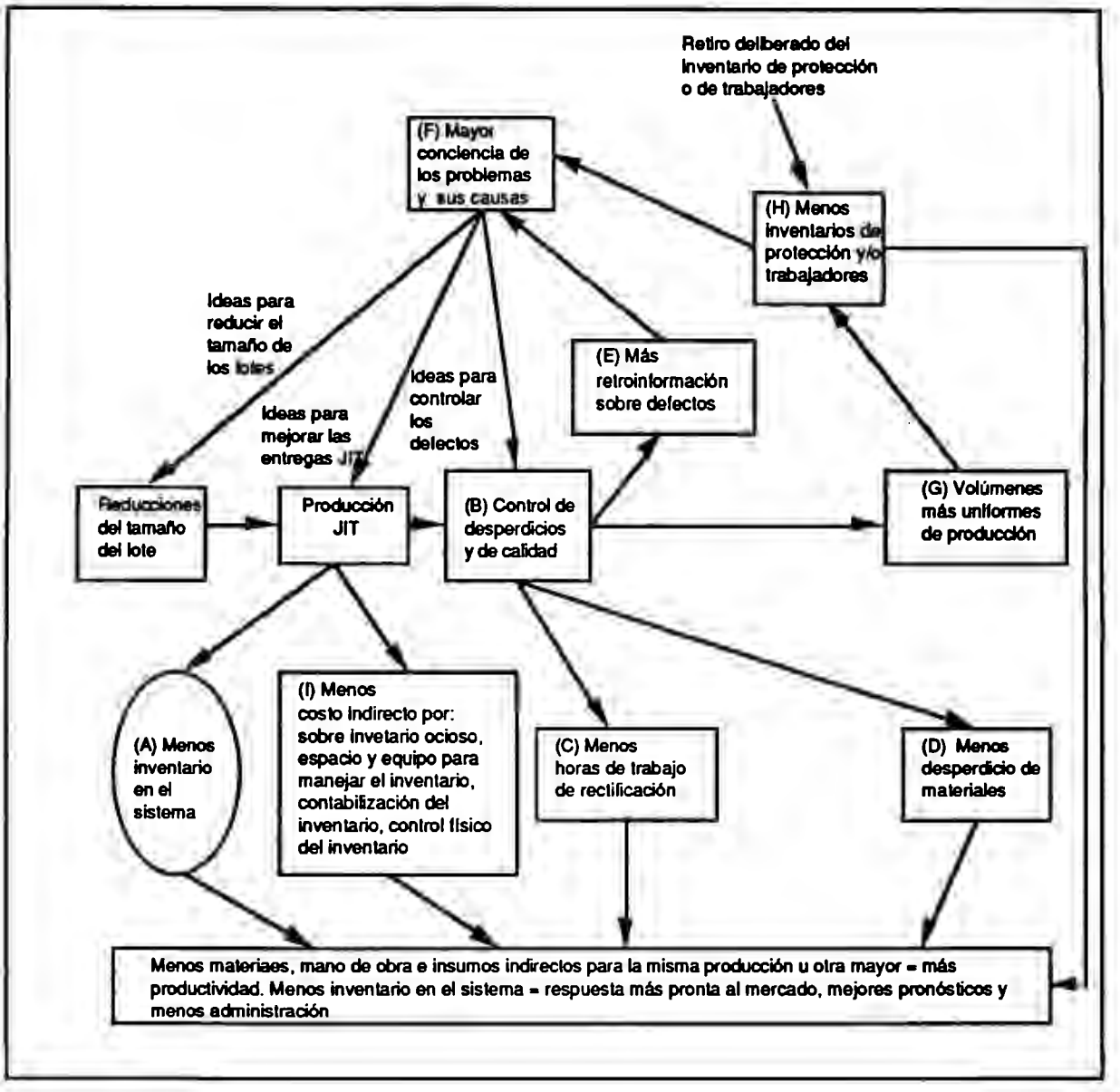


Figura 3.14: Efectos de la Producción JIT

3.6.2 Aplicaciones Industriales de JIT

Debido a la competitividad que se ha desatado a nivel internacional en los últimos años, numerosas compañías de occidente han experimentado de una y otra forma, todo cuanto han podido para incrementar su productividad, lo cual, en

primera instancia, han experimentado los correspondientes departamentos de producción. Los expertos afirman que, no obstante que se tenga la más alta tecnología en una planta, mientras no se tenga un estricto control sobre los recursos de producción, no hay una mejoría substancial en la productividad.

JIT se ha venido presentando como un mecanismo de mejora de la productividad para numerosas compañías, y es una filosofía propuesta por muchos especialistas, con enfoque a los siguientes objetivos:

1. identificación y resolución de problemas fundamentales
2. reducción de desperdicio mediante la eliminación de los procesos que no proporcionan valor agregado al producto (P. ej: transporte, inspección, almacenamiento, retrasos, etc...)
3. diseño de sistemas de identificación de problemas
4. mejora continua en las operaciones.

Un detallado análisis de la literatura (Moras R. & Dieck, [1992"]), refleja que los estudios relativos a JIT, normalmente caen dentro de alguna de las siguientes categorías:

1. Artículos que tratan de la aplicación de JIT en la industria.
2. Tópicos sobre implementación de JIT y sus resultados.
3. Implantación de JIT a través de métodos estadísticos o matemáticos.
4. resultados de cuestionarios relativos a los resultados obtenidos con JIT.

De aquí que ésta sección proporciona un resumen relativo al éxito de las compañías que han adoptado la filosofía "Justo a Tiempo". En éste estudio solamente se consideraron las publicaciones de los 'journals' más profesionales, principalmente por motivos de especialización y disponibilidad.

La Tabla III.2 resume las técnicas de JIT, las cuales han sido revisadas, así como los beneficios obtenidos; dichas técnicas se definen a continuación:

Tabla III.2: Resumen de Técnicas de JIT y Resultados

Compañía	Giro	Proveedores	Reducción del Lote	Distribución de la Planta	Sistema de Jalar	Estandarización	Tiempo de Preparación	Teoría de Restricciones	Mantto. Total Prod.	Trab. Multifuncionales	Lucas	Planta alocada	Aseguramiento Calidad	Otros		Tiempo	Rotación de Inventarios	Productividad	Inventario	Tiempo de Respuesta	Calidad	Tiempo Extra	Espacio	Flexibilidad	Retrabajo	Desperdicio	Embarques a tiempo	Otros
Harley-Davidson	Transmisión-Motos	X					X		X						•	5a			$22M						X			
Celcomp	Circuitos	X		X	X		X		X	X					•	6m			60%		36/M		3000		67%			
Cía Extranjera	Automóviles													(1)	•						X						X	(2)
Sementodontics	Prod. Impresos		X										X		•	1m					20%							
Stanley-Vidmar	Almacén Modular	X													•	10a			$10M									
Texas Instruments	Electrónicos		X						X						•					68%			500			26%	X	
No se menciona	Manejo de contratos		X	X				X							•	4m				50%							X	
Quantum Medical	Angiodinógrafo	X		X	X										•			X	X		X		X	X				
Westinghouse	Circuitos					X	X								•				X					X				
Schelegel Corp.	Tejidos			X	X		X	X							•				X					X				
Damrow	Eq. ind. alimentos	X													•	2a		X	25%									
Hewlett Packard	Instr. medición	X	X	X	X										•	42m			50%	90%			900					(3)
No se menciona	Eq. aéreo/defensa						X								•									X				
Bently Nevada	Instrumentación	X													•						X							
Tennant Co.	Eq. Limpieza ind.			X	X										•		125%		$7M									
Stadcase Corp.	Acero	X		X	X	X	X		X				X		•			X						X				
Valmont/ALS	Acero			X	X		X	X							•		39%			50%							X	(4)
Texas Instruments	Computadoras	X		X	X			X							•	4a	75%	22%	66%		6%:0.8%							
Harris Semicond.	Wafers (obleas)		X	X	X		X								•					70%								
Honeywell	Minicomputadoras			X	X										•	18m		150%	38%	76%		37%						
DEC	Unidades de Disco	X			X										•	42m	X		60%		X		X					
Bellcore	Químicos	X													•	3a			X				X	X				
Texas Instruments	Computadoras			X	X		X								•				66%						X	42%		
Northern Telecom	Reparación electr.			X	X					X	X				•	1a			75%	60%								
Omark	Sierras mecánicas			X	X										•				X				X					
Hewlett Packard	Diskettes			X	X										•				X				X					
General Electric	Lavaplatos			X	X										•				X				X					(5)
No se menciona	Laminación						X								•			X		40%								(6)
No se menciona	Dept. Planeación		X												•			23%										
No se menciona	Cuentas por pagar		X												•			X										
No se menciona	Adm. de Bienes Raíces		X												•			73%										
Sundstrand	Velocímetros			X	X										•	1a			80%	90%	80%	100%			66%	60%		
Kawasaki USA	Motocicletas	X		X	X	X	X								•	1a		X	X	X				X				
Apple	Comput. Macintosh	X		X	X	X						X			•		X				28%:1%		X	X				
Hayes Dana	Transm-Ejes	X										X			•				100%					X				
Toyota USA	Partes para pickup			X	X						X		X		•	1a			45%									
Chevrolet & Toyota	Automóviles			X	X	X					X		X		•						X			X				
GTE. Cd. Juárez	Circuitos			X	X										•					65%	5%:.03%							
Harris	Minicomputadoras			X	X		X				X				•				$1M	68%	31%				X			
Tektronix	Instrumentación	X		X											•	2a	250%	30%		32%							X	
Hewlett Packard	Computadoras	X		X	X										•	3a				69%			46%					
Dover	Válvulas de Gasolina	X	X	X	X	X	X		X	X			X		•	4y	600%		X	X							99X	
No se menciona	Servicios de Telecom.	X	X																X									
AT&T	Electrónica			X	X													X										

Fuente: Moras & Dieck, Industrial Applications of JIT, Production and Inventory Management Journal, 1992

OTROS:

(1). Juntas con compañías transportadoras para disminuir daños al equipo
(2). Considerable reducción de primas de seguro
(3). Reducción del personal de 67 a 23 empleados
(4). Ganancias aumentaron en un 154%
(5). Se eliminó la necesidad de usar el sistema de almacenamiento automático y fué desmantelado
(6). Se eliminó la necesidad de comprar una segunda máquina

En la celda correspondiente aparece una "X" si:

Proveedores.- la compañía implementa un programa para asegurar la calidad y entrega frecuente por parte de los proveedores.

Reducción de Tamaños de Lote.- la compañía logra reducir el tamaño de sus lotes con la finalidad de descubrir problemas.

Distribución de Planta ('Layout').- se modifica la distribución de planta para simplificar el flujo de productos.

Kanban.- se implementa en la línea de producción un sistema kanban o sistema "pull" (jalar).

Estandarización.- se estandariza el sistema de manejo de materiales.

Tiempos de Preparación ('setup').- se desarrolla la reducción en los tiempos de preparación.

Teoría de Restricciones.- uso estratégico de "buffers", cuerdas y recursos cuello de botella.

Mantenimiento.- tienen implementados y desarrollados programas de Mantenimiento Total Productivo (TPM).

Programas de Entrenamiento Flexible.- la compañía ha implementado un programa de entrenamiento para dar flexibilidad a los trabajadores.

Luces.- el flujo de producción es detenido ante la presencia de problemas. El color (verde, amarillo y rojo) denotaba el nivel de gravedad.

Fábrica Enfocada.- fabricación de un sólo producto.

Aseguramiento de la Calidad.- se adoptaron sistemas de aseguramiento de la calidad.

La segunda parte de la Tabla III.2 representa los resultados obtenidos. En algunos casos se estipula el tiempo que toma la aplicación del JIT (meses o años), si hubo incremento en la productividad, tiempo en que el inventario se vuelve a restablecer, reducción en porcentaje de la relación a las condiciones obtenidas en cuanto a tiempo de respuesta, tiempo extra, retrabajo y desperdicio. La columna de inventario muestra la reducción en términos económicos (P. ej: $22M = 22 millones, o 60% = porcentaje de reducción). La columna de calidad, muestra varias cosas; por ejemplo, 36/M = 36 pzas. por millón; 6%:.5% indica el rango del cambio, y +50% indica un incremento del 50% en calidad.
La columna de 'espacio' indica el área en pies cuadrados de reducción, o bien, en forma de porcentaje.
El número de técnicas de JIT que se aplicaron en las compañías del estudio se incluyen en la figura 3.15.

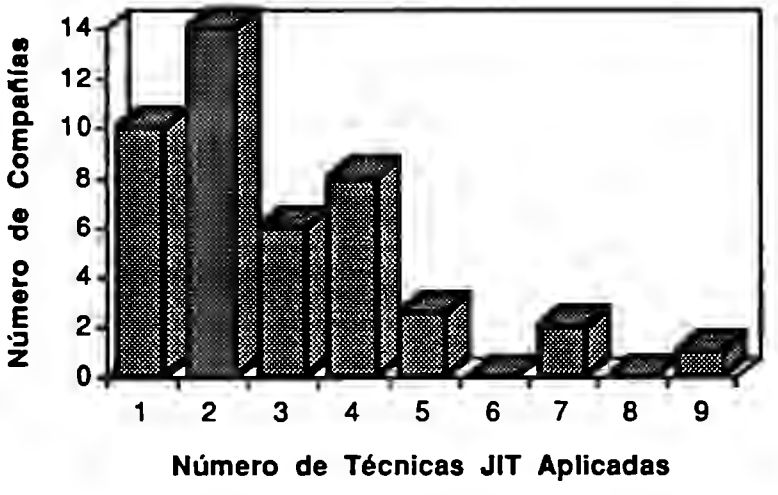


Figura 3.15: Número de Técnicas de JIT Aplicadas

3.7 Automatización

Otra de las características relevantes en toda "Fábrica del Futuro" es el papel que presenta la automatización, ya que es prácticamente imposible imaginar una planta de alto nivel de tecnología que carezca de instalaciones con manifestación plena de automatización, es por ello que a continuación se mencionan puntos relevantes al respecto.

3.7.1 ¿Qué es Automatizar?

Automatización es una tecnología que involucra la aplicación de sistemas mecánicos y electrónicos auxiliados por computadora, para la operación y control de la producción. Esta tecnología incluye:

- máquinas herramientas automáticas
- máquinas automáticas de ensamble
- robots industriales
- sistemas automáticos de manejo y almacenamiento de materiales
- sistemas automáticos de inspección para control de calidad
- control de procesos computarizado
- sistemas computarizados de soporte para planeación, recolección de datos y de apoyo para la toma de decisiones.

Dependiendo de las características de la planta, existe un cierto tipo de automatización, y aunque la siguiente clasificación puede no ser la única, para fines del presente estudio se consideran tres tipos básicos:

a).- Automatización fija.- es un sistema en el cual la secuencia del proceso es fija debido a la configuración del equipo, y es la cantidad de operaciones a una misma pieza lo que hace que el sistema sea complejo. Algunas características de éste tipo

de automatización son:

- alta inversión inicial en equipo
- altas tasas de producción
- relativa inflexibilidad para el procesamiento de piezas que sean sujetas de cambios.

b).- Automatización Programable.- en éste tipo, el equipo es diseñado con la capacidad de modificar la secuencia de operaciones para acoplarla a diferentes configuraciones de productos. La secuencia de operaciones es controlada por un programa mediante un conjunto de instrucciones codificadas e interpretadas por el sistema, con la capacidad de crear nuevos programas correspondientes a la fabricación de nuevos productos.

Sus principales características son:

- alta inversión en las necesidades del equipo
- bajas tasas de producción en relación a la automatización fija
- flexibilidad a cambios en la configuración de productos
- muy apropiado para la producción por lotes

c).- Automatización flexible.- es una extensión de la automatización programable, y es un sistema capaz de producir variedad de productos o partes sin pérdida aparente de tiempo en pasar de un producto a otro. Como no existe producción mientras se reprograma el sistema, se produce un cierto impacto en los tiempos de preparación, por lo que es recomendable la producción en lotes lo más grandes que sea posible.

Algunas de sus principales características son:

- alta inversión en la ingeniería del sistema
- producción continua de mezclas variables de productos
- tasas medias de producción
- flexibilidad en cuanto a variaciones en el diseño del producto.

Un diagrama comparativo entre los diferentes tipos de automatización se describe en la Figura 3.16, donde se muestra variedad / volúmen para cada uno de ellos.

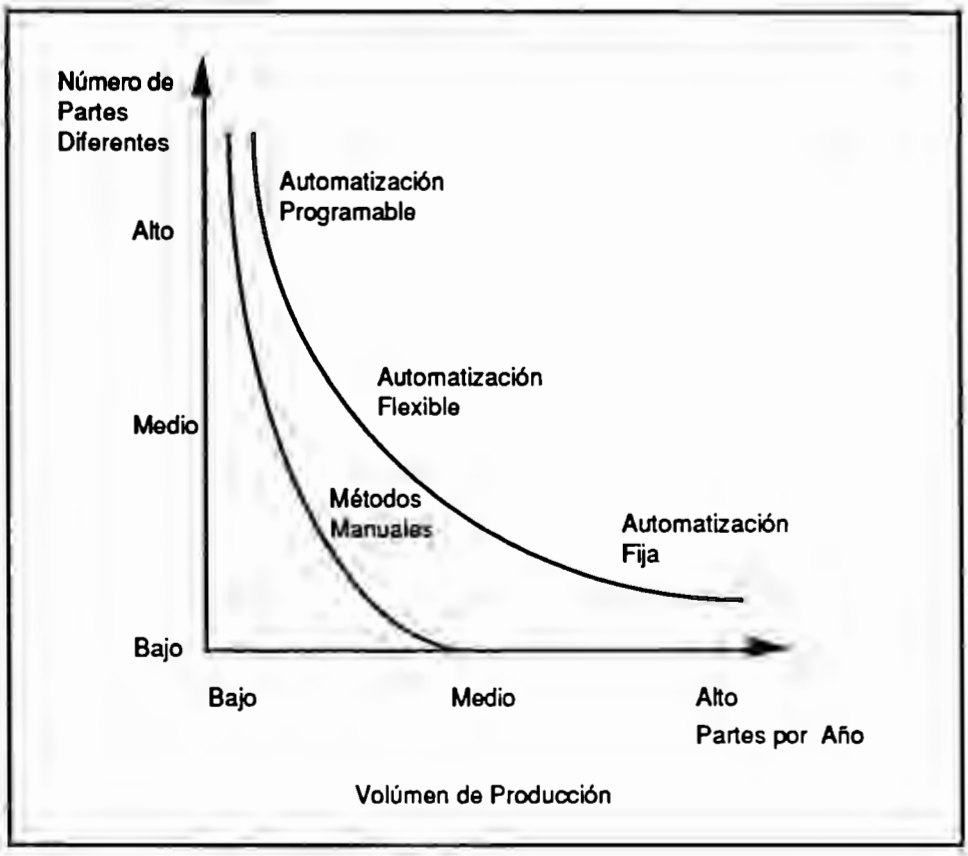


Figura 3.16: Tipos de Automatización de la Producción

3.7.2 Estructura de los Sistemas Automatizados

Un sistema automatizado se compone de dos partes:

a).- Una parte operativa, donde los actuadores realizan sus acciones sobre los procesos automatizados

b).- Una parte control, que coordina las acciones de la parte operativa.

