



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE UNA LÍNEA DE
ENSAMBLE DE CAMIONES Y
SIMULACIÓN DE
ALTERNATIVAS DE MEJORA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
FRANCISCO PÉREZ PEREYRA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE ROJAS RAMÍREZ



**MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO
NOVIEMBRE DE 2007.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DIRECCIÓN

M. en C. Julio César Leines Medécigo
Director de Control Escolar de la
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Presente

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al pasante de la Licenciatura en Ingeniería Industrial: FRANCISCO PEREZ PEREYRA, quien presenta el trabajo de titulación "ANÁLISIS DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE DE CAMIONES Y SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA", después de revisar el trabajo ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE: Ing. Roberto Pichardo Cabrera
PRIMER VOCAL: Dr. Jorge Armando Rojas Ramírez
SEGUNDO VOCAL: Ing. Sergio Blas Ramírez Reyna
TERCER VOCAL: Ing. Artemio Sánchez Cerón
SECRETARIO: M. en I. César Alfonso Arroyo Barranco
PRIMER SUPLENTE: Dr. Juan Carlos Seck Tuoh Mora
SEGUNDO SUPLENTE: M. en C. Yolanda Juárez López

Sin otro particular, le reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Mineral de la Reforma, Hgo., a 6 de diciembre de 2007

pa. Salgado
M. en C. Octavio Castillo Acosta
Director



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	VIII
ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	IX
OBJETIVO GENERAL.....	X
OBJETIVOS PARTICULARES	X
HIPÓTESIS.....	X
JUSTIFICACIÓN	X
CAPÍTULO 1 PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA	1
1.1. DEFINICIÓN DE SISTEMA FLEXIBLE DE MANUFACTURA	2
1.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA FLEXIBLE.....	5
1.2.1. <i>Los materiales en los sistemas flexibles</i>	6
1.2.2. <i>Las máquinas en los sistemas flexibles</i>	7
1.2.3. <i>Manejo de materiales en los sistemas flexibles</i>	8
1.2.4. <i>El subsistema de control en los sistemas flexibles</i>	9
1.2.5. <i>Administración en los sistemas flexibles</i>	11
1.2.6. <i>La mano de obra en la manufactura flexible</i>	13
1.3. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN EN FLEXIBILIDAD	13
1.4. TIPOS DE FLEXIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	15
1.4.1. <i>Flexibilidad de máquina</i>	15
1.4.2. <i>Flexibilidad de rutas</i>	15
1.4.3. <i>Flexibilidad en el sistema de manejo de materiales</i>	15
1.4.4. <i>Flexibilidad de producto</i>	16
1.4.5. <i>Flexibilidad de operación</i>	16
1.4.6. <i>Flexibilidad de proceso</i>	16
1.4.7. <i>Flexibilidad de volumen</i>	16
1.4.8. <i>Flexibilidad de expansión</i>	16
1.4.9. <i>Flexibilidad de mano de obra</i>	17
1.5. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	17
1.6. ASPECTOS CULTURALES DE UN SISTEMA FLEXIBLE.....	21
1.6.1. <i>La repetitividad y la automatización</i>	21
1.6.2. <i>Influencia de la manufactura flexible en el personal</i>	21
1.6.3. <i>El cambio tecnológico en México</i>	22
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DE UN PROCESO DE EJEMPLO EN EL ENSAMBLE DE CAMIONES.....	25
2.1. PRESENTACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA DE EJEMPLO	26
2.1.1. <i>Políticas de creación y de desarrollo</i>	26
2.1.2. <i>Estructura organizacional</i>	32
2.1.3. <i>Objetivos de la empresa</i>	33
2.1.4. <i>Mercado</i>	35
2.1.5. <i>Recursos humanos</i>	36
2.1.6. <i>Recursos materiales</i>	36
2.1.7. <i>Recursos financieros</i>	36
2.2. DESCRIPCIÓN POR ÁREAS FUNCIONALES	37
2.2.1. <i>Área de Investigación de Mercados y Ventas</i>	38
2.2.2. <i>Área de Ingeniería del Producto</i>	38
2.2.3. <i>Área de Ingeniería de Procesos</i>	39
2.2.4. <i>Área de Diseño de Herramental</i>	41
2.2.5. <i>Área de Compras o Suministros</i>	43
2.2.6. <i>Área de Ingeniería de Producción</i>	43

2.2.7. Área de Ingeniería Industrial.....	44
2.2.8. Área de Control de Calidad.....	45
2.2.9. Área de Ingeniería de la Planta.....	47
2.2.10. El funcionamiento del sistema en su conjunto.....	50
2.3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	51
2.3.1. Camión Chasis Cabina DINA-400.....	51
2.3.2. Camión Chasis Cabina DINA-500.....	52
2.3.3. Camión Chasis Cabina DINA-600.....	53
2.3.4. Tractocamión DINA-9400.....	54
2.4. EL ENFOQUE HACIA EL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	55
CAPÍTULO 3 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN.....	56
3.1. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL.....	57
3.1.1. Porcentaje de defectos.....	59
3.1.2. Excesos en los inventarios.....	59
3.1.3. Tamaños de lotes.....	60
3.1.4. Tiempos de proceso.....	60
3.1.5. Polivalencia de los trabajadores.....	60
3.1.6. Confiabilidad del proceso.....	60
3.1.7. Recepción oportuna de la información.....	61
3.1.8. Capacidad instalada.....	61
3.1.9. Tiempo extra.....	61
3.1.10. Herramientas y equipo.....	62
3.1.11. Calidad en proveedores.....	62
3.2. VARIABLES Y RESTRICCIONES DEL PROCESO.....	62
3.3. MEDIDA DEL DESEMPEÑO.....	63
3.4. MODIFICACIONES PROPUESTAS.....	64
3.4.1. Implantación de control de calidad por estación y una zona de rechazos.....	64
3.4.2. Disminución de inventarios.....	64
3.4.3. Mezcla de productos.....	65
3.4.4. Capacitación de personal.....	66
3.4.5. Mejora en polivalencia.....	67
3.4.6. Mejorar confiabilidad del proceso.....	67
3.5. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA.....	69
CAPÍTULO 4 EVALUACIÓN DE LA LÍNEA MEDIANTE SIMULACIÓN.....	71
4.1. PRINCIPIOS DE LA SIMULACIÓN.....	72
4.1.1. Ventajas y desventajas de la simulación.....	73
4.1.2. Elementos de un modelo de simulación de sucesos discretos.....	74
4.1.3. Etapas en un modelo de simulación.....	75
4.2. DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR EMPLEADO.....	77
4.2.1. Características de ProModel.....	77
4.2.2. Simulación de sistemas de manufactura y de manejo de materiales.....	78
4.2.3. Medidas de desempeño en la simulación.....	79
4.3. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANUFACTURA.....	79
4.3.1. Localidades.....	80
4.3.2. Entidades.....	81
4.3.3. Operarios.....	81
4.3.4. Procesos.....	82
4.3.5. Llegadas.....	82
4.3.6. Réplicas.....	82
4.4. EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN.....	83
4.4.1. Control de calidad por estación.....	83
4.4.2. Disminución de capacidad de los almacenes.....	83
4.4.3. Tamaños de lote pequeños.....	83
4.4.4. Menores tiempos y variación de proceso.....	84

4.4.5. <i>Trabajadores polivalentes</i>	84
4.4.6. <i>Menor número de fallas de máquina</i>	84
4.5. RESULTADOS OBTENIDOS	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXO A: CÓDIGO DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	A -1
GLOSARIO DE TÉRMINOS	G -1

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN POR VARIEDAD DE PRODUCTO Y VOLUMEN.	14
FIGURA 2.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA DINA CAMIONES.	26
FIGURA 2.2. VISTA AÉREA DEL GRUPO DIESEL NACIONAL.	31
FIGURA 2.3. ORGANIGRAMA DE DINA CAMIONES S.A. DE C.V.	32
FIGURA 2.4. CAMIÓN CHASIS CABINA MODELO DINA - 400.	52
FIGURA 2.5. CAMIÓN CHASIS CABINA MODELO DINA - 500.	53
FIGURA 2.6. CAMIÓN CHASIS CORAZA MODELO DINA - 500.	53
FIGURA 2.7. CAMIÓN CHASIS CABINA MODELO DINA - 600.	54
FIGURA 2.8. TRACTOCAMIÓN MODELO 9400 EN DIFERENTES APLICACIONES.	54
FIGURA 2.9. DIAGRAMA DEL FLUJO DE ENSAMBLE DE UN CAMIÓN.	57
FIGURA 4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO GENERAL DE SIMULACIÓN.	76
FIGURA 4.2. PANTALLA DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE.	80
FIGURA 4.3. RESULTADO GRÁFICO DE LA OPERACIÓN PARA LAS LOCALIDADES DEL MODELO. ..	86
FIGURA 4.4. RESULTADO GRÁFICO DE LOS ESTADOS DE FUNCIONAMIENTO PARA LA LOCALIDAD ESTACIÓN 3.	87
FIGURA 4.5. RESULTADO GRÁFICO DE LA EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA VARIABLE “CONTENIDO DE ALMACÉN”	87

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1. CLASE DE VEHÍCULO Y SERVICIO	54
TABLA 4.1. VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN EN DISTINTAS ETAPAS DE UN PROYECTO	73
TABLA 4.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	85

INTRODUCCIÓN

En la labor del ingeniero industrial está implicada la toma de decisiones acerca de los sistemas de manufactura. Se dispone de técnicas tradicionales, de modelos matemáticos y de programas de computadora en auxilio de esta actividad. Más recientemente se han desarrollado los simuladores de procesos, cuya funcionalidad no es aún del dominio generalizado, en razón de su costo y de la preparación técnica requerida para su utilización eficiente.

Por otra parte, es necesario identificar el tipo de problemas de producción para el cual es adecuado el uso de esta herramienta. Una oportunidad de aplicarla y de comprender sus ventajas y limitaciones la ofrecen los procesos industriales que se llevan a cabo en empresas de la región de Ciudad Sahagún, partiendo del hecho de que en la actualidad se encuentran sometidos a una grave problemática derivada de la fuerte competencia y de ineficiencias y baja calidad, en un entorno complejo.

Es precisamente en los casos para los cuales no se aplican técnicas simples para los que la simulación se vislumbra como una posibilidad de apoyo a la solución. En particular, se ha seleccionado el caso de estudio de un proceso de fabricación de camiones para el presente proyecto.

En esta tesis se aborda en particular la comparación de propuestas de mejora del proceso y de su evaluación por simulación, como una aportación para llegar a un conocimiento más

sustentado de la pertinencia de aplicar esta metodología a situaciones complejas por naturaleza y de observar la correspondencia entre ambas.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El capítulo uno se avoca a la descripción de los principios de los sistemas de manufactura, con énfasis en las tecnologías recientes que les otorgan flexibilidad como una cualidad para adaptarse más rápidamente a las condiciones de los mercados cambiantes en un entorno competitivo. Se abordan los elementos que conforman al sistema, sus variantes, sus requisitos, aspectos técnicos, económicos y culturales, así como su aplicabilidad en los procesos de este país.

En el capítulo dos se describe la empresa de fabricación como representativa de la realidad nacional en cuanto al entorno de la toma de decisiones. Se presentan las generalidades de la compañía, su estructura, sus funciones y se describen los productos más comunes.

En seguida, en el capítulo tres se lleva a cabo en particular el análisis del proceso de fabricación de camiones en DINA, con un diagnóstico del desempeño alcanzado. También en éste se proponen las variables que constituyen oportunidades potenciales de mejora del proceso, y que aplican los conceptos que, de acuerdo con las filosofías de sistemas flexibles, representan las decisiones más promisorias.

Por último, dentro del capítulo cuatro se lleva a cabo el modelo de simulación de la línea de fabricación resultante del análisis, para su evaluación. Se definen los principios de la simulación, la descripción del software utilizado, la manera de realizar los experimentos, para llegar a los resultados, junto con su interpretación. De ahí se plantean las conclusiones y recomendaciones más relevantes del proyecto.

OBJETIVO GENERAL

Proponer las acciones de mejora en productividad del proceso que se realiza en una línea de ensamble de camiones, que apliquen los principios de la manufactura flexible y comprueben su efectividad en un software simulador de procesos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Conceptualizar los sistemas de producción en la fabricación automotriz, junto con la flexibilidad en la manufactura y otros avances recientes
- Analizar y diagnosticar el proceso productivo en una empresa regional de ensamble de camiones
- Proponer las modificaciones al proceso con elementos y principios de la manufactura flexible para aumentar la productividad
- Simular en computadora el proceso de producción de ejemplo, antes y después de las mejoras propuestas
- Analizar los resultados y establecer las conclusiones

HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea para este trabajo de tesis se enuncia como sigue: al aplicar las herramientas computacionales de simulación a los sistemas de manufactura, la toma de decisiones será más eficiente, ya que los resultados de los experimentos se podrán evaluar numéricamente y comparar entre ellos.

JUSTIFICACIÓN

Los procesos de producción tradicionales han mostrado desventajas ante la dinámica de la economía nacional e internacional, reflejada en mayor competitividad, mejor calidad, mayor complejidad del diseño, mayor diversificación del producto o menor tiempo de respuesta al cliente. Una de las soluciones que se plantean en la teoría es la flexibilidad, pero, para una

empresa que desee implantarla, representa la comprensión de sus bases de funcionamiento y de las modalidades con factibilidad técnica y económica.

Por esta razón, en el trabajo de tesis se pretende definir el dominio de la flexibilidad en la manufactura, de manera conceptual y funcional, así como conocer las particularidades de una línea de ensamble de camiones, para estar en posibilidades de dar respuesta a las interrogantes sobre los elementos del sistema que deben ser flexibles, los efectos de éstos en el desempeño del sistema de manufactura y la evaluación numérica de este beneficio, mediante la utilización de la simulación por computadora.