Parte Operativa.

Es la que realiza el trabajo físico sobre los materiales, el producto, etc. En general se compone de:

- Herramentales y dispositivos diversos para el proceso, por ejemplo: moldes, herramientas de corte, cabezas de soldadura, estructura mecánica de un robot, etc.
- Actuadores destinados a mover o poner en funcionamiento los equipos de producción.
    - Motor eléctrico para accionar una bomba.
    - Cilindro hidráulico para cerrar un molde.
    - Cilindro neumático para cerrar un dispositivo de sujeción.
- Sensores, que proporcionan la información de retorno, para la conducción del proceso.

Parte de Control

Emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales de retorno, con el objeto de coordinar sus acciones.
En el corazón de la parte de control, el "tratamiento" es la convergencia de tres diálogos que ella coordina:.

1).- El diálogo con la máquina.

- Consignas a los actuadores vía los preactuadores.
- Adquisición de señales de retorno enviadas por los sensores que indican la evolución de la máquina.

2).- Diálogo hombre-máquina para explotación, ajuste y diagnóstico de la máquina. El personal emite consignas y recibe informaciones de retorno.

3).- Diálogo con otras máquinas. Varias máquinas pueden cooperar en un mismo sistema de producción. La coordinación se garantiza por el diálogo entre las partes de control.

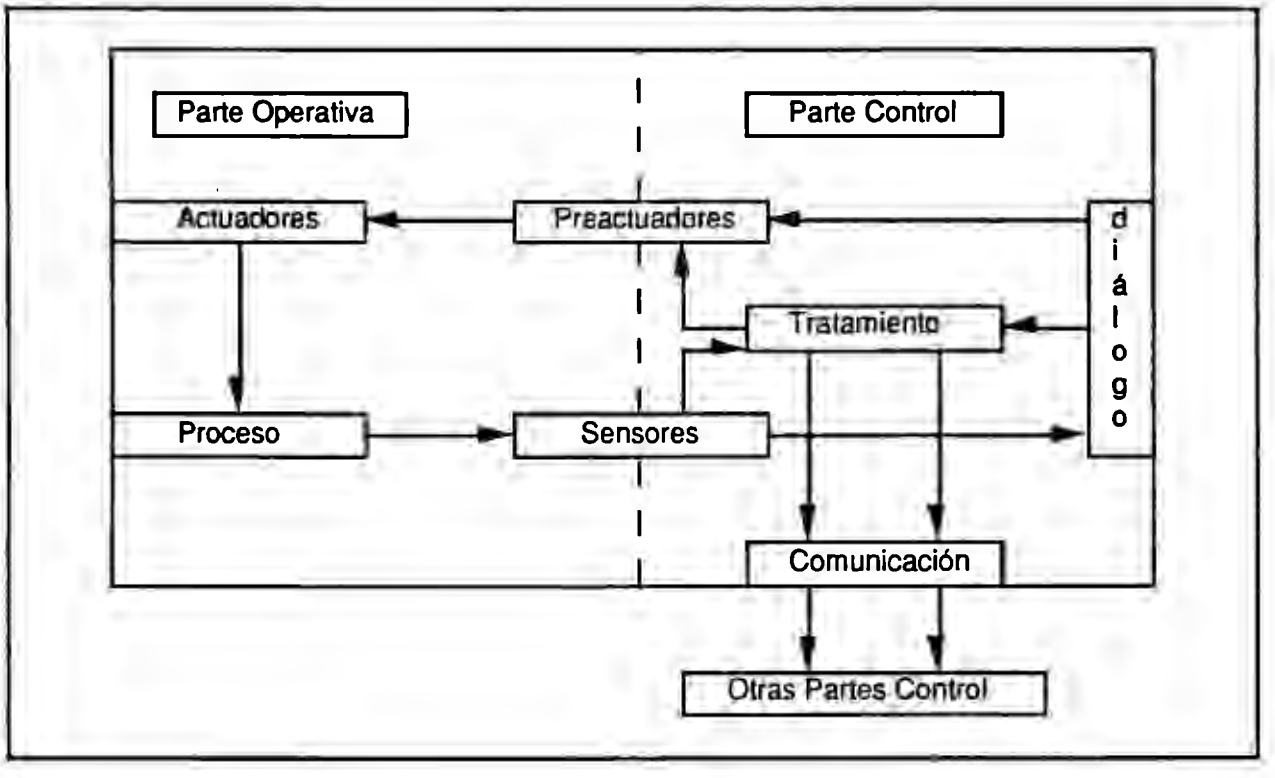


Figura 3.17: Estructura de los Sistemas Automatizados

3.7.3 Justificación de los Grados de Automatización

La automatización de una planta, requiere del paso de ecuaciones matemáticas a un juicio más intuitivo, que en un momento dado pase de lo físico a lo intangible, tal como lo ilustra la figura 3.16, en la cual se aprecia con claridad el impacto que tiene en la compañía la implementación de los diferentes esquemas que implican automatización (Bernard, [1986]).

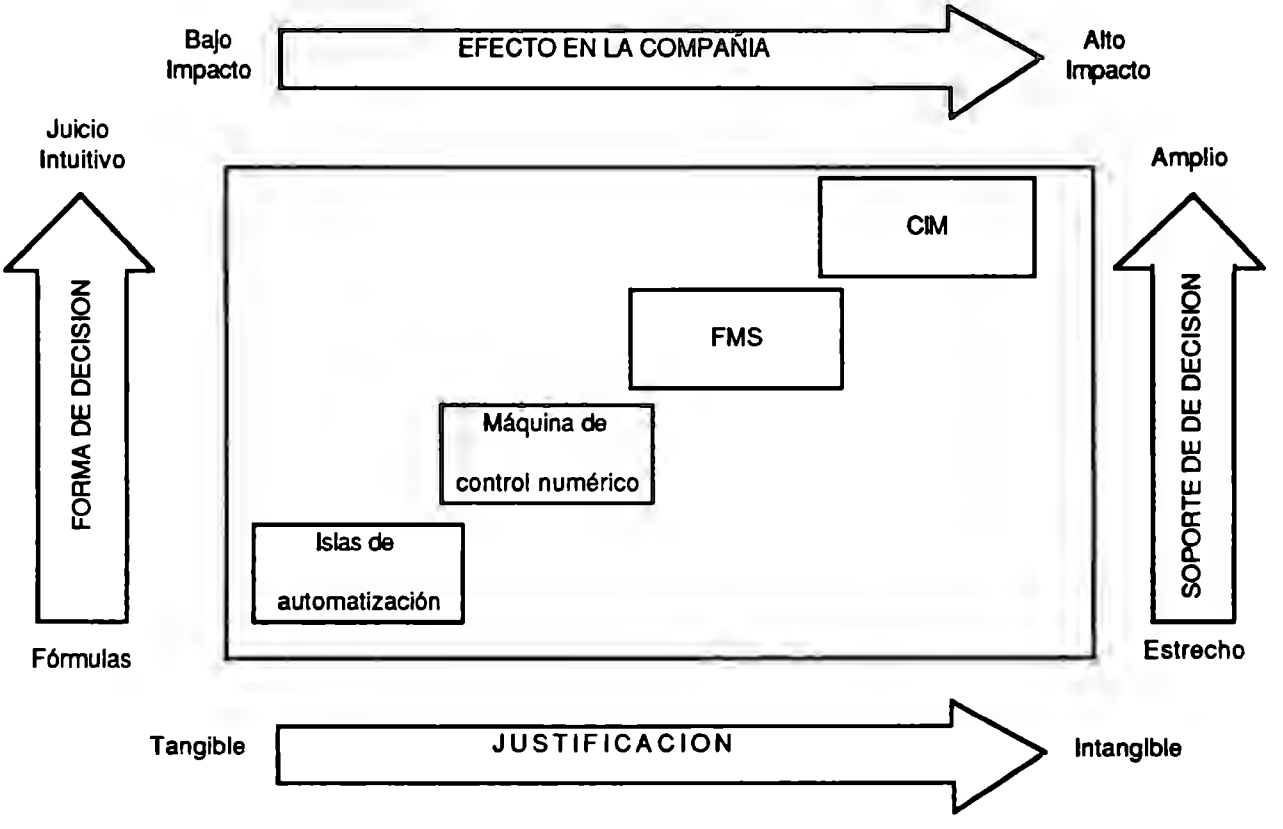


Figura 3.18: Curva de Justificación de los Grados de Automatización

3.8 Ingeniería Simultánea

3.8.1 Desarrollo Integral de Productos

El desarrollo de un producto consiste en la investigación de mercado, desarrollo, establecimiento de producción y ventas, y producción y ventas en marcha. El propósito de cada una de sus componentes se define como:

- Investigación de mercado: determinar las necesidades y las cualidades en el mercado, producto y producción.

- Desarrollo: crear las cualidades del mercado, producto y producción y aclara cuáles tecnologías son aplicadas.

- Establecimiento de producción y ventas: los detalles del producto son definidos y se establecen los sistemas de producción y ventas.

- Producción y ventas en marcha: son llevadas a cabo.

La extensión de éstas fases depende de la naturaleza del proyecto, y el diseño de actividades determina como son divididas.

La tarea de diseño consiste en:

- Análisis detallado de la necesidad
- Determinación del tipo de producto
- Diseño en principio
- Elaboración del producto
- Maduración del producto
- Adaptación del producto

La regularidad del desarrollo del producto determina lo que sucede en las fases de mercadotecnia/ventas y de producción.

Las actividades más específicas de mercadeo y producción deben llevarse a cabo en el tiempo y en colaboración con el diseño del producto.

Para llevar a cabo lo anterior tenemos las siguientes 5 fases:
- Investigación de la necesidad
- Producto principal
- Elaboración del producto
- Preparación de la producción
- Realización

Pensar en Desarrollo Integral de Productos implica que:

• Los Resultados del Desarrollo del Producto deben ser negocios con éxito.

Los negocios son una integración entre el mercado, el producto y su producción. Los términos en los cuales es integrado el desarrollo del producto son:

-Reconocimiento y creación de un mercado y establecimiento de un mercado de ventas.
-Creación de un producto el cual satisface este mercado.
-Sistema de producción, el cual ha sido desarrollado para el propósito.

• El Desarrollo de un Producto es un Proceso Creativo Multidisciplinario.

Las tres disciplinas fundamentales a las que se sujeta son:
- mercadeo/ventas

- desarrollo/diseños ingenieriles
- desarrollo/establecimiento/producción.

El desarrollo de un producto empieza con una necesidad, además de ser un proceso iterativo.

¿Por qué Desarrollo Integral del Producto?

El desarrollo del producto es una actividad muy compleja y está dividida en:

- tareas relacionadas con el mercado, el producto y su producción.
- tareas a corto plazo, tareas orientadas a proyectos y tareas a largo plazo relacionadas con estrategias.
- tareas relacionadas con la administración, proyectos administrativos y la ejecución de los mismos.
- varios proyectos y actividades individuales a la vez.

existen varios problemas que son causados por esta división y pueden resolverse integrando.

Areas de Integración

El término "Desarrollo Integral del Producto", surge de la idea de que el desarrollo del producto no puede llevarse a cabo en la mejor forma posible si se permite la desintegración dentro de diferentes áreas, ya sea de especialización o áreas de responsabilidad.

Implicaciones de la Integración

1.- Tres tareas que son llevadas a cabo al mismo tiempo.- un buen negocio es el resultado de usar las ventajas del mercado, el producto y su producción al máximo.

2.- Tres períodos que deben tomarse en cuenta.- el resultado del desarrollo del producto es correr la producción y las ventas; éstas requieren gran cuidado en la asignación de prioridades y por lo mismo, frecuentemente desvían nuestra atención y recursos de las actividades a largo plazo, tales como la planeación y control de desarrollo, hay que lograr mantener un balance entre la estrategia (planes a largo plazo) y los resultados; al avance en ambos aspectos, y por último el no olvidar y alcanzar las metas.

3.- Tres niveles de actividad que tiene un objetivo en común.- gente en diferentes niveles de la compañía está envuelta en el establecimiento de una estrategia, en la dirección de proyectos para el desarrollo del producto y en la ejecución de los mismos.

4.- Controlar la interacción entre diferentes proyectos para el desarrollo, es decir entre actividades de alto nivel tales como organizar, dirigir, y administrar (recursos) y actividades de bajo nivel, las cuales ejecutan el trabajo (control de calidad, ventas, etc.)

¿Por qué es Necesaria la Integración?

La división por departamento afecta las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el desarrollo del producto, y todas las actividades involucradas tienden a sufrir una desorganización en sus mecanismos básicos. Lo que fundamentalmente

se ve afectado es:

-la dirección del desarrollo del producto
-la eficiencia en el desarrollo del producto
-el esfuerzo invertido en el desarrollo del producto
-el profesionalismo en el desarrollo del producto

De acuerdo a los problemas antes expuestos, se puede decir que la razón de todos ellos es la división del trabajo y de los departamentos, lo cual es una situación que se torna más delicada cuando la compañía se expande.

3.8.2 Diseño para Manufactura

En muchas compañías, el diseño ha sido muy burocrático, un proceso confundido por la fragmentación, sobrespecialización y retardos. Un ingeniero encargado de diseñar una parte particular de una compañía de automóviles, observó que toma 5 años diseñar un auto.

Los mejores diseños de productos tuvieron un choque con las viejas expectativas del mejoramiento de los costos a través del diseño o el rediseño. Si los administradores piensan que el 5% de reducción en costos es bueno, la nueva faceta de competencia está en reducir drásticamente el número de componentes y subensambles para lograr el 50% de la reducción de los costos directos de fabricación. Grandes reducciones se logra también gracias a nuevos materiales y técnicas de procesamientos de materiales. Esto es sólo una parte del panorama, también es necesario conocer como han hecho los competidores para ganar ventaja.

En poco tiempo, el diseño se ha convertido en una actividad estratégica, con intención por defecto, e incluye sobre las estrategias de ventas y la eficiencia

de la fabricación, así como puede ser responsable de la factibilidad futura de las compañías.

En muchos casos, los diseñadores encuentran que las opciones se hacen más y más difíciles, la negociación sobre apoyos técnicos, presupuestos y programas se hace intensa, debido a que el diseño está influenciado por hechos pasados (históricos).

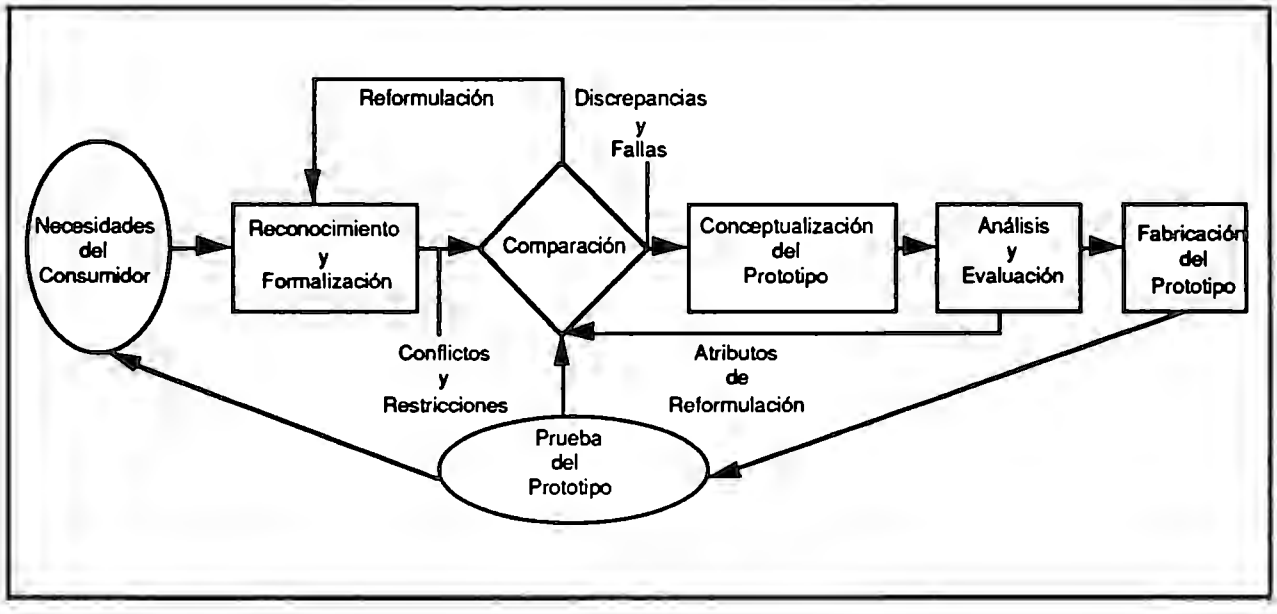


Figura 3.19: Esquema de Diseño Tradicional

Ejemplo de Fallas

Supóngase una investigación científica de una compañía química que invierte en el perfeccionamiento de un nuevo producto, involucrando entre otras cosas, gases y un laboratorio a escala. En el laboratorio de procesos se opera a

presión atmosférica, la cual nunca es usada en producción cuando los gases están en juego, porque para mantener ésto se requieren enormes pipas, bombas y tanques. Las presiones altas reducen el volúmen de los gases y permiten el uso de equipos pequeños. Desafortunadamente los procesos de investigación fallan al elevar las presiones; entonces es necesario considerar la manufactura dependiendo de los utensilios y de las tolerancias de la propia operación.

Dependiendo de ésto, se requiere la realización de diseños. El diseñador puede querer una forma y una apariencia particular pero podría no considerar los problemas que esto causa a la manufactura. Si la máquina no fue diseñada en módulos que permitan probarla antes de ser ensamblada, así al ser finalizado para ser ajustado en la operación y no se encuentre por que no trabaja, no hay quien entienda el problema con suficiente autoridad como para solucionarlo y si nadie entiende que pasa sino cuando es demasiado tarde, esa compañía no durara en el negocio.

El Equipo de Diseño y su Tarea

Los equipos multifuncionales son la forma más efectiva de lograr un buen diseño. Hay equipos que pueden ser pequeños (de 4 personas) y equipos grandes (de 20 miembros), los cuales son típicamente para grandes proyectos y usualmente se forman por miembros de varias especialidades de la compañía, donde los altos ejecutivos deben ser soporte. Estos grupos han recibido diferentes nombres "Ingeniería Simultanea" y "Diseño Concurrente". En muchas compañías japonesas, éstos equipos tienen funcionando tanto tiempo, que la mayoría de los empleados no pueden recordar otra forma de diseño de productos.

El establecimiento de los equipos es sólo el principio del curso. Los equipos necesitan proceder paso por paso y discutir entre los miembros para decidir sobre

un diseño. En los procedimientos de diseño tradicionales, el ensamble es una de las últimas cosas a considerar. La experiencia sugiere que el ensamble debiera considerarse prioritariamente. El ensamble es inherentemente integrador, es una forma poderosa de aumentar el nivel de integración de todos los aspectos del diseño de un producto.

Funciones del Equipo de Diseño

Las principales funciones de equipo de diseño son:

1. Determinar el carácter del producto, ver que es y así ver que métodos de diseño y de producción son adecuados.

2.- Analizar la función del producto, para que todas la decisiones puedan ser hechas con pleno conocimiento de causa. Todos los miembros del grupo deben entenderlo para lograr optimizar su contribución.

3.- Aplicando el concepto de diseño para la producibilidad y la servicialidad, tratan de determinar si esos factores pueden ser mejorados o empeorados para cada diseño.

4.- Diseñar un proceso de ensamble apropiado para las características particulares del producto. Esto incluye la creación de la secuencia de ensamble apropiada, identificando subensambles, integración de control de calidad y diseñando cada parte para que así esa calidad sea compatible con el método de ensamble.

5.- Diseñar un sistema de fabricación que involucre a todos los trabajadores en la estrategia de producción, operaciones con mínimo de inventario y que este integrado con los métodos y capacidades de venta.

El Carácter de los Productos

El carácter define el criterio por el cual los diseñadores juzgan, desarrollan o componen las facciones de los productos, es decir, ellos deben conocer como pueden ser reparados los productos mediante el servicio, cómo los usuarios pueden emplear con éxito sus bienes y si la subasta puede ser basada en modelos de variedad y disponibilidad.

Algo esencial para los productos es involucrar a la manufactura, compras, y otros constituyentes de la concepción de los productos, además de que los diversos miembros del equipo deben ser capaces de incorporar estos factores para los fines del diseño.

Análisis de la Función del Producto

"Design Quality in" es una frase que en términos Genichi Taguchi significa entender completamente la función de un producto en relación a sus métodos de producción. Los diseñadores de productos e ingenieros de manufactura, usan para probar y entender esa relación la experiencia y la intuición. Ahora ellos tienen paquetes de software para modelar y diseñar componentes para guiarlos para la selección de procesos.

Otra meta importante del análisis de las funciones del producto es reducir el número de partes en un producto. Los beneficios se extienden a compras (menos y transacciones), a manufactura (menos operaciones, manejo de materiales) y servicios (menos partes de reparación).

3.9 Planeación de Recursos para Manufactura (MRP)

El "Manufacturing Resources Planning" o MRP II se diseña como una innovación del "Material Requirements Planning" o MRP, y surge como un método para ordenar requerimientos de manufactura y planear prioridades. El MRP original es creado en los Estados Unidos, después de la Segunda Guerra Mundial, habiendo tenido su mayor impulso en la industria automotriz.

3.9.1 Definición

En términos de literatura, el MRP II es un sistema computarizado que opera en ambientes de manufactura como apoyo a la planeación, programación y control de la producción, intentando mejorar la sincronización entre las operaciones y estableciendo además enlaces de información ente las diferentes áreas como: finanzas, mercadotecnia, ventas e ingeniería; sin embargo, en la práctica, a juicio de los expertos, MRP II es mucho más que todo eso: es una filosofía, una forma de trabajar que requiere esfuerzo conjunto y dedicación continua. Los recursos computacionales de nada sirven si el elemento humano no colabora a la par.

Características

MRP se aplica en cualquier lugar donde existan programas concernientes a materiales y producción, sobre todo cuando gran cantidad de componentes forman parte de los productos.Intenta responder a las funciones fundamentales de la manufactura que dicen:

- ¿qué se va a hacer?
- ¿que se necesita para llevarlo a cabo?
- ¿qué se tiene?

Existen diferentes 'software' de MRP y sus costos varian desde $500 hasta $300,000 dólares, dependiendo de su capacidad. También existen diferentes costos de 'hardware'; un programa de MRP de una pequeña compañía puede correr en una microcomputadora; sin embargo, la mayoría de los sistemas requieren de una minicomputadora o un 'mainframe', y sus costos varian desde los $30,000 hasta los $500,000 dólares.

3.9.2 Beneficios y Limitaciones

Las compañías dedicadas al diseño e instalación de sistemas MRP han desarrollado características muy particulares en sus productos, habilitándolos para que hagan posible diferenciarlos de otros productos. En términos generales, los beneficios que ofrecen a los usuarios de éstos sistemas son más o menos los mismos:

Mejor nivel de servicio a clientes.

Con una planeación cuidadosa es posible ofrecer seguridad al cliente en cuanto al surtimiento de sus pedidos, evitando así los atrasos en la entrega y la imposibilidad de establecer razonablemente un tiempo de entrega. También hace posible proporcionar información veraz a los clientes sobre el avance de sus períodos en base a una administración más efectiva de las órdenes.

Mayor control de los inventarios.

Debido a que es un sistema que automáticamente actualiza los niveles de inventario en función de las entradas y los consumos, proporciona un panorama realista de las existencias. Al mismo tiempo, el programa de producción creado determina los requerimientos específicos de materiales y sus implicaciones en el

flujo de efectivo de la empresa, a la vez proporciona una base para programar la entrega de los proveedores evitando llegar a niveles excesivos de inventarios o faltantes.

Mayor control de las operaciones en planta

De acuerdo con el programa de producción, se hace una asignación adecuada del trabajo, asegurándose que las líneas están fabricando los productos requeridos cuando se debe. El programa de producción permite planear, tomando en cuenta los requerimientos de uso de los equipos y de la mano de obra, de modo que sea posible prevenir problemas en días pico o en cuellos de botella.

Mejorar la efectividad administrativa

Los modelos MRP contienen información que contar con una base sólida para apoyar la toma de decisiones relacionada con la prioridad de los productos, el abasto de los materiales los costos de operación, el flujo de efectivo, los pronósticos de demanda, el uso de los activos y otros aspectos.

Limitaciones del MRP

Implementar un sistema MRP implica una buena administración pues de no llevarse a cabo puede generar algunos inconvenientes, como son:

- Se corre el riesgo de considerarse más como un sistema de manufactura que como un plan de negocios, que es una de las finalidades primordiales.
- Básicamente, no considera la capacidad limitada de los recursos, lo cual genera programas de producción irreales.
- Algunos los consideran sólo una base de datos y lo emplean como tal; y

como se dijo con anterioridad, MRP va mucho más allá de ello.

3.9.3 Mecanismo de Acción

El sistema de MRP I o mrp (Planeación de requerimientos de materiales), basicamente proporciona un programa de la producción y abastecimientos, de acuerdo con los pronósticos de venta de la compañía, los estándares de producción y los tiempos de entrega de los proveedores. El sistema de MRP II (Planeación de Recursos de Manufactura), amplía su enfoque, tomando en consideración funciones de mercadotecnia, finanzas, compras, e ingeniería, tratando de generar una mayor coordinación. Un modelo MRP II realiza típicamente las siguientes funciones:

- exploración de los componentes para determinar sus requerimientos, tomando como base la demanda de los productos terminados
- acumula y programa la habilitación de los componentes requeridos que resultan de la explosión de materiales, basándose en los tiempos de ciclo establecidos.
- partiendo de los lotes requeridos, que han sido tentativamente programados, se hace la conversión a unidades de capacidad requeridas para cada período. Estos requerimientos son comparados con la capacidad de producción disponible para verificar la validez del programa.
- da seguimiento al estado real de las órdenes de producción y de compra para compararlas con el plan y determinar lo que se encuentra adelante o atrás con respecto a lo programado. Esta información es usada para establecer prioridades en manufactura y en compras.
- MRP también genera reportes a la administración, tanto en piezas como en dinero, para ser usados por la función de manufactura y por las otras funciones relacionadas con ésta. Este enfoque hace del plan de producción una base común para coordinar las actividades de estas funciones.

- MRP cuenta con algunos mecanismos para simular y probar el impacto de distintas alternativas. Típicamente se analizan cambios en el programa maestro y modificaciones en los recursos de producción disponibles.

3.9.4 MRP II, ¿Solución o Problema?

En México, y específicamente el Guadalajara y sus alrededores (según los resultados de las encuestas), son muy pocas las organizaciones que han implementado el sistema MRP, y aunque cada día es más conocido, existen aún fuertes barreras, principalmente por dos motivos: la actitud empresarial resistente al cambio y una cultura computacional aún pobre.

El MRP II desde el punto de vista técnico, es un sistema computarizado que constituye un firme soporte de apoyo a la planeación, programación y control de la producción, además de que intenta mejorar la sincronización entre las operaciones y establecer enlaces de información con funciones propias de las diferentes áreas administrativas involucradas.

Es determinante, para el desarrollo exitoso de éste sistema, tener la visión suficiente para su proceso de implementación y operación, tal que permita aprovechar los beneficios del sistema. Los usuarios satisfechos reflejan que la probabilidad de éxito se ve incrementada cuando el MRP II es conceptualizado como una herramienta de planeación, lo cual implica el involucramiento de los más altos niveles organizacionales.

La frustración de algunos usuarios se hace presente durante la implementación y operación, ya que encuentran que los problemas que esperaban resolver, permanecen intactos y sin solución a la vista. Desafortunadamente,

existe la creencia de que la utilización de computadoras debe, como consecuencia lógica, resolver muchos de los problemas de la empresa, y dicho sea de paso, quizá en gran medida, se deba a la labor de sus proveedores, quienes en un intento por lograr su venta, lo promueven como un sistema casi milagroso.

Lo más importante es entender que MRP II es solamente un sistema, que si bien es cierto que conlleva a toda una filosofía de trabajo organizado, por más efectividad que tenga, jamás podrá tomar decisiones, sólo facilitará su toma. Trabajar con éste sistema demanda una enorme cantidad de datos, que se multiplica en función del tamaño y complejidad de la empresa; por lo tanto, sin datos correctos, es absurdo esperar resultados válidos, si entra basura, sale basura.

Finalmente, otro aspecto importante en la implementación es la necesidad imperiosa de recursos destinados a programas de educación para todas las áreas y niveles,pues es toda una filosofía de trabajo cuyos resultados dependen de la intervención directa del hombre, en un esfuerzo conjunto.

3.10 Planeación de Procesos

Los ingenieros de proceso toman el reto de realizar planes de proceso que sean concisos, oportunos, flexibles y que aseguren la calidad del producto. Además, formulan nuevos procesos basándose en experiencias previas. Los principales obstáculos que enfrentan son:

1. Tiempo
2. Cambios de ingeniería
3. Acceso a datos adecuados
4. Conocimiento de las herramientas disponibles

Ahora, los ingenieros requieren de acceso a datos inteligentes en forma oportuna para formular los planes de proceso.

3.10.1 Definición

Planeación de procesos: es la función que facilita que se establezcan procesos y parámetros para convertir una pieza desde su forma inicial hasta su forma final.

Plan de Procesos = Ruta de Proceso = Resumen Plan de Operaciones

Plan Detallado: contiene los procesos, la ruta, parámetros, máquinas, herramental, instrucciones, etc. Es de vital importancia, ya que dictamina el costo, la calidad y la tasa de producción.

Factores que Afectan el Plan de Procesos

En realidad, los requerimientos de una Planeación de Procesos adecuada está en función de diversos factores en cuanto a las partes a fabricar se refiere, siendo los principales:

- Forma
- Tolerancias
- Superficie final
- Tipo de material
- Secuencia de operaciones (la cual sirve para seleccionar herramientas y máquinas a utilizar)

La tarea de planeación de procesos requiere de personas de experiencia por lo que la automatización es una alternativa para eliminar este problema.

Conocimientos de un Planeador de Procesos

Los principales conocimientos que un buen planeador de procesos debe tener son:

- Habilidad para interpretar dibujos de ingeniería
- Familiarización con procesos de fabricación y práctica en los mismos.
- Familiarización con materiales y costos de éstos.
-Familiarización con bibliografía sobre materiales

Preparar un Plan de Procesos, demanda el seguimiento de varias etapas para su realización satisfactoria. Estas etapas son:

- Estudiar la forma de las partes, clasificarlas y determinar estaciones de trabajo.
- Determinar materiales adecuados para fabricar las partes
- Determinar etapas de fabricación
- Seleccionar las máquinas
- Determinar secuencia de operación
- Seleccionar herramientas
- Seleccionar parámetros
- Evaluar el plan general
- Selección de parámetros.

3.10.2 Planeación de Procesos Asistida por Computadora

Un gran número de compañías persiguen el enfoque de planes de procesos generativos (la habilidad para generar planes de proceso automáticamente por computadora). Este enfoque, requiere de algunos bloques de construcción

fundamentales para el éxito, como son:

1. Conocimiento de la capacidad existente
2. Determinación de familias de partes
3. Facilidades de organización de los equipos
4. Análisis de familias de herramientas
5. Rutinas de optimización de procesos
6. Análisis de riesgos
7. Técnicas de integración del negocio y las restricciones.

En los últimos 30 años, los departamentos de ingeniería y manufactura han tenido que ser autónomos en la ejecución de sus tareas. La productividad ha sido medida sobre el promedio de cambios de ingeniería. Debido al desgaste del departamento de ingeniería, los costos de manufactura se han incrementado, por lo cual se empieza a pensar en un cambio para sobrevivir.

Con el avance de la computación y en particular, CAD/CAM, los directores iniciaron a entender que la captura de datos de calidad puede ser continuamente usada, y piensan que los objetivos de una organización son producir con bajo costo, con calidad y en forma oportuna. Esta intención hace que se trabaje en los planes de la organización y se promueva la comunicación. El CAD/CAM ha facilitado a la manufactura consolidar numerosas filas de información dentro de sus bases de datos, y el control de la base de datos como la clave de la reducción de cambios, particularmente en la planeación de los procesos.

Los objetivos en el desarrollo de una base de datos para la planeación de procesos pueden ser los siguientes:

1. Optimización
2. Mayor utilidad bruta

3. Reducción de Inventarios
4. Mejor aprovechamiento
5. Reducción en capacitación
6. Mejor utilización de ventajas
7. Automatización
8. Mayor y más rápido éxito

Los beneficios tangibles de una base de datos de un sistema de planeación de de sistemas podría traer reducciones de:

1. Inventario de herramientas
2. Desperdicio y retrabajo
3. Desensamble
4. Duplicación de esfuerzos
5. Papel de trabajo

3.11 La "Fábrica del Futuro" en Guadalajara

Mucho se ha hablado ya de la "Fábrica del Futuro"; pero surge una gran interrogante: ¿qué posibilidades tiene la empresa jalisciense de funcionar bajo tal categoría?...La respuesta es simple, ya que a través de la investigación de campo realizada con las manufactureras líderes en los subsectores mencionados en el Capítulo II, es posible plantear una relación directa entre todos los conceptos, técnicas y filosofías definidos en éste capítulo, y la realidad de Guadalajara. Por ello, en el capítulo siguiente se proporcionan las áreas de oportunidad detectadas en función de las respuestas otorgadas por las industrias encuestadas, sin perder de vista el posible sesgo de algunas, ya sea por desconocimiento o falta de información al respecto; mientras que otras, al saberse tomadas en cuenta, prefirieron distorsionar un tanto sus condiciones presentes con la supuesta idea de

proyectar una mejor imagen, aunque de hecho, tal situación no puede pasar inadvertida, ya que la encuesta ha sido diseñada para detectar la información dudosa, a modo de llevar a cabo un análisis confiable de la realidad actual para así desarrollar de manera bien fundamentada, el propósito de ésta investigación.

CAPITULO IV

AREAS DE OPORTUNIDAD

Introducción

El presente capítulo ha sido diseñado en base a la retroalimentación proporcionada por.las encuestas aplicadas a las industrias líderes en los subsectores manufactureros mencionados en el Capítulo II (industria química,de la cerveza, textil y metalmecánica), por un lado, es precisamente de ellas quienes se contó con información, a través de la entrevista efectuada (ver Anexo II); y por otro, aunque la industria en el estado de Jalisco, y en particular la de Guadalajara es muy variada en cuanto a los diferentes subsectores manufactureros, los cuatro analizados constituyen una muestra realmente representativa de ella.

Si bien es cierto que en Guadalajara predomina la industria de servicio, el sector manufacturero interviene fuertemente en la economía del estado; por tal motivo, se pretende proporcionar las áreas de oportunidad detectadas que coadyuven al logro de un más alto nivel de la industria jalisciense, en términos de calidad y productividad.

De aquellos subsectores conque se tuvieron muestras poco representativas en términos de liderazgo, se optó por excluirlas del análisis, con la idea de generar mayor confiabilidad a la interpretación de los resultados.