Como resultados esperados de la realización del proyecto, al ser implantados en la industria, se deberán lograr la eliminación de desperdicios, la mejora de los tiempos de proceso por mejor capacitación de los operarios y mejor utilización de las máquinas, la reducción de los tiempos de preparación y de los tiempos de espera, la disminución de las tasas de fallas de las máquinas, la generación de un menor número de productos defectuosos, así como la entrega al cliente de los productos con la calidad correcta.

Dada la interacción de múltiples variables en procesos como el de este caso de estudio, es importante llegar a conocer el potencial de la metodología de la simulación en la clarificación de la situación para captar la complejidad y de permitir al tomador de decisiones en el proceso observar las relaciones entre efectos y causas, puesto que no es factible hacerlo de manera intuitiva, ni dispone de la oportunidad de llevar a cabo experimentaciones directamente sobre el sistema real.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA

El entorno de la producción industrial en la década de los ochenta marca un cambio de orientación de las políticas en los sistemas de producción industrial, que han pasado de estar centradas en el producto, a una economía de escala, o sea a considerar el proceso como base.

El mercado se caracteriza por una disminución de la tasa de crecimiento, una diversificación del producto para adaptarse a necesidades específicas de los clientes, una mayor exigencia de calidad y una competencia de ámbito mundial. Los clientes son cada día más exigentes y basan sus decisiones de compra en elaborados estudios comparativos sobre las distintas opciones que se les presentan. Además, los recursos necesarios, sean materiales, energía, capital o mano de obra, sufren un constante encarecimiento.

Los sistemas de manufactura convencionales, diseñados para elaborar un producto estándar en gran serie, se encuentran, por un lado, con nivel de demanda variables y, por otro, con la imposibilidad de atender a costo razonable, pedidos de variantes del producto estándar.

El cumplimiento de los niveles de calidad que exige el cliente sólo puede conseguirse a costos muy elevados. Además, no pueden reaccionar con la agilidad necesaria a las innovaciones del producto.

Los comentarios clásicos de ventas y la realidad que viven son:

- “¿Por qué nunca tenemos en almacén el producto solicitado?”
- “Nuestros tiempos de respuesta son demasiado prolongados”
- “Nuestros costos no son competitivos”
- “¿Por qué no mejora la calidad de nuestro producto?”
- “Necesitamos un producto nuevo”
- “No tenemos suficiente gama de variantes”
- “Los problemas y costos de los servicios de garantía son muy altos”.

Estas preocupaciones se enfrentan con los comentarios de producción, consecuencia de la realidad de los métodos y el equipo de fabricación, como los siguientes:

- “¿Por qué no tienen buenos pronósticos de venta?”
- “Necesitamos programas estables, que no cambien”
- “Una gama amplia provoca series cortas y no rentables”
- “¿Por qué no tener en almacén existencias de todos los productos?”
- “Es imposible introducir tantas modificaciones del producto”.

El resultado de esta separación entre mercado y producción se traduce en excesos de almacén cada día más obsoletos, un equipo industrial inutilizado, una reducción de los puestos de trabajo y, en consecuencia, pérdidas. Para muchas empresas este panorama de crisis no significa sino cerrar la planta. Pero para otras aparece la oportunidad de insertarse en las nuevas condiciones y la modificación de las estrategias, para adecuar el producto, flexibilizar la producción, adaptarse a las variaciones del mercado y los demás clientes y, al mismo tiempo, conseguirlo a unos costos competitivos.

1.1. DEFINICIÓN DE SISTEMA FLEXIBLE DE MANUFACTURA

La tecnología industrial que ha mostrado ser más adecuada para las condiciones del entorno actual de alta competitividad es la que aplica la flexibilidad en la fabricación (Ferré, 1988).

No es correcto identificar a los sistemas de manufactura flexibles con una automatización integral de la fábrica, ni con grandes inversiones de capital y exclusiva de grandes compañías transnacionales, dado que se observan diversas experiencias de aplicación de tecnologías flexibles en industrias pequeñas y medianas.

Para conseguir la rentabilidad de la empresa en las actuales condiciones del mercado, las políticas de producción se orientan según los siguientes criterios:

- Flexibilidad del producto y de los procesos de producción
- Calidad y confiabilidad del producto
- Predictibilidad y confiabilidad del proceso
- Integración de producto, proceso y organización
- Reducción de tiempos de respuesta para el lanzamiento de nuevos productos
- Eliminación del gasto no estrictamente necesario
- Reducción de los tiempos de preparación y de espera
- Automatización de los procesos
- Aumento de la productividad global.

Los objetivos del sistema de producción buscan no sólo alcanzar los niveles de productividad y costo parecidos a los de los sistemas más especializados, sino también una política de racionalización y optimización de la producción que permita en conjunto, alcanzar niveles de excelencia muy por encima de la producción con medios convencionales.

Una mejora sería aplicar los conceptos de la manufactura flexible, basada en máquinas automatizadas controladas por computadoras, una mejor utilización de las instalaciones, un mayor de la producción, con menos almacenamiento y una mano de obra capacitada.

Conceptualmente, un sistema de manufactura flexible, en primer lugar, cumple con la definición de sistema, en que un conjunto de procesos trabaja en forma coordinada para lograr un objetivo común.

A partir de la definición de diccionario, que dice que flexibilidad es la disposición a ceder y acomodarse fácilmente a un dictamen o resolución de otro, el término se utiliza en

producción para resaltar la facultad de abarcar una gran variedad de productos, además de hacerlo sin dificultad.

En complemento, su expresión en la práctica de la manufactura requiere de otros elementos que ayuden a la flexibilidad, como la estandarización, la automatización y la administración de los materiales, las máquinas y otros recursos.

En conjunto, la manufactura flexible es la tecnología de fabricación más adecuada para pequeñas y medianas empresas que trabajan por lotes y con gran variedad de producción.

Cotejando el concepto con la literatura técnica, un sistema flexible es un proceso de bajo control automático, capaz de producir una variedad de productos dentro de una gama determinada.

Es una tecnología que ayuda a optimizar la fabricación con mejores tiempos de respuesta determinar costo unitario y calidad más alta, mediante mejores sistemas de control. Es un sistema de manufactura formado por máquinas e instalaciones enlazadas entre sí por un sistema común de transporte y control de forma que exista la posibilidad dentro de un margen determinado de realizar diversas tareas correspondientes a piezas diferentes sin necesidad de interrumpir el proceso de fabricación para las preparaciones.

Como recopilación de las ventajas que ofrecen los sistemas flexibles respecto a los convencionales destacan:

- Respuesta rápida a cambios de mercado
- Aumento en el volumen de ventas
- Reducción en el nivel y control exacto de inventarios
- Racionalización del diseño del producto y del proceso de manufactura
- Reducción del costo de la mano de obra directa e indirecta
- Mejora de la confiabilidad del proceso con reducción de fallas y retrabajos
- Mejora de la calidad y fiabilidad del producto
- Altos niveles de utilización del equipo

1.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA FLEXIBLE

El sistema flexible es una herramienta de producción muy potente a disposición de empresas para mejorar su posición competitiva en el actual entorno industrial. En este ámbito de manufactura flexible, los elementos más significativos son:

- Máquinas y equipos de producción automáticos, con cambios de piezas y herramientas que les permite trabajar autónomamente durante periodos de tiempo, de al menos un turno de trabajo;
- Sistemas de transporte automáticos para piezas y herramientas entre almacenes y máquinas;
- Variedad de piezas distintas dentro de una gama predeterminada, con sistemas de identificación y en correspondencia con la selección de los procesos adecuados;
- Sistema de administración de materiales, máquinas, herramientas, dentro de las filosofías actuales de bajos inventarios, entregas a tiempo y alta confiabilidad;
- Sistemas computarizados de monitoreo e información.