Las áreas de oportunidad aquí presentadas no constituyen un sólo bloque aplicable a todas y cada una de las industrias, sino el conjunto de alternativas de mejoramiento,por lo que un análisis más a profundidad puede ser objetivo de un

estudio adicional, el cual debe estar respaldado por información más concreta y específica (incluso cualitativa) de la planta que así lo requiera, pues el propósito de ésta tesis es proporcionar un panorama global de la situación manufacturera en Guadalajara y sus alrededores.

4.1 Implementación de un Sistema CIM

4.1.1 Acceso de Pequeñas y Medianas Industrias a un Sistema CIM

Manufactura Integrada por Computadora (CIM):

• " Es una manera de hacer negocios, no sólo un sistema específico o un conjunto de aplicaciones".

• "Se enfoca hacia el intercambio de información entre ingeniería, producción y otros grupos de apoyo".

• "CIM automatiza el flujo de información entre las operaciones y actividades de una empresa manufacturera".

Para la implementación de un Sistema CIM en una industria pequeña o mediana, existe un procedimiento consistente de seis pasos comunes que lo hacen exitoso (Notas curso de SIM [1992]):

1).- Establecer Objetivos Significativos.
que sean acordes con el plan estratégico de la empresa y que apoyen a la función de manufactura.

2).- Auditar las Condiciones Actuales.
para identificar lo que se tiene y lo que se requiere para el logro de la misión de la empresa.

3).- Definir Proyectos Específicos.
para cumplir con los objetivos adecuadamente a un costo efectivo.

4).- Seguir una Secuencia Lógica.
para asegurar la aplicación adecuada de los recursos y para orientar los recursos a corto y largo plazo.

5).- Seleccionar un Equipo de Trabajo Apropiado
que conozca las políticas de la empresa y las técnicas de cada proyecto de CIM

6).- Monitorear el Avance y los Resultados del Plan
para considerar los riesgos y mejorar las decisiones.

Factores Clave Para el Exito de un Plan CIM

En el capítulo anterior, se analizaron los 10 pasos en forma general para la integración de un Sistema de Manufactura, con la idea de obtener como resultado "la Fábrica del Futuro"; sin embargo, de acuerdo a la realidad y necesidades de Jalisco, a continuación se mencionan 10 factores generales, que servirán como guía para la implementación de un sistema CIM:

1. Involucramiento de la Administración

2. Elección de una aplicación adecuada

3. Involucramiento del personal de ventas, en la medida de lo posible

4. Realización de un minucioso análisis costo-beneficio

5. Atención al mantenimiento

6. Asignación de personal calificado

7. Capacitación y adiestramiento

8. Documentación y "software"

9. Revisión continua de resultados

10. Planear el crecimiento y los mejoramientos

Los diez pasos anteriores constituyen una importante área de oportunidad, atendiendo, como se mencionó anteriormente, a la realidad presente en Guadalajara.

4.1.2 Justificación de un sistema CIM

La evidencia de que la inversión en CIM puede ser justificada a corto plazo es muy clara. Los recientes desarrollos tecnológicos y el éxito de la nueva filosofía de negocios, ha disminuido la curva del costo-aprendizaje (Figura 4.1).

CIM Es una inversión necesaria y es fácilmente justificada dentro de una Tasa de Retorno o en el Flujo de Efectivo. El problema es sólo definir la perspectiva para conceptualizar CIM.

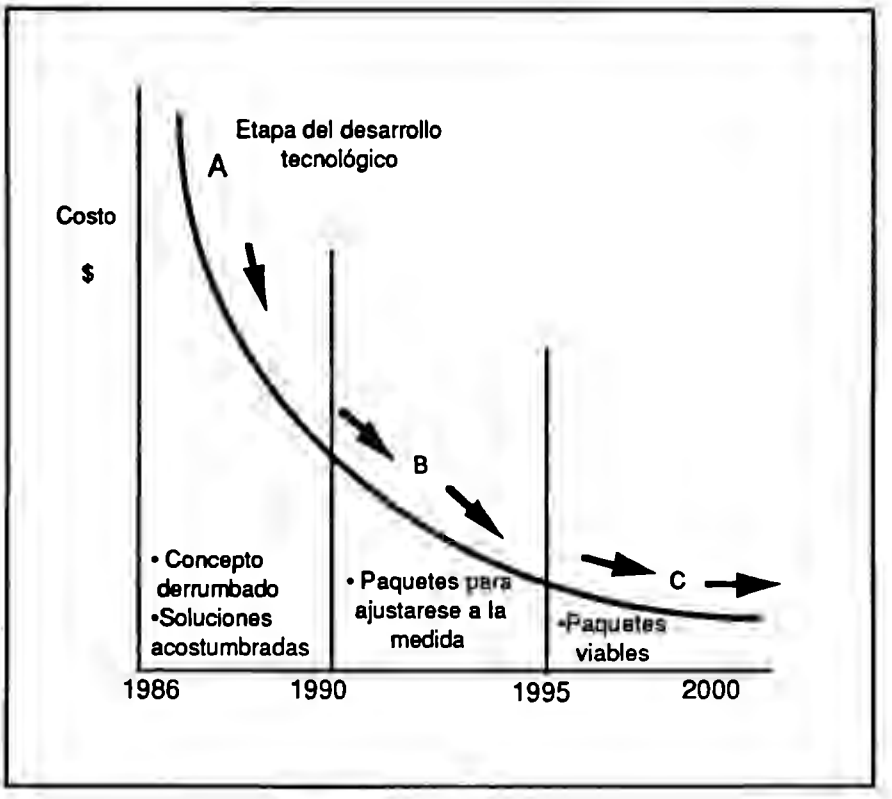


Figura 4.1: Curva Típica Experiencia-Aprendizaje

Manufactura y Gerencia Integradas por Computadora

Es la integración asistida por computadora, de procesos de producción y funciones de control de operaciones, necesaria para el óptimo desempeño y uso productivo del mínimo de recursos de manufactura y gerencia, requeridos para reunir los objetivos de la empresa.

El significado de la definición es que toda administración y control de procesos debe ser incluído en la integración, con el uso o desuso de computadoras. Los conceptos de 'Fabrica del futuro' y 'Oficina del futuro' dan paso a la 'Nueva revolución industrial' (Figura 4.2).

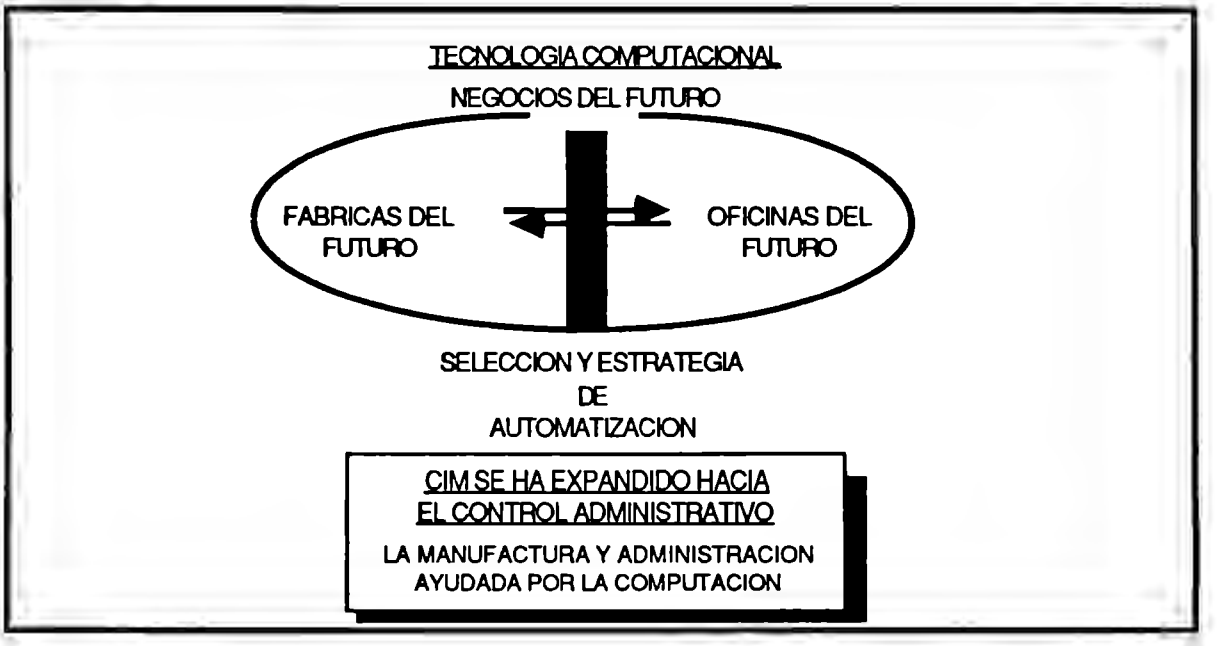


Figura 4.2: CIM en el Control Administrativo

Trabajo Gerencial.

La principal función de la gerencia es ser el guardian del objetivo de la empresa. Las utilidades causan que los negocios crezcan, crean trabajos, elevan el nivel de vida, etc. El problema no es en sí generar ganancias, sino la cultura de hacer negocios.

Ante el éxito comercial de Japón y Alemania, los gerentes de empresas estadounidenses piensan que poseen una nueva y mágica forma de hacer negocios. La base de los negocios debe tender a las ganancias. Además, ésa base debe incluir: ética, motivación, reducción de costos, penetración de mercados, bienestar, etc.

Estrategias de CIM.

CIM no es una estrategia, es una táctica; sólo existe un estrategia y es 'el plan de la corporación'. CIM, manufactura y los sistemas de información son, o debe ser, un conjunto de tácticas para establecerse exitosamente en un segmento de mercado.

La estrategia básica de planeación debe definir los 'factores de éxito' necesarios para lograr las metas. La selección de las alternativas o tácticas es basada en la disponibilidad de recursos y en la dirección de SBU (Stategic business units).
La inversión es el elemento decisivo de justificación. Tomando en cuenta esto, debemos seleccionar las mejores alternativas para la implementación, ya que repercutirán en la inversión.

Alternativas:

•Declinación.
El no hacer nada desemboca en una compartición de mercado y de guanacias.

•Tecnologías alternativas.
Deben considerarse todas la alternativas; CIM incluye cualquier tipo de administración de procesos, que no necesariamente implican una alta tecnología y/o un alto costo.

•Eliminar barreras.
A menudo el Flujo de Efectivo y la Tasa de Retorno imponen impedimentos para invertir en un proyecto que realmente no tiene un alto costo, pero se implementa con una falta de comunicación de las estrategias de las empresa o un gran proceso de autorización de proyectos.

•Tecnología.
Algunas tecnologías deben ser forzosamente adoptadas para permitirnos seguir compitiendo en el mercado.

•Intangibles.
Aunque los beneficios intangibles son difíciles de evaluar, no debemos despreciarlos durante el análisis de capital. Al eliminarlos, son precisamente erróneos en lugar de vagamente correctos.

Los Riesgos de CIM.

Los más grandes riesgos de CIM son:

- Diseños exagerados.
- Expectativas infladas.
- Bases falsas de justificación.
- Implementación pobre.

Itinerario de Justificación.

El itinerario de justificación debe ser diseñado de tal manera que permita avanzar paso a paso y generar resultados conforme avanza. Por ejemplo, podemos partir de los 5 niveles de rehabilitación industrial:

- Motivación.
- Innovación.
- Automatización.
- Integración.
- Emulación.

y reagruparlos en 4 fases para implementar un sistema CIM:

Fase 0:	Preparación para los cambios. Restructuración para motivar. Recultura de innovación y creatividad. Operaciones de limpieza de interna.
Fase 1:	Automatización modulada.
Fase 2:	Integración de módulos.
Fase 3:	Automatización del proceso de toma de decisiones a través de un sistema experto.

4.1.3 Efectos de CIM Sobre un Proceso de Manufactura Tradicional

Hablar de la implementación de CIM en un sistema tradicional, equivale a especificar las razones para automatizar una planta, cuyos factores económicos y sociales se traducen a lo siguiente:

1).- Incremento en la productividad, ya que se optimiza la producción y el número de piezas por hora será mayor.

2).-Reducción de costos de mano de obra debido a la sustitución de la mano del hombre por máquinas.

3).- Mayor volúmen de trabajo debido a la alta capacidad de la planta automatizada.

4).- Tendencia de trabajo hacia los sectores de servicio.

5).- Seguridad; a menor intervención directa de la mano del hombre, se minimizan los riesgos de trabajo por un lado, y se asegura una producción acorde a la programación por el otro.

6).- Reducción de desperdicios y ahorro económico debido al alto costo de la materia prima.

7).- Incremento en la calidad de los productos.

8).- Reducción en el tiempo de entrega, es decir, se minimiza la diferencia de tiempos en el momento en que el comprador solicita el producto

hasta que le es entregado.

9).- Reducción de inventarios debido a que una buena programación implica un flujo continuo de producción.

4.2 Automatización

4.2.1 Argumentos a Favor y en Contra

Al pretender automatizar los diferentes procesos de una planta, es necesario considerar varios aspectos, que no necesariamente se traducen en cambios meramente positivos. Si bien es cierto que la automatización es un remedio para incrementar la productividad de una empresa, su aplicación es de uso delicado, ya que, bajo ciertas circunstancias, puede traer consigo algunas desventajas. Dependiendo de las características de la planta es el grado de automatización que más convenga.

Argumentos a Favor

1.- El CIM es la clave para suprimir el trabajo agobiante.
2.- Proporciona amplios márgenes de seguridad al trabajador.
3.- La producción automatizada se traduce en precios más bajos.
4.- La calidad en los productos es más alta.
5.- La automatización en una planta genera nuevas oportunidades de empleo.
6.- Es el único medio para incrementar el estándar de vida.
7.- Se tiene un nivel realmente competitivo en la empresa.
8.- Se avanza paralelamente al desarrollo tecnológico mundial.
9.- Motiva a la planeación.
10.- Se reduce considerablemente el error humano.

11.- El personal se ve en la necesidad de convertirse en altamente calificado.
12.- Disminución de mermas.
13.- Cumplimiento del tiempo de entrega programado.
14.- Disminución de tiempos de ocio.
15.- La planta y el personal se mantienen actualizados.

Argumentos en Contra

En forma general, se engloban en:

1.- La automatización se traduce en la dependencia humana hacia las máquinas.
2.- Al ser reducida la fuerza de trabajo, se vera incrementado el desempleo.
3.- Dada la inversión en recursos, la automatización se traduce en una considerable disminución en la capacidad de compra de la planta.

Los inconvenientes adicionales de una implantación de CIM seguramente serán subconjunto de los tres grandes grupos mencionados.

En resumen, la proporción de argumentos a favor sobre los argumentos en contra puede ser superior; sin embargo, se insiste en que debe tenerse cuidado al analizar la factibilidad de automatización de una planta, para así restar fuerza a los aspectos que generen resultados no deseados.

4.2.2 Objetivos de la Automatización de la Producción

La Automatización y la Competitividad de un Producto

En una economía de mercado, el objetivo de la automatización es ayudar a

la competitividad global del producto, ya sea en forma directa (costo,calidad, etc.) o de manera indirecta (mejoramiento de las condiciones de trabajo), por ejemplo):

- Esta competitividad del producto terminado, puede ser definido como su capacidad para ser vendido en el mercado al que está destinado.
- La experiencia muestra que una inversión en automatización, conduce frecuentemente a la revisión del proceso de fabricación y por ende, del producto.
- Un rediseño simultaneo del producto y de los medios dan como resultado mejores resultados de competitividad.

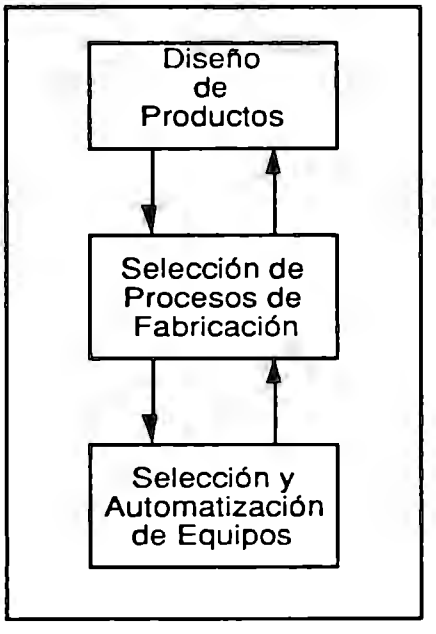


Figura 4.3: Diseño de Productos

Rentabilidad de una Automatización

Como cualquier otro proyecto, una de las formas meas claras para el análisis de rentabilidad, es el tiempo de recuperación de la inversión.
inversión / ganancias anuales = número de años de recuperación de la inversión

Por ejemplo, si el tiempo de recuperación es de menos de tres años, el proyecto es interesante, si la vida del producto fabricado se estima en una vida mayor.

4.2.3 Estrategias de Automatización

La manera de llevar a cabo la automatización de una planta, se puede resumir a 10 estrategias, como se muestra a continuación, para cada una de las cuales se especifica su correspondiente impacto (Groover,[1987]):

1.- Especialización de Operaciones. Involucra el uso de equipo especializado diseñado para una operación específica con una alta eficiencia. Resultado: reducción del tiempo de operación.

2.- Combinación de Operaciones. Se espera que se reduzcan el número de máquinas en producción ó las estaciones de trabajo donde se procesará el producto. Resultado: reducción del número de operaciones, tiempo de manejo y tiempo no operativo.

3.- Operaciones Simultaneas. Es una extensión lógica de la combinación de operaciones cuando sea posible realizar operaciones al mismo tiempo. Resultado: reducción del número de operaciones, tiempo de operación, tiempo de manejos y tiempo no operativo.

4.- Integración de Operaciones. Enlazar varias estaciones de trabajo con un mecanismo utilizando equipo automatizado de manejo por transferencia de partes entre estaciones. Resultado: reducción del número de máquinas, tiempos de manejo y tiempos no operativos.

5.- Mayor flexibilidad. Se pretende que logremos una máxima utilización del equipo para situaciones de 'job shop' y volúmen de producción mediano, utilizando el mismo equipo para varios productos. Resultado: reduce el tiempo de preparación, tiempo de producción de manufactura, mejora la utilización reduce el material en proceso.