Se describen los elementos que conforman a los sistemas flexibles, tomando como guía el trabajo de Ferré Masip (1988). La subdivisión toma en cuenta los materiales, las máquinas de producción, los mecanismos de manejo y transporte, el control y la administración.

Los sistemas de manufactura flexibles poseen:

1. Características de flexibilidad:

- posibilidad de maquinar varias piezas de distinta forma
- almacenamiento de un gran número de programas de trabajo;

2. Características de automatización:

- se automatiza el proceso de maquinado
- se automatiza el cambio de herramientas y de piezas
- se automatiza el transporte de piezas y la limpieza de las mismas, entre otras;

3. Características de productividad:

- rapidez en los cambios de herramienta y pieza

- funcionamiento sin operarios al menos durante un turno de trabajo;
4. Características de confiabilidad del proceso:
- control del desgaste de herramienta
 - control de condiciones de corte, etcétera.

1.2.1. Los materiales en los sistemas flexibles

Con el crecimiento industrial y el desarrollo que conlleva, en un taller se hace necesario definir agrupaciones o familias de piezas, de acuerdo con su diseño y sus condiciones de manufactura, en el concepto de tecnología de grupos.

A partir de ésta se tiene la certeza de cuáles y cuántas células de producción se requieren y, entonces, se busca tener un programa de estandarización no sólo de piezas sino de ciclos de operación y herramientas utilizadas.

La tecnología de grupos es un método efectivo que racionaliza la producción y sirve:

- En la ingeniería de producto, para localizar piezas similares y evitar diseñar nuevas;
- En la ingeniería de procesos, para establecer métodos de fabricación iguales;
- En la producción, para organizar la planta en células o grupos de máquinas para fabricar todas las piezas de una familia;
- Y en otras complementarias.

Se mencionan algunas ventajas al usar esta tecnología:

- Reducción de tiempos de producción;
- Reducción de dibujos por eliminación de piezas similares; y
- Mejoría en la utilización de recursos.

Una tarea fundamental en la tecnología de grupos es la de definir familias de piezas. En un caso la característica más importante en un producto es la forma y en otro caso la es el

proceso de producción. Para efectos de clasificación se usan ambas características mediante cuatro métodos: inspección ocular; nomenclatura; análisis de ciclo de mecanizado; codificación.

Dentro de los sistemas de codificación se tienen los llamados atributos de diseño tales como: forma exterior, forma interior, dimensiones principales, material, etcétera; y se tienen también los llamados atributos de manufactura, tales como operaciones principales, operaciones secundarias, acabado superficial, tolerancias, secuencia de operaciones, etcétera.

1.2.2. Las máquinas en los sistemas flexibles

Un aspecto importante de la producción flexible lo representa la máquina de control numérico, que facilita el maquinado de una variedad de piezas con sólo programarla o reprogramarla e incorporándole nuevas funciones, cada vez más flexibles. Estas funciones se dividen en:

- Maquinado (incorporando más operaciones elementales para una total elaboración de la pieza);
- Herramientas (incorporando cambios automáticos de la misma);
- Piezas (incorpora la función de carga y descarga de piezas en bruto a maquinar);
- Funciones auxiliares (refrigeración, lubricación, evacuación de virutas, otras).

Dentro de las funciones de maquinado es importante señalar que la rigidez de la máquina juega un papel preponderante, debido a la aparición de herramientas a base de carburos y materiales cerámicos duros, aumentando con esto las velocidades de corte generando a su vez esfuerzos en la estructura de la máquina y exigiendo así una mayor robustez; a la vez la estabilidad térmica es exigida ya que dentro del sistema aparecen diferencias de temperaturas entre pieza, herramienta y distintas partes de la máquina.

Con respecto a la herramienta una función requerida es la comprobación del desgaste de la misma, así como comprobación de inventarios de herramental, que se encuentra en algún

compartimiento junto a la máquina. De esta misma manera, es importante señalar que, como función auxiliar, la refrigeración es indispensable, debido a los calentamientos por las potencias desarrolladas al tener velocidades de corte elevadas, añadiendo que, el flujo de refrigerante alivia la disipación de calor entre pieza y herramental, además de evacuar la viruta.

Por otro lado, la inspección de calidad en la producción flexible se hace cada vez más aguda, debido al grado de automatización y desatendido de la línea misma de producción; la inspección entonces genera desventajas como la disminución de la productividad por el paro en el tiempo de inspección, entorno poco adecuado para mediciones de precisión.

En el montaje flexible, el robot juega un rol importante en el montaje automático y simultáneo de varios modelos, piezas o partes; estos montajes exigen robots con elevada velocidad de desplazamiento, precisión y repetibilidad o identificación de objetos, ya que el montaje realizado por robots es mucho más lento que el hecho por una máquina automática.

1.2.3. Manejo de materiales en los sistemas flexibles

Dentro de la producción flexible y para todo tipo de elementos (materiales, piezas, herramientas, elementos de fijación) se tienen las siguientes funciones:

- Almacenamiento general y a pie de máquina;
- Transporte entre almacenes y máquinas y entre éstas;
- Manipulación de carga y descarga;
- Identificación de los materiales;
- Control de cantidad ubicación y estado.

Todas las funciones anteriores se desarrollan prácticamente sin presencia humana (automáticamente) y se entiende que, la automatización es posible desde el punto de vista material y técnico pero tal vez sea no rentable desde el punto de vista económico.

Una técnica que ayuda a la eliminación de inventarios (meta dentro de los sistemas flexibles) y que proporciona mayor flexibilidad es el justo a tiempo, que tiende a colocar las piezas y herramientas a pie de máquina. Junto a lo anterior el sistema de transporte debe garantizar el continuo abastecimiento de piezas entre máquinas, según esto, se trata de: mantener inventario en las máquinas de las células flexibles, y establecer un sistema de transporte fiable y eficiente entre máquinas y almacenes de las líneas (de producción)

Si el recorrido de piezas dentro de líneas complejas de producción es aleatorio, entonces el sistema de transporte más usado es el de los vehículos guiados automatizados.

Aunque no esté bien definida la diferencia entre manipuladores y robots, éstos son los elementos más usados en las máquinas de las células flexibles para el cambio tanto de piezas como de herramientas. Los manipuladores o robots cargan la pieza a maquinar según un programa de maquinado dentro de la célula de producción y, en función del mismo, se programa, se selecciona y se carga también la herramienta.

1.2.4. El subsistema de control en los sistemas flexibles

Dentro del sistema de control, el cual consta tanto de dispositivos electrónicos como de una serie de programas de las distintas secuencias de operaciones, residen las funciones de gobierno, y estas funciones constituyen de hecho al sistema de coordinación y mando para que el conjunto de máquinas y herramientas trabaje automáticamente.

El diseño, instalación y funcionamiento de los programas para el sistema de control es de lo más crítico por ser difícil.

Dentro de las funciones a desarrollar en el sistema de control están:

- Las funciones de automatización (identificación de piezas y selección de programas, orden de ejecución de operaciones elementales, monitoreo de producción, reacción rápida ante rotura de herramientas, etcétera);

- Las funciones de planeación y control de producción (establecer estrategias y planeación de producción, administración de transporte interno, conocer en todo momento estado de producción e inventarios, reacción ante imprevistos);
- La función de administración empresarial (administración de materiales: cálculo de necesidades de inventarios; administración de recursos: máquinas, instalaciones, transportes, almacenes; administración de personal: plantillas de trabajadores, motivación y formación; administración tecnológica: modificaciones e innovaciones en el producto; administración de calidad: verificaciones; administración comercial: mercadotecnia; y administración financiera: contabilidad).

El sistema de control de una célula de producción flexible se llama control de automatización local y es el más cercano al proceso y es el encargado de la automatización de máquina y elementos de transporte y manipulación.

El grado de inteligencia del control puede clasificarse en niveles: nivel 0: servicio, 1: regulación, 2: optimización, 3: adaptación, 4: autogestión.

La estructura funcional del sistema se desglosa en:

- Nivel 0: dado por sensores y actuadores (como servomotores, cilindros neumáticos, motores hidráulicos o sensores de posición, de velocidad, de contacto);
- Nivel 1: dado por controladores de máquinas;
- Nivel 2: administración de automatización de células;
- Nivel 3: administración del control de producción de talleres, y;
- Nivel 4: administración de la empresa.

En general una célula está formada por un número de máquinas de control numérico que va de una a tres (tornos o centros de maquinado), robots de alimentación, almacenes flexibles y carrusel de contenedores controlado por un programador lógico.

Todos los controladores del equipo están conectados a la unidad de control de la célula.

La conexión entre los distintos niveles del sistema de control está a cargo de una red local de comunicaciones.

En otro renglón de ideas referidas al sistema de control, el software de control debe coordinar los elementos de la célula, confección de programas para el maquinado; programación de operaciones de producción; reacción ante imprevistos; creación y actualización de base de datos; etcétera.

1.2.5. Administración en los sistemas flexibles

En la administración de la producción se llega a determinar qué piezas, cantidad y tiempo de producción y en qué familia de máquinas se ha de llevar a cabo la misma. Debido a que la flexibilidad ofrece más alternativas de solución que un sistema tradicional, una producción flexible involucra un grado de complejidad mayor; se pueden tener sistemas de administración rígidos, que desaprovechan las ventajas de la flexibilidad con un equipo instalado a costa de una inversión muy alta, o bien se pueden tener gestiones muy flexibles con complejos procedimientos y modelos matemáticos complicados y difíciles de interpretar y manejar que impidan su operación.

En un sentido estricto de interpretación, la administración de un sistema flexible puede exigir altos rendimientos en profesionalismo, conocimiento, organización, desempeño y aplicación de los conocimientos, de forma tal que los métodos de administración se vuelven muy difíciles.

Alcanzar estos niveles tecnológicos no es cosa de un día. Pero una manera de simplificar la complejidad es descomponiendo el concepto de administración en dos funciones principales:

- La planeación de la producción (que establece objetivos y líneas para su consecución) y
- El control de producción (que vigila que los resultados estén dentro del plan).

La planeación cubre objetivos diversos en plazos distintos, una tipificación somera es como sigue: planeación estratégica (plan a 10 años estableciendo mercados y productos); planeación táctica (plazo a 7 años con modificaciones y ampliaciones en la planta productiva); planeación operativa a 5 años (objetivos de mercados, ventas); planeación maestra de producción (plazo de 1 año con programas de fabricación en función de los pronósticos de venta); plan detallado de producción (plazo de 6 a 12 meses del plan de producción de grupos base, variantes y opciones).

Por otro lado, la aplicación de la computadora a las funciones de administración de producción es clásica, iniciándose con el control de inventarios, controlando también el avance de la producción, siguiendo con la carga de máquinas y finalizando con paquetes que integran la administración misma.

En la mayoría de los paquetes computacionales se encuentran los siguientes puntos:

- Administración de datos técnicos (crea, mantiene y utiliza en tiempo real la base de datos técnicos de producción);
- Planeación de producción (incluye el software necesario para desarrollar todas las funciones de planeación hasta llegar a tener el plan director de producción);
- Administración de materiales (procesos fuertemente tipificados donde la aplicación de la computadora es generalizada para control de inventarios, pedidos o suministros);
- Administración de producción de talleres (establece la programación de la producción que fijará las piezas a fabricar en cada taller con un horizonte de semanas).

En conclusión, se establece que la sistematización de una fabricación globalizada dentro de un entorno informático se vuelve compleja, de forma tal que la complejidad aumenta exponencialmente con el grado flexibilidad deseado y con el número de máquinas y piezas a tratar. Una consideración interesante sería poder diseñar un sistema lo más rígido posible dentro de la flexibilidad necesaria.

1.2.6. La mano de obra en la manufactura flexible

A pesar de la automatización de los sistemas de manufactura flexibles, se requiere la participación de recursos humanos para algunas actividades durante el funcionamiento, como:

- Dirigir
- Vigilar
- Mantener
- Alimentar al sistema

Y si se trata de actividades de dirección, las principales son:

- Planeación de la producción
- Solución a desviaciones del funcionamiento normal
- Mantenimiento, afilado, reposición, cambio o reparación de herramental
- Carga y descarga de materiales o piezas.

Además de las operaciones necesarias para el funcionamiento del sistema existen otras:

- Los programadores del control numérico
- Los programadores de información de monitoreo y control del sistema

Según el término del sistema puede darse que:

- Una persona realiza varias funciones en el sistema
- Varias personas llevan a cabo una función.

1.3. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN EN FLEXIBILIDAD

En cuanto al dominio de utilización de los distintos sistemas de fabricación, existe una gran variedad de máquinas y equipos, desde la producción especial por pedido, hasta la fabricación en serie, como se ilustra en la Figura 1.1, con la clasificación de los sistemas de fabricación por variedad de producto y por volumen (Andrés, Aracil y Balaguer, 1986). Hay equipo que maneja grandes lotes de piezas, pero con poca flexibilidad en variedad de las mismas. Es necesario tomar en cuenta que en cada caso la productividad global es distinta.