6.- Mejoramiento del Manejo de Materiales y Almacenamiento. Una gran oportunidad para reducir el tiempo no productivo utilizando sistemas automáticos de manejo de materiales y almacenamiento. Resultado: reduce el tiempo no operativo, tiempo de respuesta de manufactura y el material en proceso.

7.- Inspección en Línea. Se incorpora la inspección en el proceso, lo que da la oportunidad de corregir los problemas cuando se den. Resultados: reduce el tiempo no operativo y los desperdicios de calidad.

8.- Optimización y Control del Proceso. Esto incluye varios esquemas donde se lleva un control más adecuado de los procesos y equipo adicional. Resultado: reducción del tiempo operativo y desperdicios de calidad.

9.- Control de la Operación de la Planta. Involucra un control a nivel planta. Administración y coordinación de las operaciones globales de manera eficiente. Resultados: reducción de tiempo no operativo, tiempo de respuesta de manufactura y mejora la utilización.

10.- Manufactura Integrada por Computadora. Es evidente que con o sin

computadora, las operaciones de la planta productiva deben estar integradas desde el diseño de productos hasta producción y muchas otras funciones de la planta.

La Tabla IV.1 describe las diferentes disminuciones en tiempos para cada una de las estrategias de automatización, en la cual:

To = Tiempo de Operación (Proceso o Ensamble).
Nm = Número de Máquinas que Procesan la Parte.
Th = Tiempo de Espera.
Tno = Tiempo de Ocio (No Operación).
Tsu = Tiempo de Preparación.
MLT = Tiempo de Entrega.
WIP = Inventario en Proceso.
U = Utilización.
q = Razón de Desperdicio.

Tabla IV.1: Estrategias de Automatización

Estrategia	Efecto reducción de:
1. Especialización de Operaciones	To
2. Combinación de Operaciones	Nm,Th,Tno
3. Operaciones Simultáneas	Nm,Th,Tno
4. Integración de Operaciones	Nm,Th,Tno
5. Mayor Flexibilidad	Tsu, MLT, WIP; incremento de U
6. Mejoramiento del Manejo de Materiales y Almacenamiento	Tno, MLT, WIP
7. Inspección de Líneas	Tno, q
8. Optimización y Control del Proceso	To,q
9. Control de Operación de la Planta	Tno, MLT; incremento de U
10. Manufactura Integrada por Computadora	MLT, tiempo de diseño, tiempo de planeación, incremento de U

4.2.4 Beneficios

Automatizar la producción de una planta, genera múltiples beneficios, dependiendo del tipo de manufactura que en ella se lleve a cabo; sin embargo, por experiencia de industrias que han automatizado sus procesos, se han detectado los beneficios que a continuación se mencionan, aunque sin duda se tienen algunos adicionales:

1.- Los tiempos muertos (de ocio) se reducen

2.- Existe mayor y mejor coordinación

3.- Contribuye estratégicamente a la optimización

4.- Exige una planeación efectiva

5.- Permite el aprovechamiento de recursos, tanto económicos como de habilidades

6.- Permite una real comunicación, tanto interpersonal como electrónica.

4.3 Justo a Tiempo (JIT)

Partiendo en forma general de la información proporcionada por las diferentes publicaciones sobre las aplicaciones industriales de JIT, se detecta tal filosofía como área de oportunidad para la industria jalisciense por las razones siguientes (Moras &Dieck, [1992]):

1.- La filosofía Justo a Tiempo es aplicable prácticamente a empresas de todos tipos, desde manufactureras de artículos de cualquier subsector, hasta empresas de servicio.

2.- Aplicar JIT no consiste en una técnica de retorno inmediato de resultados, inclusive, como dato estadístico, el menor tiempo en el que una empresa ha obtenido resultados es de un mes, mientras que el tiempo mayor es de diez años.

3.- En virtud de que cada sistema de manufactura es único, carecería de sentido pensar en una fórmula específica como estrategia de implementación de JIT; sin embargo, la mayoría de autores coinciden en que es la Administración de la compañía quien debe hacerse cargo del proyecto de implantación, y que todos los empleados deben estar involucrados para que éste funcione.

4.- La obtención de resultados mediante JIT no necesariamente se debe asociar con una alta inversión de dinero, pues se ha encontrado que los beneficios obtenidos no están en función directa de la inversión realizada.

5.- Es recomendable no iniciar la implementación de JIT con todos sus principios simultaneamente, sino más bien con un proyecto piloto, para luego expandirse a otras áreas, ya que, como se dijo antes, el cambio total puede tomar varios años.

El objetivo a alcanzar es que un sistema de manufactura trabaje con inventario cero; pero no debe perderse de vista que, en términos reales, la probabilidad de que la productividad aumente, es muy alta, prácticamente un hecho; pero la totalidad de los objetivos planteados idealmente, puede no consumarse; después de todo, la perfección en toda implementación implica un concepto relativo y muchas veces subjetivo; mas no por ello una empresa deberá permanecer estática.

4.4 Ingeniería Simultánea

Otra importante área de oportunidad para la industria regional es la Ingeniería Simultánea o Concurrente, la cual demanda la participación de todas y cada una de las áreas involucradas en el diseño de productos, la cual además, recomienda la participación del cliente. Este es un proceso en paralelo, con la única finalidad de evitar rediseños y con ello, eliminar los problemas inherentes, suprimiendose así inversiones inútiles de tiempo y costo, generando por ende, la satisfacción plena del cliente.

4.4.1 Validez del Modelo DIP (Desarrollo Integral del Producto)

El desarrollo integral del producto está enfocado a compañías en las que prevalece la filosofía de proyectos de occidente, cuyas características son las siguientes:

- El desarrollo es llevado a cabo por ingenieros especializados, estos ingenieros buscan incrementar su especialización en el área que tienen asignada, no en toda la compañía.
- Trabaja en grupos, para aprovechar creatividad, conocimiento y experiencia.
- Existen procedimientos específicos para la actividad de desarrollo
- Los empleados están involucrados en diferentes actividades a la vez.

IPD está enfocado a empresas con :

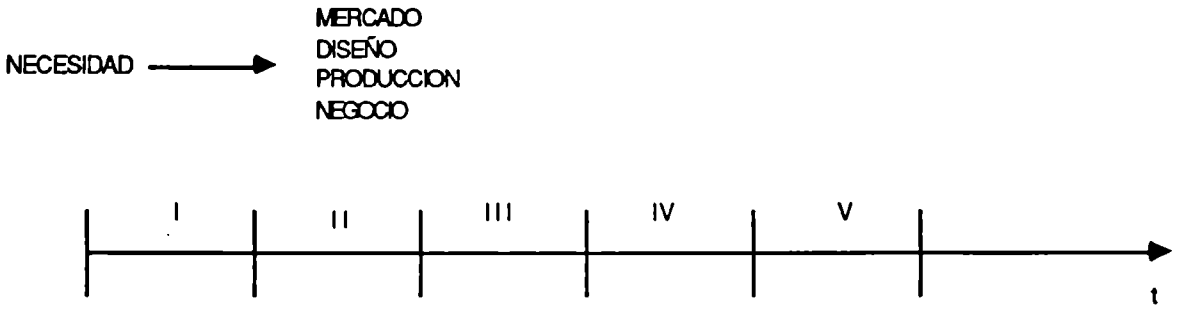
- Objetivos no bien definidos
- Poco involucramiento y motivación del personal

Se asume que las compañías analizadas tienen la siguiente estructura en relación a los proyectos manejados:

- Actividades a corto plazo: ventas con mercados relacionados, diseño y desarrollo más o menos original y producción

- A largo plazo: hay cierta planeación de producción y distinción entre las diferentes fases del proyecto.
- Incertidumbre en cuestiones de adquisición de tecnología o condiciones de mercado.

Modelo de Desarrollo del Producto



El modelo propuesto (Olson, [1988]), consta de cinco etapas:

I. Etapa de selección del tipo de producto
II. Principios, estudios e investigaciones
III. Desarrollo preliminar
IV. Preparación para la producción
V. Lanzamiento del producto

Los objetivos y la situación de las compañía serán de utilidad y significado para el DIP. Además se debe considerar como la compañía reacciona a condiciones externas.

A) Tipo de compañía:

1a. Mercado y rango de producto reducido.

2a. Búsqueda de oportunidades y competidor agresivo.

3a. Alto grado de individualización de productos.

4a. Concentrada en un segmento del mercado.

B) Características:

1b. Altamente especializadas.

2b. Alto grado de renovación y rápido desarrollo.

3b. Producción y productos flexibles, alto grado de mecanización y automatización.

4b. Alto control de calidad.

C) Condiciones externas y actitud hacia ellas:

1c. Tienden a optimizar actividades, siguiendo un camino fijo (institucionalizado), pocos cambios en tecnología y organización.

2c. Considerables requerimientos para dar una respuesta rápida y flexible, tiene baja eficiencia en la utilización de equipo.

3c. Trabaja en base a órdenes especiales con cortos tiempos de producción.

4c. Desarrollo de producción se enfoca a atributos como diseño, servicio y durabilidad de moda.

El modelo IPD no es válido como:

- Un patrón de comportamiento y comunicación.
- Un plan de proyecto

Concluyendo, el DIP es una excelente alternativa, pero usado como debe de ser, ya que no permite la aplicación parcial de ésta filosofía, pues de nada sirve integrar algunas áreas involucradas, si a fin de cuentas se requiere la aprobación de las demás.

4.5 Planeación de Recursos para Manufactura

4.5.1 Estrategias de Implementación

El sistema MRP es una herramienta útil y necesaria para apoyar las funciones de programación y control de las operaciones y los recursos de manufactura. Sin ésta herramienta, los sistemas complejos involucran muchos y muy variados elementos no pueden ser adecuadamente controlados.

La información recabada sobre la industria regional muestra sin ambigüedades, que el Sistema MRP II es aún una especie de 'tabú' para la industria mediana y pequeña, pues se piensa que se trata de una filosofía propia de las grandes y poderosas empresas, de las llamadas de clase A; pero con una cultura industrial que, en general, impide hacer entender que, uno de los caminos para ubicarse dentro de tal categoría, se basa precisamente en su aplicación.

No obstante la utilidad del sistema MRP, la experiencia ha mostrado que su implementación es un proceso delicado y la decisión de adoptar dicho sistema debe ser tomada considerando los puntos que a continuación se mencionan:

- Antes de decidir su adquisición , es necesario conocer y entender lo mejor posible lo que es un sistema MRP.

- La implantación de un sistema MRP requiere contar con una amplia base de información.

- Para que el control de las operaciones realmente sea eficaz, éste requiere ser aplicado en el piso mismo de la producción, por lo que es ahí donde debe tenerse la información y deben tomarse las decisiones; por lo tanto, es necesario considerar el rediseño de los sistemas de producción,

orientandose hacia una mayor simplicidad en los flujos de información y en la toma de decisiones. Por ésta razón, se debe analizar el proceso y hacer las modificaciones convenientes para simplificarlo antes de implantar un sistema MRP.

- La implantación del sistema MRP requiere del trabajo y del esfuerzo de muchas de las áreas de la organización, lo cual hace que sea un proceso muy sensible que debe ser llevado con orden y disciplina.

- Uno de los aspectos más importantes al implantar el MRP es la capacitación que requiere el personal involucrado.

- Debe intentarse combinar otros aspectos del sistema Justo a Tiempo, como pudieran ser la distribución de los equipo por producto en lugar de por proceso, y la integración de celdas de manufactura, la flexibilidad de las líneas de producción mediante la reducción de tiempos de preparación y el uso de operadores multihabilidades.

- Finalmente, cabe mencionar que el mejoramiento de los sistemas de manufactura no depende tan solo de adopción de uno u otro sistema para apoyar su administración, sino del entendimiento que se tenga de las debilidades que sufre el sistema y detección de las soluciones a dichas debilidades mediante la selección de herramientas adecuadas orientadas a mejorar el sistema.

4.5.2 Combinando un MRP con un JIT

Esto se considera un sistema de manufactura híbrido en donde el MRP es un manejador de los inventarios de producción y el JIT provoca que éste inventario sea jalado del sistema de producción.

Para poder combinar éstos sistemas, es necesario realizar las siguientes acciones:

a) Relocalizar el inventario, poniendolo dentro del piso de producción y conectándolo con todas las áreas del piso a través de AGV'S u otra manera de agilizar el paso de la materia prima a través de la planta.
b) Introducir un sistema que jale la materia prima a través de la planta
c) Crear un 'layout' (distribución de planta) apropiado, donde el sistema que jala la producción esté balanceado para un grupo de productos y donde la demanda sea suficiente y estable.

4.6 Planeación de Procesos Asistida por Computadora (CAPP)

Una alternativa más que de explotarse, puede llevar a un mejor nivel a las empresas medianas y pequeñas industrias es la llamada Planeación de Procesos Asistida por Computadora. En los puntos subsecuentes se especificarán algunos parámetros relevantes para su implementación.

4.6.1 Ventajas

Dentro de las principales ventajas que ofrece CAPP se tienen:

1.- Puede reducir la destreza requerida de un planeador de procesos.
2.- Reduce el tiempo de trabajo del planeador de procesos.
3.- Reduce los costos de manufactura.
4.- Crea planes mas consistentes.
5. Incrementa la productividad.

4.6.2 Estrategias de Implementación

Un esfuerzo de trabajo preliminar puede requerir que primero se resuelvan algunas de las siguientes cuestiones:

1. ¿Se ha procesado una parte similar antes?
2. ¿Quién es el ingeniero de diseño?
3. ¿Cuántas de esas partes se tienen que hacer?
4. ¿Se tienen los costos establecidos?
5. ¿Que tipo de herramientas se requieren?
6. ¿Se tiene suficiente capacidad en tiempo disponible?
7. ¿Procesamos por medio de control numérico o con máquinas tradicionales?
8. ¿Cuáles son los datos superficiales que definen la geometría por control numérico?
9. ¿En qué forma se hace la parte (fundido, forjado, etc.)?
10. ¿En qué tamaño de lote se trabajará?
11. ¿Cómo se hace la inspección de las partes?
12. ¿Qué herramienta de inspección se necesita?
13. ¿Cuándo se necesitan las partes?
14. ¿Las herramientas disponibles son perecederas para las geometrías requeridas?
15. ¿Los procesos alternos requieren alguna otra operación de manufactura?

Para tener buenos resultados de las preguntas se sugiere entrevistar a diferentes personas con conocimiento del tema.

Entidades Geométricas

El desarrollo de una base de datos de manufactura actualizada, empieza en el departamento de ingeniería de diseño. La clasificación y codificación de partes, materiales y ensambles de familias es el primer paso. Los métodos de recuperación de datos son variables, la categorización de piezas dentro de grupos similares, basados en sus funciones y estructuras geométricas es la base de la planeación de procesos.

El principal objetivo de una manufactura es producir piezas fácilmente. Los ingenieros de manufactura (ME) son responsables de la producción de partes, mientras que los ingenieros de diseño (DE) son responsables de la creación de dichas partes.

En éste sentido, los ingenieros de diseño son responsables de buscar diseños de partes con geometrías y tolerancias manufacturables en lo posible. Los ME analizan éstas entidades geométricas y realizan la planeación de los procesos, definiendo las herramientas requeridas para producir las entidades (estándar o especiales). Dependiendo de las operaciones de proceso (taladrado, torneado, etc.), se puede determinar el mejor centro de máquinas a usar.

Centro de Máquinas y Paquetes de Herramientas

Los centro de maquinado, así como los paquetes de herramientas, están orientados a entidades geométricas específicas. Las partes han sido previamente clasificadas y definidas en familias y los ME han examinado cada entidad geométrica y han definido las operaciones y herramientas que son necesarias para producirlas. Entonces se pueden clasificar los centros de maquinado de acuerdo a entidades geométricas similares, y de la misma forma pasa con los paquetes de herramientas.

"Tips" de Producibilidad

La clasificación y codificación permite la recuperación de datos de partes, pero la similaridad entre los datos puede reducir los esfuerzos redundantes entre los diferentes usuarios. A través de técnicas de clasificación y codificación , las bases de datos pueden ser construidas sobre la asociabilidad de elementos y atributos acerca de las partes que pueden ser usadas para reducir redundancias. Tantos ingenieros de diseño como de manufactura deberán conjuntar esfuerzos para crear en conjunto sus bases de datos.

Para el establecimiento de límites sobre la familias de piezas, el ingeniero puede examinar tolerancias, acabados, procesos, costos aceptables, etc., y entonces recomendar condiciones alcanzables de manufactura. Estos límites son llamados 'tips' de producibilidad.

Creación de 'Tips' de Producibilidad

Los procesos básicos para desarrollar bases de datos de partes o piezas, pueden ser los siguientes: para cada familia de partes se construye una matriz que enlista todos los miembros en las columnas y los atributos en los renglones. Los atributos pueden ser datos técnicos, como información de costos, número de procesos, especificaciones de calidad, tolerancias y otros.

Proceso Generador de Atributos

La habilidad para generar una familia de matrices de atributos de piezas provee a otras áreas de oportunidad. La matriz y los límites de los atributos pueden ser usados para crear una familia compuesta de partes. La ingeniería de procesos puede desarrollar procesos específicos para generar entidades geométricas individuales. Un programa paramétrico puede asignar para cada

entidad geométrica el proceso genérico requerido para producir.

Rutas de Familias

Las rutas de familias son un flujo genérico de centros de trabajo requeridos para la manufactura de todas las partes de la familia. La información requerida puede ser tomada de las hojas de procesos ya existentes. Esto consiste en intentar estandarizar centros de trabajo específicos y dar la oportunidad de desarrollar rutas alternas para centros de trabajo críticos.

Se puede crear una matriz de ruta de familias mediante el listado de todos los miembros de la familia en las columnas y todas las operaciones de los centros de trabajo en los renglones. Los números representan la secuencia de pasos en la ruta completa.

La optimización de las rutas de las familias se lleva a cabo a través de:

1.- Determinación de los centros críticos.
2.- Análisis para establecer si se requieren pasos alternos.
3.- Reorganización de la matriz de todas las partes siguiendo la misma secuencia y establecer una secuencia crítica para las rutas de familias para minimizar los diferentes tipos de centros.
4.- Determinación y selección del equipo.