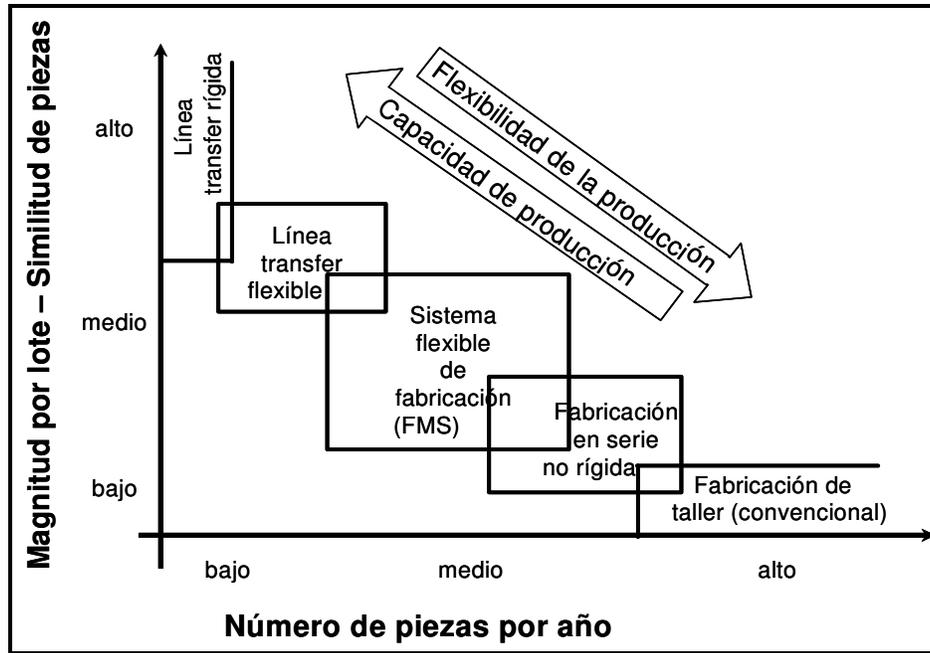


Figura 1.1. Clasificación de sistemas de fabricación por variedad de producto y volumen.

La productividad máxima se consigue con la línea transfer rígida o con máquinas especiales. Estos sistemas están pensados para la fabricación de gran número de piezas iguales o con muy ligeras variantes. Las líneas transfer con enlace flexible entre sus elementos cubren la gama de fabricación de un conjunto de piezas de características geométricas y tecnológicas bastante parecidas en lotes de tipo medio o grande.

Ambos sistemas están estrechamente ligados a gamas de piezas por fabricar en que únicamente pueden realizarse variaciones en el número de piezas a producir o en el tipo de las mismas, a través de un rediseño o una reconfiguración del sistema.

En el extremo opuesto, frente a estos sistemas, se encuentran tanto el proceso de fabricación en taller, convencional, muchas veces manual, que ofrece una alta flexibilidad con el inconveniente de un costo elevado por pieza y, junto a él, la fabricación en serie, no rígida.

Ninguna de las variantes descritas podía atender la producción de lotes medianos de piezas con costo aceptable y con la flexibilidad adecuada para producir una gama de piezas suficientemente amplia que se adapte a las exigencias impuestas por las rápidas variaciones

del mercado. Para cubrir este hueco, se desarrollaron los sistemas de manufactura flexible que conjuntan una fabricación eficiente con una fabricación de una variedad de productos.

1.4. TIPOS DE FLEXIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Las condiciones para que un sistema de manufactura se muestre flexible no caen en una única clasificación. A continuación se describen diferentes áreas de oportunidad para incorporar flexibilidad al sistema.

Es de notar que cada tipo de flexibilidad tiene un cierto costo y está dirigido a atacar un tipo de problema en particular. Se destacan los siguientes (Tsourveloudis y Phillis, 1998):

1.4.1. Flexibilidad de máquina

La flexibilidad de máquina se refiere a la facilidad de realizar cambios en las operaciones que se requieren para fabricar un producto, por lo que es factible de ser evaluada a través del número de operaciones que puede ejecutar una máquina y del tiempo que toma pasar de una operación a otra.

1.4.2. Flexibilidad de rutas

La flexibilidad de rutas señala la habilidad del sistema de producción para fabricar una pieza empleando varios caminos alternativos en el sistema y se encuentra determinada por el número de las rutas potenciales y de las máquinas de reserva o redundantes, para el caso de una falla.

1.4.3. Flexibilidad en el sistema de manejo de materiales

La flexibilidad en el sistema de manejo de materiales es la factibilidad de un sistema de transporte para mover con eficiencia diferentes tipos de piezas entre sitios. Es posible evaluarla por el número, la diversidad y el tiempo de transporte de las piezas.

1.4.4. Flexibilidad de producto

La flexibilidad de producto es la facilidad mediante la cual la mezcla de piezas puede modificarse para fabricar o para ensamblar nuevos productos. Puede ser medida por el tiempo o el costo necesarios para cambiar de una mezcla de piezas a otra.

1.4.5. Flexibilidad de operación

La flexibilidad de operación de una pieza se relaciona con la facilidad de cambiar la secuencia de operaciones requeridas para fabricarla y es medible por el número de secuencias distintas de operaciones que pueden generar la pieza.

1.4.6. Flexibilidad de proceso

La flexibilidad de proceso mide la habilidad de un sistema de manufactura para producir diferentes familias de piezas sin reconfiguración. Un indicador de esta flexibilidad es el número de familias que el sistema puede procesar simultáneamente.

1.4.7. Flexibilidad de volumen

La flexibilidad de volumen es la capacidad del sistema para operar con beneficio para diferentes cantidades de producción. Puede cuantificarse por el rango de volúmenes en los cuales el sistema obtiene beneficio.

1.4.8. Flexibilidad de expansión

La flexibilidad de expansión se refiere a la habilidad de un sistema para agregar módulos. Puede evaluarse por el tiempo o el costo que implica la expansión a una cierta capacidad.

1.4.9. Flexibilidad de mano de obra

La flexibilidad de mano de obra es la facilidad para movilizar al personal entre diferentes áreas de una organización, como resultado de una gran capacitación y diversificación.

De los conceptos de flexibilidad anteriores, y ante la situación problemática que aborda este trabajo, se considera que los dos conceptos más aplicables a los sistemas estudiados son: la flexibilidad de producto y la flexibilidad de mano de obra.

Con estas mejoras la empresa puede responder rápidamente al cambio y lograr ventajas de competitividad con los demás mercados, al cumplir con la necesidad de los clientes.

1.5. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Actualmente el mundo se debate en la urgente necesidad de modernizarse con eficiencia innovación y equidad. La globalización, la apertura económica y la competitividad son fenómenos nuevos a los que tiene que enfrentarse la economía mexicana, pues se sabe que oscila entre las perspectivas de ser considerada como nación del primer mundo y los rasgos propios de país subdesarrollado. La dinámica del sistema obliga a mantener al menos niveles de productividad que generen ganancias para atraer a los inversionistas tanto nacionales como extranjeros, el deseo de superar de los volúmenes de producción, así como el de incrementar los márgenes de ganancia para lograr el ingreso y la permanencia en los mercados, ha conducido a la implementación de nuevas formas de organización del trabajo.

Poco antes de los años ochentas se introdujeron en el país nuevas formas de organización del trabajo que comenzaron por ser moda de algunas, industrias más que una regla de mejora de la productividad y de la calidad. Se indujo a muchas empresas a introducir nuevos esquemas organizativos.

Se buscaban principalmente formas como: Control de calidad (cero errores, círculos de control de calidad, control estadístico del proceso), justo a tiempo, polivalencia y ampliación de funciones de las categorías, movilidad interna; equipos de trabajo; equipos de detección de

fallas; filosofías y políticas de nuevas relaciones humanas y participación, reintegración de funciones de producción con mantenimiento y control de calidad).

Cada empresa es un sistema complejo y humano con características propias, con su cultura y con un sistema de valores que determinan los sistemas de información, así como los procedimientos de trabajo que comprende el clima organizacional como es la tecnología de punta, las políticas de la compañía, las metas operacionales, los reglamentos internos; además de aptitudes, sistemas de valores, forma de comportamiento social, que necesitan tener capacidad innovadora.

En la actualidad, la economía mundial se ha deslumbrado por las numerosas estadísticas que atestiguan la eficiencia de la empresa japonesa en la actividad industrial, además de que ha alcanzado posiciones de predominio en diferentes ramas de punta, superando a norteamericanos y alemanes en la industria automotriz. Arrebató a alemanes y suizos la primacía en las industrias relojera, de artículos fotográficos y de óptica. Puso fin al predominio histórico de los Estados Unidos en campos como el acero, la construcción naval, la fabricación de pianos, las cremalleras para ropa, la electrónica de consumo. Todo ello encerrado en la mayor habilidad de administración empresarial y aumento en la conciencia en los integrantes de las organizaciones.

Para el caso de México parece ser que la visión empresarial ha sido limitada por el influjo de creencias y preconceptos acerca de la administración por lo que se ha estrechado innecesariamente su horizonte, debido a ello, se tienen que enfrentar problemas como los siguientes:

- El desafío en el frente de la práctica gerencial, lo que hace bien no produce más que rendimientos decrecientes, hace falta algo para que las organizaciones funcionen con eficacia
- Se enfrentan cambios en las escalas de valores que rigen a la sociedad por lo que las personas esperan otras cosas de las instituciones y buscan un nuevo sentido del trabajo en sí
- La competencia está matando a la industria nacional.

Este bombardeo ligero y superficial conduce a comportamientos verdaderamente irracionales y antisociales, pues ¿se tiene que actuar de acuerdo a los valores de la moda, desencadenados y magnificados en una sociedad de consumo? O mejor dicho consumista mundial que obliga adoptar y aceptar situaciones y circunstancias que no estén de acuerdo con nuestra realidad de país subdesarrollado, en donde predominan, otros modelos de conducta y de comportamiento basado en la estreches del mercado interno tradicional.

La modernización, la globalización, la apertura comercial, son fenómenos vigentes que afectan a todas las economías del mundo destacando las altamente industrializadas en las que su población, tiene un alto poder adquisitivo *per cápita*, después encontramos a las que son consideradas del tercer mundo, por sus condiciones de escaso desarrollo industrializado y con preponderancia de las actividades primarias, por lo que son consideradas como pobres, además que el ingreso por persona es bajo, pero en común todas ellas están regidas por las exigencias de mercado, el cual cada vez se muestra más difícil de alcanzar y sobre todo de controlar. El aspecto fundamental para cualquier empresa es de mantenerse en la competencia y crecer.

La producción industrial ha tomado el predominio mundial, su expansión ha sido apoyada en forma externa por los organismos multinacionales que influyen al mundo financiero y como complemento de ello no se puede negar que el abatimiento de las fronteras de los países a causa de la globalización económica y financiera que ha generado que la problemática interna se resume a dos grandes factores como lo son la imposición de modelos externos que distorsionan la forma de vida, tanto en lo individual como en lo colectivo y, por otro lado, se presenta la gran diferencia en el potencial productivo y distributivo con que llega a la apertura comercial.

En México las crisis de los setenta y los ochenta permitieron descargar sobre el estado todas las culpas, los malos manejos financieros, olvidando que fue sólo una etapa en el proceso capitalista y que sirvió para poner a los países subdesarrollados por medio de la integración a la economía internacional, pasando del tradicional cambio de materias primas por productos manufacturados a una etapa en la que la sustitución de importaciones los obligó a traer los bienes de capital necesarios para sus incipientes manufacturas. De esta forma la

dependencia de los países industrializados se fue profundizando, al mismo tiempo que los países subdesarrollados se sumían más en la miseria.

En la búsqueda de mejorar la competitividad se han seleccionado procedimientos de trabajo con tecnologías que desplazan a la mano de obra como son los sistemas de manufactura flexible.

Además por la misma segmentación industrial que les corresponde dentro de la nueva división internacional del trabajo en donde las economías se han repartido en fracciones las diversas etapas de los procesos productivos y que por medio del comercio internacional se da la integración del producto final, por lo tanto esto es el resultado de una producción mundial.

Esta nueva forma que ha encontrado el sistema para revitalizarse en su funcionamiento, no rompe con las contradicciones que ha dado paso a las crisis mundiales, pues el permitir que se acelere la mayor concentración del capital en unas cuantas empresas multinacionales que extienden sus operaciones a lo largo de sus amplias zonas de influencia, buscando denodadamente internarse en la de otras grandes empresas.

Por otro lado, como consecuencia de lo anterior se encuentran las grandes disparidades de la riqueza: los que tienen mucho de todo y los que no tienen nada de nada.

La argumentación para continuar con esta estrategia es la libertad de mercados, el beneficio del consumidor, la reducción de costos entre otros conceptos, pero en realidad la lucha es entre las grandes corporaciones que se benefician de las políticas gubernamentales fomentadoras o reguladoras de la actividad económica, pues articulan sus instituciones de tal manera que complementan el desarrollo de sus grandes empresas las cuales a su vez se dan el lujo de disponer de las riquezas de estos países para que se realicen las obras de infraestructura para lograr los grandes rendimientos monetarios propios a la economía y volúmenes a escala (Ferré Masip, 1988).

Esta es la tecnología de fabricación más adecuada para la pequeña y mediana empresa que trabaja por lotes y tiene una gran variedad de producción y su concepto es aplicable a cualquier tipo de proceso productivo, sea mecánico, eléctrico, textil o químico.

1.6. ASPECTOS CULTURALES DE UN SISTEMA FLEXIBLE

1.6.1. La repetitividad y la automatización

Al decidir sobre las tecnologías a emplear, los directivos no deberían nunca asumir que la mejor decisión es la mayor automatización posible. La automatización supone una gran inversión en máquinas, equipos y accesorios, lo que conduce al incremento de los costos fijos y también puede suponer un aumento de los costos de mantenimiento y una disminución de la flexibilidad de los recursos.

Sin embargo, en el caso de que la repetitividad sea lo suficientemente alta, los beneficios de la automatización sobrepasaran sus inconvenientes. Entre estos beneficios se encuentran la mayor productividad de la mano de obra, una constante calidad superior, ciclos de fabricación más cortos, aumento de la capacidad, reducción de los inventarios, mayores ventas y la posibilidad de repartir los costos fijos entre un mayor número de artículos, los altos volúmenes de fabricación, característicos de las plantas enfocadas hacia productos, incrementan la repetitividad y hacen que la automatización sea una opción atractiva.