Centros de Trabajo y Paquetes de Herramientas

El objetivo es estandarizar y optimizar los requerimientos de herramientas, y definir los centros de trabajo específicos de acuerdo a los siguiente:

1.- Crear una matriz que enliste en las columnas los miembros de las partes y en los renglones las herramientas requeridas; en la parte de abajo se suma el tiempo de uso de cada herramienta.
2.- Realizar el mismo análisis para cada familia, resumir los resultados y crear matriz compuesta con todas las familias.

3.- Analizar los resultados para estandarizar y optimizar los tipos y medidas de herramientas.

Para optimizar los paquetes de herramientas y centros de trabajo, se considera lo siguiente:

1.- Minimizar la variedad de herramientas en inventario.
2.- Estandarizar el tipo de herramientas requeridas.
3.- Reducir las necesidades de desarmado entre trabajo de un centro de trabajo dado.
4.- La introducción de nuevas partes se podrá facilitar por la utilización de datos existentes.

Procesos de Familias

La base de datos de manufactura contiene información específica de partes en donde han sido estandarizadas y definidas entidades geométricas, en la forma de tips de producibilidad. Estos datos pueden ser utilizados para definir el modelo de la familia.

Los procesos de familias contienen todos los pasos necesarios para la manufactura de sus miembros. Un programa debe seleccionar las rutas de proceso adecuadas, paquetes de herramientas y generar un plan de proceso específico para sus miembros.

Generación de Procesos de Partes

La habilidad para generar un proceso se basa en el modelo conceptual de desarrollarlo a partir de una base de datos de manufactura.
La generación de procesos de partes se puede realizar mediante el uso de parámetros y mecanismos de recuperación de la base de datos. Los parámetros

pueden permitir accesar a la base de datos y recuperar la información de partes específicas, como son: rutinas, procesos, herramientas, costos, tips de producibilidad, información sobre geometrías, etc.
El ingeniero necesita únicamente revisar los documentos, aprobar y liberar la producción. La habilidad para generar procesos rápidamente, de manera exacta que asegure la manufacturabilidad, depende de la habilidad para accesar la información necesaria. Estos es fundamental para la reducción de costos y tiempos de entrega.

Programas Paramétricos

Un programa paramétrico es un 'software' que puede ser capaz de generar automáticamente diseños, análisis, control numérico, planeación de procesos, etc.
Una sesión típica usando programas paramétricos es la siguiente:
a).- El ingeniero de manufactura puede entrar al sistema computacional e iniciar una sesión iterativa (el objetivo es crear un plan de proceso para una parte especifica clasificada dentro de una familia).
b).- El ingeniero puede escribir el número de partes y el sistema puede responder.

1.- ¿Que quieres hacer?

a.- diseño.

b.- análisis

c.- procesos.

Si se selecciona c (procesos), en la pantalla podría aparecer una segunda selección:

2.- Buscar la base de datos y recuperar la siguiente información:

a.- información de familias.

b.- rutas de familias.

c.- procesos de familia.

d.- paquetes de herramientas de familias.

El ingeniero puede con esto apoyar su toma de decisiones en base a la información presentada.

4.6.3 Variante en Procesos de Planeación (Variant System)

Llamado plan estándar, puede ser usado para una familia de componentes. Este debe contener al menos la secuencia de operaciones.

Etapas:

- Etapa Preparatoria
- Etapa de Producción

Etapa Preparatoria.- en ésta etapa se preparan códigos y se clasifican las partes, se preparan planes de procesos estándares, todo en términos de códigos para ser leídos por la máquina.

Etapa de Producción.- en ésta etapa se utilizan los códigos para encontrar a qué familia pertenecen los componentes, y se retraen planes estándar.

Plan de Acceso Generativo

Puede ser definido como un sistema que sintetice el proceso de información para crear un plan de procesos para un nuevo componente automáticamente.

Ventajas:

- Puede generar un plan de procesos rápidamente
- Puede generar un plan para un nuevo componente tomando un componente ya existente.
- Puede ser una interfase con manufactura automatizada para proveer

detalles y control de información.

Condiciones para Implementar éste Plan:

- Identificar y capturar plan de proceso conocido
- Definir en formato de computadora, la parte que va a ser producida
- Incorporar a la base de datos la parte y el plan de procesos

Secuencia de Etapas para un Sistema de Planeación:

1.- Formación de familias
2.- Estructura de base de datos
3.- Registrar procedimientos
4.- Editar plan
5.- Seleccionar parámetros del proceso

Formación de Familias.

Se basa en la producción o manufactura de las partes agrupando partes que utilicen procesos similares, utilizando algunos métodos como la formación de celdas de manufactura.

Estructura de Base de Datos.

Debe contener toda la información necesaria para una aplicación y que pueda ser accesada por diferentes programas para aplicaciones específicas.

Registro de Procedimientos.

En ésta etapa se retraen los planes para componentes similares. Se basa en el registro de una parte de una familia para la cual el componente pertenezca.

4.7 Justificación de Manufactura Flexible

Primeramente se deben implementar las generalidades del proyecto para posteriormente dedicar el tiempo necesario al impacto económico.

1). Las celdas de manufactura se basan en productos, se trabajan sólo partes para algunas familias de productos. Las ventajas son:

- Tiempos de Entrega (LT) e Inventario en Proceso (WIP) se reducen.
- Ciclo de introducción del producto mucho más corto.

2). El Entrenamiento y Capacitación son esenciales; se mantienen las celdas funcionando y se exige mayor colaboración. Debido a los costos de capacitación, los costos directos aumentan por algún tiempo durante la curva de aprendizaje (vista en el punto 4.1.2).

3). Movimientos de acuerdo a especificaciones; evitar irregularidades en el proceso de producción. Menos 'scrap' (desperdicio), retrabajo, mayor tiempo de utilización de máquinas y en general, menor inversión por pieza.

4). Cuidado al compartir recursos, no hacer celdas que dependan de la disponibilidad de recursos. El verdadero costo de la utilización de celda proviene de los costos del WIP, muchos movimientos y baja calidad.

5). Cambios rápidos y precisos, eficientizando la mezcla de productos. Los gastos

de herramental se incrementan, así como el equipo de control. Se obtiene mayor capacidad de producción con menor costo por unidad, cuidando la flexibilidad.

6). Retroalimentación y seguimiento.

- Con una buena automatización programada, los problemas se detectan más rápido y se da seguimiento a lo producido.
- Se debe invertir en mantenimiento preventivo y el diseño debe estar enfocado a la manufactura
- Se reducirán los costos de garantía,y el mantenimiento garantiza mayor capacidad efectiva.

7). Automatización programada con buenos enlaces.- coordinación de movimiento de piezas y comunicación con otros departamentos. Se obtiene una mayor coordinación de la planta con reducciones en costos de procesos y ventajas competitivas en imagen y atención al cliente final.

Estrategias de la Empresa

Jamás se justificará una celda flexible con la idea de producir sólo unos cuantos productos. Lo que realmente se obtiene con la automatización programable y celdas flexibles es la capacidad de producir mayor variedad, así como introducir con mayor rapidez nuevos productos.

Si se utiliza el sistema de costeo por parte al adoptar celdas de manufactura para producción puede, en muchos casos, resultar una diferencia muy pequeña.

Es necesario visualizar el sistema actual con todas sus implicaciones y ver cómo trabaja en un futuro; luego plantear los cambios a realizar y su impacto en todos los aspectos, tanto presente como futuro. Se obtiene una serie de ventajas

que significan beneficios para la compañía, y con una buena ponderación de éstos se puede justificar la inversión requerida.

Los principales factores que constituyen una justificación para la implementación de un Sistema de Manufactura Flexible se pueden globalizar como sigue:

• Necesidad de Nuevos Métodos de Justificación:

1. Los principios no han cambiado, pero ganar o perder una ventaja competitiva es parte de una nueva contabilidad.

2. Durante el ciclo de vida de un producto, su precio se va convirtiendo en la única defensa competitiva

3. Para producir productos con calidad, es necesario disminuir las variaciones en manufactura al mínimo.

4. Más de la mitad del total de ejecutivos en plantas manufactureras colocan a la Justificación Financiera como el mayor problema para la automatización.

• Errores Comunes en los Métodos Actuales de Justificación de Proyectos:

1. La mayoría de contadores tradicionalistas siguen con el enfoque del "desempeño productivo" ("5% Productivity Improvement").

2. Frecuentemente, en cálculos e TREMA (Tasa de Retorno Mínima Anualizada), se consideran cédulas, ciclos de vida y penetración en el mercado de un producto como "variables predecibles" casi constantes.

3. Los sistemas de justificación de costos existen para coordinar esfuerzos y satisfacer los requerimientos, y no para demostrar sofisticación de técnicas analíticas.

4. La Asociación de Tecnología de Manufactura (NMTBA) enlista algunas razones por las que es difícil justificar proyectos de automatización:

- Técnicas Financieras inadecuadas.
- Falta de entendimiento de la gerencia en algunas implicaciones.
- Insistencia de que una inversión cumpla con muchos objetivos.
- Sistemas Contables que no proveen información sobre costos que la automatización puede reducir.
- Comprender que las inversiones para la automatización son estratégicas.
- Evaluar inversiones individualmente.
- Parámetros fijos en hojas de cálculo.

• Situación Actual en las Empresas:

Las compañías manufactureras en general, cuentan con cierto retraso en cuanto a tecnología de manufactura se refiere, y tomando como referencia las de Estados Unidos, se encuentra lo siguiente [Notas del curso de SIM]:

1. Flexibilidad

Una planta manufacturera de clase mundial maneja alrededor de 270 partes por máquina herramienta, mientras que una planta estándar no maneja más de 25.

2. Uso de máquinas

Un sistema de clase mundial tiene tasas de "uptime" alrededor del 95%,

además de que el operador puede hacer la mayor parte de los trabajos de reparación, mientras que la plata promedio no excede del 65-75%.

4.8 Reconstrucción de Maquinaria

Un aspecto que comunmente no se considera en el diseño de "La Fábrica del Futuro" es la reconstrucción de maquinaria; sin embargo puede ser una excelente área de oportunidad, dadas las condiciones de la industria de occidente.

La reconstrucción tiene por objeto mejorar el funcionamiento de la máquina en cuestión, sin incurrir en gastos de adquisición. Las razones por las que se cambia de máquinas implican la disminución de tiempos de preparación, tiempo de operación al aumentar la velocidad de la máquina, tiempos y frecuencia de paro, niveles de ruido, retrabajo, etc.; además, se aumentan parámetros como calidad, funcionalidad, etc.. Todo lo anterior se puede obtener comprando una máquina nueva y con mayor tecnología; sin embargo, el ordenar la reconstrucción de una, o el comprar una reconstruida por alguna compañía, puede reducirnos el gasto de inversión enormemente sin sacrificar drásticamente los beneficios mencionados.

La reconstrucción es una opción viable según las condiciones en las cuales se encuentre la máquina y la empresa. En los tiempos actuales, se ha convertido en una alternativa en miras de muchos empresarios; sobre todo por la menor inversión inicial que se requiere y por la recesión que se sufre en la mayoría de las áreas manufactureras.

El propósito de esta sección es mostrar los beneficios que tiene una empresa al considerar reconstruir su maquinaria, sin dejar a un lado las implicaciones que esto requiere. Se debe de pensar en el tipo de máquina y su

función en el piso, así como una detallada evaluación económica y visión completa del cambio.

4.8.1 Generalidades

Reconstruir es el término más comunmente utilizado. Sin embargo, para comprender mejor el nivel de trabajo que representa el caso de cada máquina, es conveniente definir los siguientes términos:

- Reacondicionamiento.- actualizar una máquina añadiendo lo último en controles, motores o características mecánicas mejoradas. Es rápido y relativamente barato, pero después de todo, es todavía la misma máquina usada.

-Reconstrucción.- regresar la máquina a su condición original; además, en la mayoría de los casos, reacondicionarla con los controles actuales. Para mantener los costos bajos, deberá decidirse qué partes están deterioradas o necesitan restaurarse.

-Remanufactura.- construir una máquina hoy, pero sobre la base de una máquina anteriormente usada y posiblemente prepararla para adaptarla a la tecnología del mañana. Todo lo que está deteriorado o bloqueado se reemplaza (sin importar su condición), y se verifican todas las piezas de soporte mecánico para asegurarse que funcione. La máquina tiene ahora las mejoras, garantía y vida de servicio esperada de una máquina nueva.

Para tomar la decisión sobre reparar o reemplazar una máquina, se efectúan algunos análisis previos. El resultado son los pros y los contras de cada opción, y entonces se procede a realizar la más conveniente.

Al realizar una reconstrucción, podemos esperar de la mayoría de las empresas reconstructoras un año de garantía para las máquinas reconstruidas y remanufacturadas, y generalmente una duración del 70 al 80% de la vida inicial de la máquina original. La reconstrucción debe durar más por la robustez del equipo antiguo. Hoy en día, por ejemplo, muchas máquinas-herramienta no son reconstruibles debido a la estructura en los diseños modernos de máquinas.

Criterios de Evaluación de una Reconstrucción

Se debe definir el problema específico para cada máquina, ésto es, ver si el acabado de las piezas es el indicado, las dimensiones están dentro de tolerancia, la velocidad es la correcta, etc. Después, ver las causas de ésto, ya que puede resultar muy sencillo de corregir cuando el problema se encuentra en el sistema de control, pero muy laborioso cuando se trata de un mecanismo básico de la máquina.

Generalmente, una compañía de reconstrucción de maquinaria tiene que especificar lo siguiente para un trabajo de rehabilitación de equipo: una definición clara del objeto del proyecto, términos, duración, exactitud y equipo, todas las especificaciones de la máquina, así como límites de sonido, vibración y confiabilidad. La documentación también se debe actualizar, ya que se debe tener un manual de lo que la máquina es ahora, y no lo que era antes de la reconstrucción. Además, es importante proporcionar una buena capacitación técnica y documentación como si se estuviera entregando una máquina nueva.

Resumiendo, existen diversos factores que condicionan una rehabilitación de equipo; por ejemplo, el tipo de trabajo, ya que las máquinas de producción de un fin específico son mejores candidatos que los equipos diseñados con una concepción más general.

4.8.2 Análisis de Costos.

No es fácil calcular el costo exacto de la reconstrucción de una máquina porque no existen dos reconstrucciones iguales. Por la misma razón, no se debe hacer ninguna estimación del costo hasta que la máquina este desmontada y hayan sido examinados sus principales componentes.

Según estadísticas, el costo de reconstrucción de las máquinas de precio medio oscilará entre un 33 y un 60% del precio actual de la máquina nueva. Hablando de las máquinas más caras el costo de reconstrucción está comprendido entre un 20 y 50 % de dicha base. Podemos entonces decir que la reconstrucción de las máquinas mayores y más costosas proporciona un ahorro sustancial en relación con su sustitución.

Por lo general no es recomendable el reconstruir máquinas económicas, cualquier máquina que cueste menos de $300,000 dólares no es un buen candidato, sobre todo si se espera que el reconstructor proporciones una documentación completa, manuales de operación, etc.. Sin embargo, la decisión depende del caso específico, y es perfectamente válido el analizar y comparar la inversión que representa cada opción. Si sabemos de antemano que hay que reconstruir cierto número de máquinas iguales en un periodo determinado, es posible conseguir un ahorro grande mediante la fabricación de todas las refacciones del lote al mismo tiempo.

En cuanto a las máquinas de producción de procesos definidos y rígidos, la opción de reconstrucción resulta más sencilla de evaluar, ya que las máquinas nuevas harán simplemente lo mismo quizá con algunas ventajas de velocidad. Se puede apreciar fácilmente que el único medio fiable de calcular el costo de una reconstrucción es la experiencia en máquinas similares y un completo examen de todos sus órganos una vez desmontada la máquina.

4.8.3 Confiabilidad de un Equipo

Con el objeto de minimizar todas las funciones relacionadas con el mantenimiento industrial, tales como el tiempo dedicado al mantenimiento preventivo, los tiempos de paro, la cantidad de refacciones, o las habilidades del personal, se han realizado una serie de estudios y pruebas relacionadas con los conceptos de mantenibilidad y confiabilidad.

Con base a estas observaciones, se ha determinado que la cantidad de fallas presentadas por un equipo en particular no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existen variaciones bien definidas durante los períodos inicial y final, así como un gran lapso comprendido entre éstos, en el cual la tasa de falla es relativamente constante.

El comportamiento futuro de un equipo, apoyado en conceptos de probabilidad y estadística, genera el patrón de fallas probables a través del periodo de desempeño de un equipo dado.

En base a lo anterior, se tienen tres etapas bien definidas:

a. Etapa de fallas prematuras.
b. Etapa de vida útil.
c. Etapa de agotamiento.

La etapa de fallas prematuras se refiere a las fallas de equipos inicialmente defectuosos que provocan trabajos de conservación que permiten que se vayan reemplazando los elementos que han fallado prematuramente.

La etapa de vida útil consiste en un intervalo de tiempo en el que la tasa de fallas se mantiene constante, hasta llegar al límite de diseño de buen funcionamiento.

La etapa de agotamiento se identifica por un aumento de fallas en un intervalo de tiempo cada vez mayor debido al desgaste de los componentes de la máquina

4.8.4 Ventajas y Desventajas

Las principales ventajas que genera la reconstrucción de maquinaria son:

- El ahorro entre un 30 y 60% del costo de la máquina nueva.
- Reducción de gastos parciales del costo del proyecto (instalación, manejo de materiales etc.).
- Tiempos de entrega más cortos.
- Aprovechamiento de instalaciones previas.
- Conservar las características especiales desarrolladas originalmente.
-Minimización de entrenamiento y capacitación.
- No existen fallas sorpresivas.

Las desventajas de la reconstrucción son las siguientes:

- Pérdida de servicio durante los meses de la reconstrucción de la máquina.
- La estructura de la máquina puede estar obsoleta y por ello no ser adaptable.
- Tiempos lentos de montaje.

Finalmente, se concluye que antes de decidir si se reconstruye o no maquinaria de la planta, se debe llevar a cabo un estudio de factibilidad

4.9 Manufactura Celular

Una última y por demás excelente área de oportunidad para la optimización de recursos, y por ende, incremento en la calidad y productividad, es la formación de células o celdas de manufactura a través de la adopción de la filosofía de Grupos Tecnológicos, que entre otras ventajas proporciona reducción en lo siguiente (Kusiak, [1990]):

* Tiempos de Entrega (20-88%)
* Inventario (> 88%)
* Mano de Obra (15-25%)
* Herramental (20-30%)
* Retrabajo y Desperdicio de Materiales (15-75%)
* Tiempos de Preparación (20-60%)

4.9.1 Método "ROC" (Rank Order Clustering)

Existen diversos métodos de formación de celdas de manufactura, tanto de clasificación como métodos matemáticos; sin embargo, por las características de las manufactureras entrevistadas de Guadalajara (que son las de interés para éste estudio), para aquellas que procesan cantidades moderadas de partes en no muchas máquinas (basicamente las empresas pequeñas), se sugiere la utilización de un método matemático denominado " ROC" (Rank Order Clustering), el cual, en términos generales, es el de mayor uso de los métodos NO computarizados. Un ejemplo sencillo de ilustración, incluyendo su algoritmo de aplicación, se encuentra en el Apéndice D, donde se simula un proceso en el cual intervienen cuatro máquinas (A,B,C y D), que procesan cinco piezas diferentes (1,2,3,4 y 5).

4.9.2 Método "P-Median"

Este método de manufactura celular es de gran utilidad cuando los procesos de manufactura son más complicados e incluyen mayor número de máquinas y de partes, debido a que demanda el uso de un paquete computacional de programación lineal (QSB, Lindo, Alpal, etc..). Su gran inconveniente es que a la hora de alimentar al 'software' requiere una cantidad de tiempo significativa, ya que involucra un conjunto de ecuaciones; sin embargo, una vez alimentados los datos, genera una solución óptima de manera rápida y eficaz. El ejemplo de ilustración aparece en el Apéndice E, que por motivos de comparación, utiliza el mismo arreglo que el presentado en el ejemplo anterior. Es importante tomar en cuenta que, para éste caso específico, es aparentemente más complicado el método anterior, pero basta incrementar el número de máquinas y de partes para darse cuenta de las grandes ventajas de su empleo.

El listado correspondiente a los archivos de los datos de entrada, así como resultados, se encuentran en el Apéndice F

Por último, la figura 4.4 representa una distribución de planta que resulta de la aplicación de algún método de formación de celdas. En ella se aprecia pueden existir tantos ensambles y subensambles como sea necesario, y no siempre son el resultado del análisis científico, ya que pudiera presentarse alguna situación inherente, como el caso de un cuello de botella o una parte en conflicto, lo cual, en primera instancia, impacta al método a utilizar, además de que puede requerir de alguna decisión humana. En la vida real es prácticamente imposible dejar la responsabilidad absoluta de la formación de celdas a un método científico, pues tarde o temprano interviene la decisión del hombre.
No debe olvidarse que los métodos de formación de celdas, en realidad lo que hacen es facilitar la toma de decisiones.

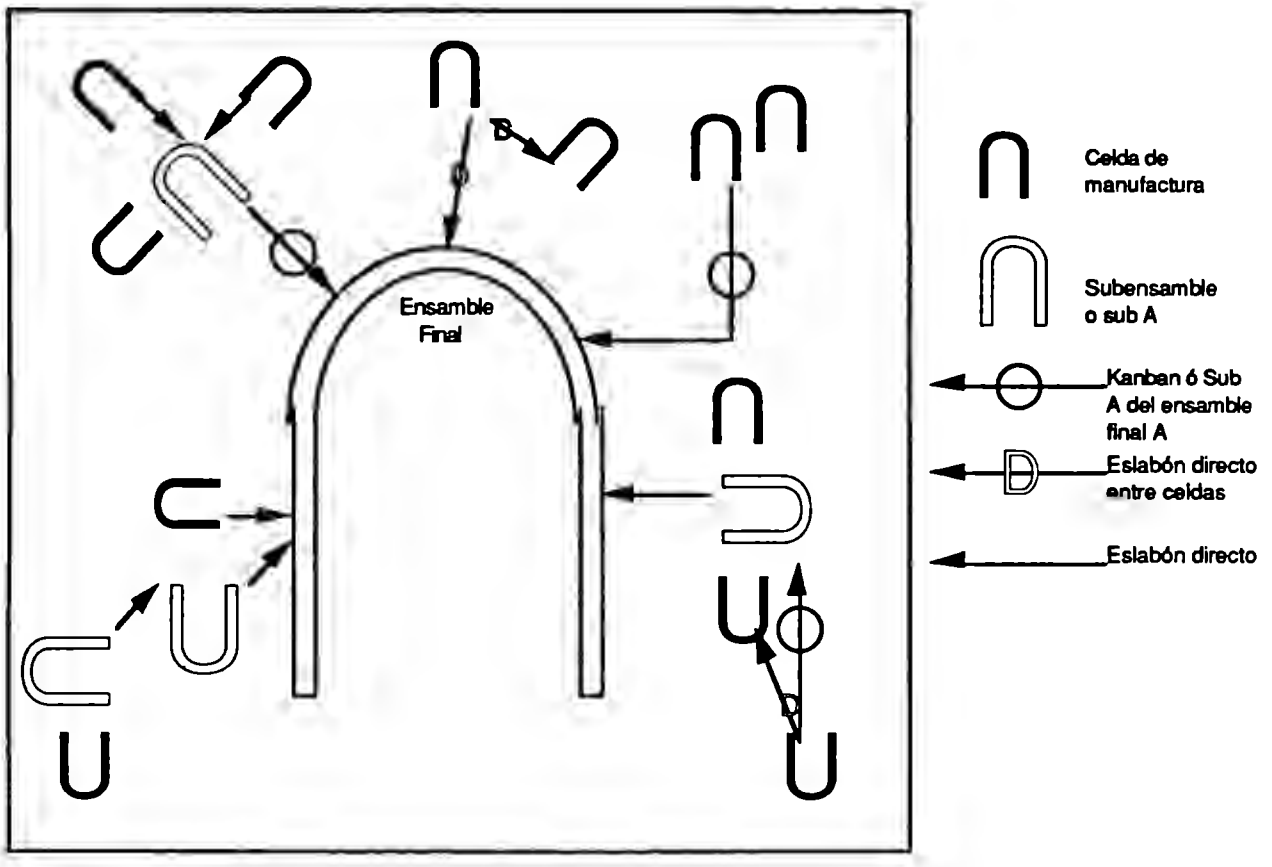


Figura 4.4: Celdas de Manufactura para Ensambles y Subensambles

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Resumen de Resultados

1). Dentro del ambiente industrial de Jalisco existe un cierto "hermetismo" que se manifiesta desde el momento mismo de solicitar respuesta a la encuesta, y ello es, sin duda, un factor importante para limitar el avance tecnológico generado por la adopción de las técnicas y/o filosofías detectadas como áreas de oportunidad.

2). La mayoría de la plantas encuestadas afirma tener un alto control sobre el diseño del producto fabricado, cuando en realidad no es así, ya que como normalmente proceden es diseñando productos sujetos a estándares preestablecidos, sin estructura de respuesta rápida a cambios de diseño.

3). En casi todas las plantas existen distribuciones de planta tipo taller (job shop), pero de manera deliberada se han ido instalando más máquinas cada vez, de acuerdo a las necesidades; el problema es que ésto se ha hecho a través de métodos sin fundamentos científicos, más bien basados en la experiencia o por técnicas de prueba y error.

4). De las pocas plantas que manejan el concepto de manufactura celular, los únicos métodos de formación de celdas utilizados son, ya sea visuales o de codificación, por lo que difícilmente se podría pensar en una producción óptima.

5). La flexibilidad es un concepto conocido para las plantas, aunque no muchos esfuerzos han efectuado para que ésta se vea incrementada; más que

diseñar sistemas flexibles, los fuerzan a que lo sean, en función de los requerimientos del mercado.

6). En cuanto a la capacidad de producción, se asume deliberadamente que se está trabajando, en promedio, al 90%, cuando en realidad, pensar en el 60% ya sería aventurado, pues precisamente las áreas de oportunidad detectadas son un indicador de que la capacidad de producción se puede ver incrementada.

7). La inversión en recursos está muy restringida, fundamentalmente porque sólo se buscan aquellos que proporcionen beneficios inmediatos; sin embargo, su asignación también implica la concientización de la administración.

8). En la mayoría de los casos, el equipo computacional (para quienes lo poseen) está subutilizado, y de ahí nace la renuencia a la adquisición de nuevo o de mayor capacidad.

9). Las industrias medianas y pequeñas perciben a la automatización como una estrategia propia de las grandes industrias, además de que tienen la idea de que su implementación implica inversiones fuera del alcance de sus presupuestos.

10). Desconocen "Justo a Tiempo" como una filosofía de trabajo y tienen la idea de que "no ser tan impuntuales" en sus entregas es la adopción de JIT, lo cual dista mucho de la realidad. Expresan que "no están pensando utilizarlo, puesto que ya lo hacen".

11). La planeación que existe, casi por regla general NO está auxiliada por computadora.

12). Las diferentes plantas encuestadas consideran a MRP como una herramienta útil sólo para las grandes empresas, aún cuando ni siquiera están

familiarizados con él.

13). Se observa que más del 90% desconocen el término "Ingeniería Simultánea"; sin embargo, tras explicárseles el concepto, prácticamente todas las empresas afirmaron utilizarlo, lo cual definitivamente carece de veracidad, pues implementar ésta filosofía va más allá de reunir a algunos cuantos de los departamentos involucrado en la parte técnica.

14). La reconstrucción de maquinaria es un factor que, como se puede apreciar en los resultados de la encuesta [Apéndice C], las diferentes industrias creen llevar a cabo, pero porque lo confunden con los diferentes tipos de mantenimiento, cuando la realidad es muy distante.

15). Se observó que en la mayoría de los casos, las plantas no llevan a cabo implementaciones por desconocimiento formal de las técnicas y filosofías, de las cuales sólo han escuchado hablar.

5.2 Conclusiones

1). Es necesario implementar procesos de cambio que reestructuren las condiciones presentes, dando el seguimiento correspondiente, como apoyo a una mayor calidad y competitividad de los productos fabricados.

2). La implementación de una técnica o filosofía está en función directa de las características de la empresa y su buena disposición para adoptarla.

3). Ante la implementación de alguna de las áreas de oportunidad propuestas,no necesariamente se deben esperar resultados a corto plazo, pues en ocasiones se requieren meses y a veces años.

4). Una implementación no se reduce a la simple adquisición de un equipo o paquete, sino que requiere de la asesoría de personal calificado.

5). Debe tenerse siempre en mente que un modelo de manufactura como este NO resuelve los problemas de la industria manufacturera; es sólo el inicio de una etapa de investigación y desarrollo que requiere de un seguimiento adecuado.

5.3 Recomendaciones para Futuras Investigaciones

1). Armar una base de datos con las industrias medianas y pequeñas que correspondan a los subsectores estudiados, a modo de permitir interacción continua.

2). Buscar penetración en los subsectores manufactureros no contemplados.

3). Estudiar de manera particular tantas industrias como sea posible.

APENDICE A

Carta de Presentación

Guadalajara, Jal., Abril de 1993.

Muy señores nuestros:

Dadas las actuales exigencias en términos de calidad y productividad, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Guadalajara, ha emprendido la misión de colaborar con la industria jalisciense, con la idea de desarrollar un Modelo Integral de Manufactura, paralelamente con la creación de nuestro Centro de Competitividad Internacional.

Para lograr tal objetivo, requerimos de un esfuerzo conjunto que nos permita conocer su situación actual, brindándonos la oportunidad de colaborar en favor de nuestra industria regional, hacia un futuro más promisorio.

Con éste antecedente, solicito nos proporcione información acerca de su empresa a través del cuestionario adjunto, el cual se manejará en forma estrictamente confidencial y servirá como base para elaborar dicho modelo.

Los resultados obtenidos estarán a su disposición a partir del próximo mes de agosto, con lo que se pretende dar a conocer a ustedes las áreas de oportunidad y perspectivas, que los conduzcan hacia un mayor nivel competitivo.

Agradezco su colaboración y espero contar en lo sucesivo con la oportunidad de mantener y reafirmar el vínculo ITESM / Empresa.

A T E N T A M E N T E:

Ing. Francisco Javier Jasso Castillo

Director de Ingeniería Industrial

APENDICE B

Formato de la Encuesta

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

CAMPUS GUADALAJARA

Departamento de Ingeniería

Encuesta de diagnóstico para apoyo a la mediana y pequeña indstria en la ciudad de Gadalajara, Jal. y zonas aledañas.

COMPAÑIA: _____

FACILITADOR: _____

CARGO: _____

TELEFONO(S): _____

GIRO DE LA COMPAÑIA: _____

NUMERO DE EMPLEADOS: _____

TIPO DE MERCADO: _____

VOLUMEN DE VENTAS: _____

NIVEL PROM. DE EDUC. DE LA FUERZA LABORAL: _____

I.- SISTEMA DE PRODUCCION

1.1 La compañía es de tipo:

a. Productor Básico (maquiladora)
b. Convertidor (emplea la producción del Productor Básico)
c. Fabricante de productos finales
d. Otro _____

1.2 Tipo de producción:

a. Bajo volúmen, pedidos específicos, equipo muy flexible y empleados multifuncionales
b. Producción de lotes de tamaño mediano y satisfacción de demanda continua
c. Producción en masa
d. Otro _____

1.3 Distribución de planta:

a. De Posición Fija
b. Por Proceso
c. Por Flujo de Producto
d. Otra _____

1.4 Configuración del Sistema:

a. Celdas de Manufactura
b. Por Procesos
c. Por Productos
d. Otra _____

1.5 ¿Qué control tiene la planta sobre el diseño del producto fabricado?

_____
_____
_____

1.6 ¿Está trabajando la planta a su capacidad total? ¿A qué porcentaje?

1.7 ¿Hay problemas con la calidad del producto?

1.8 Nivel estimado de calidad:

a. Alto
b. Medio
c. Bajo

1.9 ¿Qué porcentaje del producto es comprado?

1.10 Tamaño Promedio de los Lotes de Producción:

II.- PROCESO DE CAMBIO

2.1 ¿Qué proceso(s) de cambio se ha(n) efectuado en los últimos años?

2.2 ¿Quién lo inició y en qué consistió?

2.3 ¿Qué políticas motivacionales se han implemantado para lograr alto desempeño de los trabajadores?

2.4 Cambios observados a raíz de los nuevos sistemas de producción:

2.5 ¿Se llevó a cabo un programa específico de capacitación del personal involucrado en el Proceso de Cambio?

2.6 ¿Cómo se han evaluado los efectos del programa?

2.7 Nivel competitivo de la planta en relación a las de su género:

2.8 Planes de expansión:

2.9 Areas o Departamentos que considera con necesidades de mejoramiento:

_____

_____

_____

2.10 Para la empresa, ¿qué es lo prioritario minimizar?

_____

_____

_____

III.- RECURSOS

3.1 Herramientas utilizadas acualmente para analizar la Producción y/o Procesos Operativos:

a. Simulación
b. Modelación Matemática/estadística
c. Sistemas Expertos
d. Otro _____

3.2 Describa el equipo computacional y tipos de computadoras que utilizan en su empresa:

_____

_____

_____

3.3 Nivel de automatización:

a. Planta completamente automatizada
b. Semi-automatizada
c. No automatizada
d. Otro _____

3.4 ¿Se está utilizando JIT ("Just in Time")? ¿Se piensa utilizar?

3.5 ¿Se usa CAPP ("Computer Aided Process Planning")?

3.6 ¿Se usa MRP, MRP II, etc?

3.7 Existe familiarización con el termino INGENIERIA CONCURRENTE? Explique

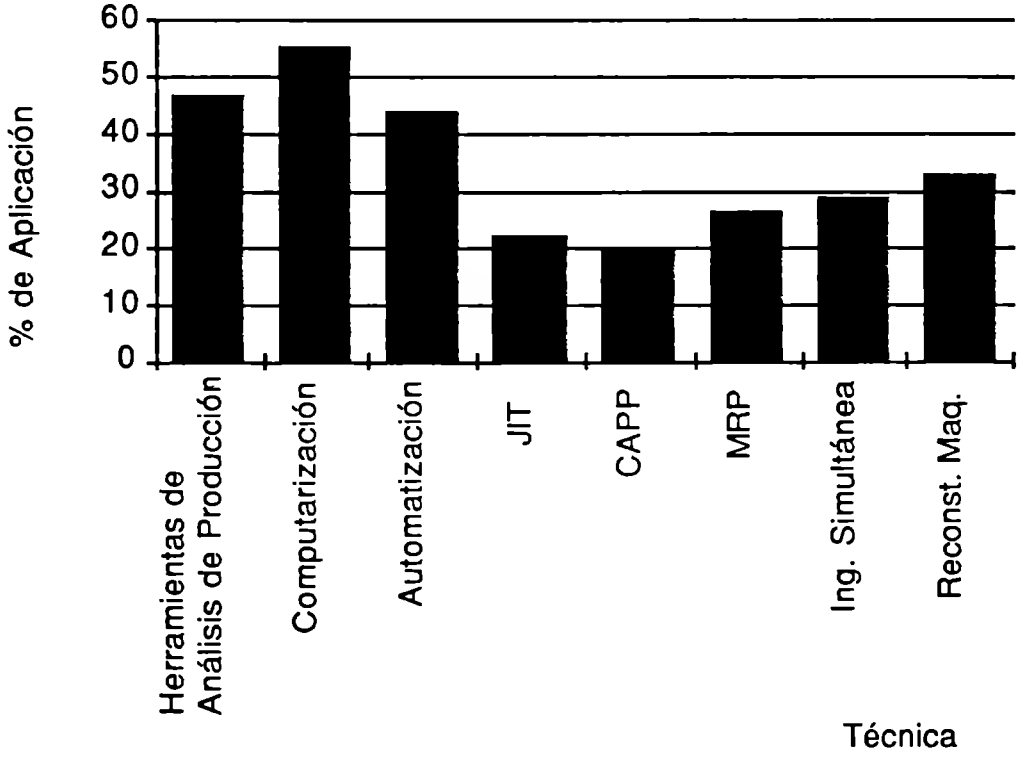
3.8 ¿En su planta proceden a la reconstrucción de maquinaria? ¿De qué manera?

APENDICE C

Resultados de la Encuesta

Resultados de la Encuesta

TECNICA:	% DE APLICACION
A). Herrtas. Análisis de la Producc.	46.67
B). Computarización	55.33
C). Automatización	44
D). Justo a Tiempo (JIT)	22
E). Manuf. Aux. por Computadora (CAPP)	20
F). Planeación de Rec. de Manufactura (MRP)	26.67
G). Ingeniería Simultánea	28.67
H). Reconstrución de Maquinaria	32.67



APENDICE D

Manufactura Celular: Aplicación del Método ROC

Método ROC (Rank Order Clustering)

ALGORITMO

- ✔ **Paso 1. Asignar a cada columna un valor binario y determinar el valor decimal de cada renglón**
- ✔ **Paso 2. Sortear los renglones en orden decreciente**
- ✔ **Paso 3. Asignar su valor decimal a cada columna**
- ✔ **Paso 4. Repetir el procedimiento hasta que NO cambie la posición de cada elemento en renglón y columna**

EJEMPLO

Parte:

Máquina:	1	2	3	4	5
A		1		1	1
B	1		1		
C		1		1	
D	1		1		

Paso 1

Asignar un valor binario a cada columna y determinar el valor decimal de cada renglón

Parte:

Máquina:	1	2	3	4	5	
A		1		1	1	11
B	1		1			20
C		1		1		10
D	1		1			20
	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	

Paso 2

- ✔ Sortear en orden decreciente los renglones
- ✔ Asignar un valor binario a cada renglón

PARTE:

MAQUINA	1	2	3	4	5	
B	1		1			20
D	1		1			20
A		1		1	1	11
C		1		1		10

B	1		1			2^3
D	1		1			2^2
A		1		1	1	2^1
C		1		1		2^0

Paso 3

Asignar un valor decimal a cada columna

Parte:

Máquina:	1	2	3	4	5	
B	1		1			2^3
D	1		1			2^2
A		1		1	1	2^1
C		1		1		2^0
	1 2	3	1 2	3	2	

Paso 4

Repetir el procedimiento hasta que NO cambie la posición de cada elemento en renglón y columna

Parte:

Máquina:	1	3	2	4	5
B	1	1			
D	1	1			
A			1	1	1
C			1	1	

Solución

✔ ∴ Celda 1 = { B, D }
Fam. 1 = { 1, 3 }

✔ ∴ Celda 2 = { A, C }
Fam. 2 = { 2, 4, 5 }

APENDICE E

Manufactura Celular: Aplicación del Método P-Median

FORMULACION MATEMATICA (Modelo P-Median)

Distancia Hamming: $d_{ij} = \sum_{k=1}^{m} \delta\,(a_{ki}, a_{kj})$

donde:

$$\delta\,(a_{ki}, a_{kj}) = \begin{cases} 1, \text{ si } a_{ki} \neq a_{kj} \\ 0, \text{ caso contrario} \end{cases}$$

Ejemplo:

Si i = [0 1 0 0 1 0 1 1 1]
j = [1 0 0 1 0 1 0 0 1]

$$\rightarrow \boxed{d_{ij} = [1 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0\,] = 7}$$

<u>MODELO P-MEDIAN:</u> Usado para agrupar "n" partes en "p" familias.

Variables a considerar:

m = número de máquinas
n = número de partes
p = número de familias de partes

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ si la parte i pertenece a la familia j} \\ 0, \text{ en caso contrario} \end{cases}$$

d_{ij} = "distancia" medida entre las partes i y j

Función Objetivo: minimizar la suma total de distancias entre cualquier pareja de partes.

$$\boxed{\min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\, x_{ij}}$$

Restricciones:

1. $\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1$ para $i = 1,2, \ldots , n$

2. $\sum_{j=1}^{n} x_{ji} = p$

3. $x_{ij} \leq x_{jj} \longrightarrow x_{ij} - x_{jj} \leq 0$

Ejemplo:

Máquina:

$$\begin{array}{c} \\ A \\ B \\ C \\ D \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} & 1 & & 1 & 1 \\ 1 & & 1 & & \\ & 1 & & 1 & \\ 1 & & 1 & & \end{bmatrix} \end{array}$$

Distancia Hamming entre partes:

$$\begin{array}{c} \\ \text{parte:} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \text{parte:} \\ \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array} \\ \begin{bmatrix} - & 4 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & - & 4 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & - & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 4 & - & 1 \\ 3 & 1 & 3 & 1 & - \end{bmatrix} \end{array}$$

Función Objetivo: $\min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\, x_{ij}$

$$
\begin{aligned}
\min \quad & 4X_{12} + 0X_{13} + 4X_{14} + 3X_{15} + \\
& + 4X_{21} + 4X_{23} + 0X_{24} + 1X_{25} + \\
& + 0X_{31} + 4X_{32} + 4X_{34} + 3X_{35} + \\
& + 4X_{41} + 0X_{42} + 4X_{43} + 1X_{45} + \\
& + 3X_{51} + 1X_{52} + 3X_{53} + 1X_{54}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
= \; & 4X_{12} + 4X_{14} + 3X_{15} + 4X_{21} + 4X_{23} + X_{25} + 4X_{32} + \\
& 4X_{34} + 3X_{35} + 4X_{41} + 4X_{43} + X_{45} + 3X_{51} + X_{52} + \\
& 3X_{53} + X_{54}
\end{aligned}
$$

Restriccion: 1. $\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1$

$i = 1 \quad X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 1$

$i = 2 \quad X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} = 1$

$i = 3 \quad X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 1$

$i = 4 \quad X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} = 1$

$i = 5 \quad X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} = 1$

Restriccion: 2. $\sum_{j=1}^{n} x_{jj} = p$

$X_{11} + X_{22} + X_{33} + X_{44} + X_{55} = 2$ (valor arbitrario)

Restricción: 3. $x_{ij} \leq x_{jj} \longrightarrow x_{ij} - x_{jj} \leq 0$

$$X_{21} - X_{11} \leq 0 \qquad X_{13} - X_{33} \leq 0 \qquad X_{15} - X_{55} \leq 0$$
$$X_{31} - X_{11} \leq 0 \qquad X_{23} - X_{33} \leq 0 \qquad X_{25} - X_{55} \leq 0$$
$$X_{41} - X_{11} \leq 0 \qquad X_{43} - X_{33} \leq 0 \qquad X_{35} - X_{55} \leq 0$$
$$X_{51} - X_{11} \leq 0 \qquad X_{53} - X_{33} \leq 0 \qquad X_{45} - X_{55} \leq 0$$

$$X_{12} - X_{22} \leq 0 \qquad X_{14} - X_{44} \leq 0$$
$$X_{32} - X_{22} \leq 0 \qquad X_{24} - X_{44} \leq 0$$
$$X_{42} - X_{22} \leq 0 \qquad X_{34} - X_{44} \leq 0$$
$$X_{52} - X_{22} \leq 0 \qquad X_{54} - X_{44} \leq 0$$

Aplicando 'Software' de Programación Lineal (QSB en éste caso):

$X_{13} = 1$
$X_{22} = 1$
$X_{33} = 1$
$X_{42} = 1$
$X_{52} = 1$

Por definición de X_{ij} :

Familia 1 = { 1, 3 }

Familia 2 = { 2, 4, 5 }

En base a la matriz de incidencia:

Celda 1 = { B, D }
Celda 2 = { A, C }

APENDICE F

Modelo P-Median: Listado de Datos de Entrada y Resultados

```
in          X11 +4.00000X12         X13 +4.00000X14 +3.00000X15
   +4.00000X21         X22 +4.00000X23         X24 +1.00000X25
            X31 +4.00000X32         X33 +4.00000X34 +3.00000X35
   +4.00000X41         X42 +4.00000X43         X44 +1.00000X45
   +3.00000X51 +1.00000X52 +3.00000X53 +1.00000X54         X55
ubject to
1)  +1.00000X11 +1.00000X12 +1.00000X13 +1.00000X14 +1.00000X15
            X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 = +1.00000
2)          X11         X12         X13         X14         X15
   +1.00000X21 +1.00000X22 +1.00000X23 +1.00000X24 +1.00000X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 = +1.00000
4)          X11         X12         X13         X14         X15
            X21         X22         X23         X24         X25
   +1.00000X31 +1.00000X32 +1.00000X33 +1.00000X34 +1.00000X35
            X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 = +1.00000
 )          X11         X12         X13         X14         X15
```



```
 )          X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
   +1.00000X41 +1.00000X42 +1.00000X43 +1.00000X44 +1.00000X45
            X51         X52         X53         X54         X55 = +1.00000
)           X11         X12         X13         X14         X15
            X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
   +1.00000X51 +1.00000X52 +1.00000X53 +1.00000X54 +1.00000X55 = +1.00000
)  +1.00000X11         X12         X13         X14         X15
            X21 +1.00000X22         X23         X24         X25
            X31         X32 +1.00000X33         X34         X35
            X41         X42         X43 +1.00000X44         X45
            X51         X52         X53         X54 +1.00000X55 = +2.00000
 )  -1.00000X11         X12         X13         X14         X15
   +1.00000X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 ¾ _____
 )  -1.00000X11         X12         X13         X14         X15
            X21         X22         X23         X24         X25
   +1.00000X31         X32         X33         X34         X35
```



```
)           X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 ¾ _____
)  -1.00000X11         X12         X13         X14         X15
            X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
   +1.00000X41         X42         X43         X44         X45
            X51         X52         X53         X54         X55 ¾ _____
0)  -1.00000X11         X12         X13         X14         X15
            X21         X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
   +1.00000X51         X52         X53         X54         X55 ¾ _____
1)          X11 +1.00000X12         X13         X14         X15
            X21 -1.00000X22         X23         X24         X25
            X31         X32         X33         X34         X35
            X41         X42         X43         X44         X45
```

	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
12)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	-1.00000X22	X23	X24	X25	
	X31	+1.00000X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	

Input Data Describing Your Problem SIM Page 4

13)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	-1.00000X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	+1.00000X42	X43	X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
14)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	-1.00000X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	
	X51	+1.00000X52	X53	X54	X55 ¾	
15)	X11	X12	+1.00000X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	-1.00000X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
16)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	+1.00000X23	X24	X25	
	X31	X32	-1.00000X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
17)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	

Input Data Describing Your Problem SIM Page 5

17)	X31	X32	-1.00000X33	X34	X35	
	X41	X42	+1.00000X43	X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
18)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	-1.00000X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	
	X51	X52	+1.00000X53	X54	X55 ¾	
19)	X11	X12	X13	+1.00000X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	-1.00000X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
20)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	+1.00000X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	-1.00000X44	X45	
	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
21)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	+1.00000X34	X35	
	X41	X42	X43	-1.00000X44	X45	

Input Data Describing Your Problem SIM Page 6

21)	X51	X52	X53	X54	X55 ¾	
22)	X11	X12	X13	X14	X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	-1.00000X44	X45	
	X51	X52	X53	+1.00000X54	X55 ¾	
23)	X11	X12	X13	X14	+1.00000X15	
	X21	X22	X23	X24	X25	
	X31	X32	X33	X34	X35	
	X41	X42	X43	X44	X45	

```
        _______X51 _______X52 _______X53 _______X54 -1.00000X55 ¾ _______
24)     _______X11 _______X12 _______X13 _______X14 _______X15
        _______X21 _______X22 _______X23 _______X24 +1.00000X25
        _______X31 _______X32 _______X33 _______X34 _______X35
        _______X41 _______X42 _______X43 _______X44 _______X45
        _______X51 _______X52 _______X53 _______X54 -1.00000X55 ¾ _______
25)     _______X11 _______X12 _______X13 _______X14 _______X15
        _______X21 _______X22 _______X23 _______X24 _______X25
        _______X31 _______X32 _______X33 _______X34 +1.00000X35
        _______X41 _______X42 _______X43 _______X44 _______X45
        _______X51 _______X52 _______X53 _______X54 -1.00000X55 ¾ _______
26)     _______X11 _______X12 _______X13 _______X14 _______X15
                   Input Data Describing Your Problem SIM    Page  7

26)     _______X21 _______X22 _______X23 _______X24 _______X25
        _______X31 _______X32 _______X33 _______X34 _______X35
        _______X41 _______X42 _______X43 _______X44 +1.00000X45
        _______X51 _______X52 _______X53 _______X54 -1.00000X55 ¾ _______
```

Summarized Results for SIM Page : 1

Variables No.	Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No.	Names	Solution	Opportunity Cost
1	X11	0	0	16	X41	0	+3.0000000
2	X12	0	+4.0000000	17	X42	+1.0000000	0
3	X13	+1.0000000	0	18	X43	0	+3.0000000
4	X14	0	+4.0000000	19	X44	0	0
5	X15	0	+3.0000000	20	X45	0	0
6	X21	0	+4.0000000	21	X51	0	+2.0000000
7	X22	+1.0000000	0	22	X52	+1.0000000	0
8	X23	0	+4.0000000	23	X53	0	+2.0000000
9	X24	0	0	24	X54	0	0
10	X25	0	+1.0000000	25	X55	0	0
11	X31	0	0	26	A1	0	0
12	X32	0	+3.0000000	27	A2	0	0
13	X33	+1.0000000	0	28	A3	0	-1.0000000
14	X34	0	+3.0000000	29	A4	0	-1.0000000
15	X35	0	+2.0000000	30	A5	0	-1.0000000

Minimum value of the OBJ = 1 (multiple sols.) Iters. = 10

Summarized Results for SIM Page : 2

Variables			Opportunity	Variables			Opportunity

No.	Names	Solution	Cost	No.	Names	Solution	Cost
31	A6	0	+1.0000000	42	S17	+1.0000000	0
32	S7	0	0	43	S18	+1.0000000	0
33	S8	0	+1.0000000	44	S19	0	0
34	S9	0	0	45	S20	0	0
35	S10	0	0	46	S21	0	0
36	S11	+1.0000000	0	47	S22	0	0
37	S12	+1.0000000	0	48	S23	0	0
38	S13	0	+1.0000000	49	S24	0	0
39	S14	0	0	50	S25	0	0
40	S15	0	0	51	S26	0	0
41	S16	+1.0000000	0				

Minimum value of the OBJ = 1 (multiple sols.) Iters. = 10

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1). Anuario estadístico de la Industria Química Mexicana.

2). Asociación de la Industria Química A.C.

3).Bedworth-Henderson-Wolfe, Computer Integrated Design and Manufacturing,1991.

4). Black J.T., The Design of Manufacturing Cells (Step One to Integrated Manufacturing Systems), Procedings of Manufacturing International, April 1988.

5). Black J.T., The Design of the Factory with a Future, 1991.

6). Competitividad de los Sectores Clave de Nuevo León, Centro de Estudios Estratégicos, ITESM Campus Monterrey.

7). Dieck Assad Antonio, Notas del curso: Introducción a los Sistemas de Manufactura, Ago-Dic 1992.

8). Dieck Assad Antonio, Notas del curso: Seminario de Procesos de Manufactura, Ene-May 1992.

9). Diplomado en Sistemas de Manufactura, ITESM Campus Monterrey, Verano 1993.

10). Expansión (Publicaciones Periódicas), Datos Estadísticos, 1992.

11). García Duna Eduardo, Notas del Curso de Modelación y Simulación de Sistemas de Manufactura, Ene-May 1993.

12). Groover M.P., Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing, 1987.

13). Gunn Thomas G., Manufacturing for Competitive Advantage Becoming a World Class Manufacturer, Bellinger Publisher Company, USA, 1987.

14). Hales H. Lee, How Small Firms Can Approach, Benefit from Computer-Integrated Manufacturing Systems, Industrial Engineering, June 1984.

15). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Manuales de Datos Estadísticos, 1992-1993.

16). James H., Control de la Producción, 1989.

17). Kusiak Andrew, Intelligent Manufacturing Systems, 1990.

18). Lozano G. Oscar, Justo a Tiempo, Productividad, May-Jun. 1989.

19). Lozano G. Oscar, El Enfoque Japonés en la Administración de la Manufactura, Productividad, Febrero 1988.

20). Malavé Cesar O., Assesment of R&D Needs and Opportunities in Assembly, Industrial Survey Florida Institute of Technology,1992.

21). Malavé Cesar O., Notas del Curso: Sistemas Integrados de Manufactura, Verano 1992.

22). Mize J.H. & Seifert D.J., CIM: A General View of the Factory, Industrial Engineering, 1985.

23). Morales Juvera Isaías, Administarción Tecnológica de un Sistema Flexible de Manufactura (Tesis), ITESM Campus Monterrey, Verano 1992.

24). Moras R. & Dieck A.J., Industrial Applications of Just-in-Time: Lessons to Be Learned, Production and Inventory Managment Journal, 1992.

25). Nazemetz-Mamer-Sadowsky, Computer Integrated Manufacturing Systems: Selected Readings, 1992.

26). Owen V.Jean, Flexible Justification for Flexible Cells, Manufacturing Engineering, September 1990.

27). Owen V.Jean, Justifying Manufacturing Flexibility, Manufacturing Engineering, March 1991.

28). Pasmore William, Designing Efective Organization, 1990.

29). Rodríguez Leonardo, Planificación, Organización y Dirección de las Pequeñas Empresas, 1989.

30). Sánchèz J. M., Lecturas del Curso: Sistemas Integrados de Manufactura, Ago-Dic 1992.

31). Schmelkes Corina, Manual para la Presentación de Anteproyectos e Informes de Investigación, 1988.

32). Schonberger Richard J., Japanese Manufacturing Techniques, 1990.

33). Schonberger Richard J., World Class Manufacturing, 1989.

34). Sumario Estadístico de Comercio Exterior, Abril 1991.

35). Terán G. Jorge., Flexibilidad en los Sistemas de Manufactura, Productividad, Sept-Oct. 1988.

36). Terán G. Jorge, MRPII; Un remedio de Uso Delicado, Productividad, Ene-Feb 1991.

37). Terán G. Jorge, Planeación de Recursos de Manufactura (MRPII), Productividad, Jul-Ago. 1988.