Cuando se dedica una línea de producción a un determinado producto, los flujos de ésta simplifican la administración de los materiales, se eliminan los lanzamientos y descienden los costos de mano de obra. Hay menor necesidad de desacoplar las operaciones sucesivas, facilitando la reducción de inventarios. Los japoneses aluden a estos entornos como de “operaciones solapadas”, en que los materiales se mueven directo a la siguiente operación sin tener que hacer colas o esperas (Domínguez Machuca, *et. al.*, 1995, pp. 325-326).

1.6.2. Influencia de la manufactura flexible en el personal

Un tema que resulta interesante es conocer cómo llegar a afectar los sistemas de manufactura flexible a la gente que trabaja en ellos. Se ha encontrado en la revisión bibliográfica la siguiente argumentación de que sí se requiere de un tipo de empleado diferente al tradicional (Robbins, 1999, pp. 526-527).

Los trabajadores de las plantas flexibles necesitan más capacitación y habilidades que los operarios en la línea de montaje. Su número es menor, de modo que cada uno debe ser capaz de realizar una mayor variedad de tareas. Así antes de ser contratados en estas plantas flexibles requieren por lo menos seis semanas de capacitación para empezar a trabajar. La capacitación incluye aprender a leer planos originales, fracciones y operaciones en sistema métrico, métodos de control estadístico, algunas habilidades computacionales y resolver los problemas en colaboración con los compañeros.

Aparte de más habilidades en general los empleados de las plantas flexibles están organizados en equipos y se les concede mucho facultamiento en la toma de decisiones. En congruencia con el objetivo de alta flexibilidad las plantas suelen tener una estructura orgánica y descentralizar la autoridad en las manos de los equipos operativos.

Estos cambios tecnológicos han adelantado la fecha de caducidad de buena parte de las habilidades de los empleados. El obrero o el oficinista de tres décadas atrás podían aprender su trabajo y estar razonablemente seguro de que sus destrezas serían suficientes para realizarlo la mayor parte de su vida laboral. Desde luego que esto ya cambió; las nuevas tecnologías impulsadas por las computadoras, la reingeniería y los sistemas de manufactura flexible están cambiando las exigencias del trabajo y las habilidades que los empleados necesitan para hacerlo.

Las tareas repetitivas como las que habitualmente se desempeñan en las líneas de montaje o los oficinistas poco calificados seguirán siendo automatizadas. Además numerosos puestos serán ascendidos; por ejemplo conforme los gerentes y profesionistas realicen la tarea de escribir sus propios trabajos e informes en computadora, el puesto tradicional de la secretaria se convertirá en el de asistente administrativa y quienes no estén “equipados” para asumir estas funciones ampliadas, serán desplazados (Robbins, 1999, pp. 526-527)

1.6.3. El cambio tecnológico en México

México es un país en pleno proceso de industrialización y con grandes riquezas naturales y humanas, que tiene la urgente necesidad de contar cada día con mejor preparación

y capacitación en todos los aspectos de la producción de bienes y servicios para buscar la economía positiva y la conquista de nuevos clientes.

Si la organización logra crear un ambiente de trabajo en que se puedan brindar al operario todas las oportunidades para satisfacer sus necesidades, sin duda repercutirá en forma positiva en su motivación. Puesto que con frecuencia desean trabajos que representen desafíos, que sean importantes y satisfactorios, muchos trabajadores desean el éxito. Buscan ser escuchados y tratados de manera que se les reconozca su valor como individuos. Desean sentir que la organización se preocupa realmente por sus necesidades y problemas, de forma que tanto el empleado como la organización queden satisfechos.

En México los problemas de corrupción, gobierno ineficiente, holgazanería e improductividad, apatía y derrotismo, ausencia de valores y de educación, violencia, crimen y agresividad, o prepotencia, entre otros, son provocados por fallas humanas. Estos problemas afectan directa e indirectamente al trabajador, acarreando conflictos por la ausencia de motivación y de liderazgo, de comprensión y de apoyo, de estilos directivos que anulan la iniciativa, la creatividad y la natural expresión de los talentos del trabajador y que provocan estados de frustración que a su vez generan conductas agresivas y evasivas que en mucho afectan la orientación al trabajo, a la eficiencia y a la productividad.

Para comprender al mexicano en el ámbito laboral hay que distinguir entre el empresario o directivo y el personal que trabaja bajo la dirección de los primeros. Las comunicaciones son descendentes y verticales, lo que incrementa la dificultad de integración de equipos, de la percepción completa de los objetivos y el involucramiento de los trabajadores en los procesos productivos.

El resultado es la competencia interna y el trabajo poco significativo, monótono, descuidado. Asimismo se aplican abundantes sanciones y castigos para los que violan las normas y reglas en contraste con muy pocas formas de reconocimiento al esfuerzo.

Lo que es peor a veces se otorgan premios y recompensas de manera irracional en algunos casos es el mismo sindicato quien propone a los candidatos, basando la decisión en el amiguismo y en apreciaciones muy subjetivas que deprimen a los buenos trabajadores. Tanto

directivos como sindicatos se olvidan de buscar caminos para otorgar el reconocimiento, objetivo al esfuerzo y a la dedicación al trabajo, desde la simple observación del trabajo bien hecho, hasta el otorgamiento de recompensas económicas y reforzamientos sociales. La queja frecuente de los trabajadores es que “cuando cometen errores lo notan y cuando el trabajo está bien hecho nadie lo nota” (Hernández, et al., 2003).

Este es el reflejo de lo que pasa en las empresas de Hidalgo especialmente en la zona industrial de Ciudad Sahagún, donde se han cerrado compañías trasnacionales, después de haber permanecido por más de cincuenta años en esta zona industrial, con tecnología de punta y liderazgo en productos de alta calidad. Se han perdido miles de empleos, afectado la economía y la actividad de cientos de pequeñas y medianas empresas, argumentando las excesivas demandas salariales de trabajadores, y con su partida han dejado en el abandono a la zona.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE UN PROCESO DE EJEMPLO EN EL ENSAMBLE DE CAMIONES

La parte concreta de las descripciones del capítulo anterior se plasma en la realidad de las empresas mexicanas, en las que las estructuras, los procesos, la tecnología, los comportamientos y el entorno se observan en su dimensión real.

En el capítulo actual se analiza un proceso de la industria de Ciudad Sahagún, Hidalgo, en la que se lleva a cabo el ensamble de camiones. El interés de este análisis surge del deseo de resolver problemas de bajo desempeño, comunes a la industria automotriz, que requieren conocer el detalle de la estructura y el funcionamiento del sistema.

De inicio se presentan las generalidades de la empresa y, posteriormente, se realizan las descripciones tanto del producto y sus variantes, como del proceso.

A partir de esta información se procede al análisis del desempeño del proceso actual, junto con el diagnóstico que permitirá, más adelante, sentar las bases para las propuestas de mejora.

2.1. PRESENTACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA DE EJEMPLO

Para el ejemplo que se describe, se ha considerado una empresa dedicada a producir vehículos de carga y pasaje, con la denominación de DINA Camiones, S.A. de C.V. La ubicación de su planta en el Estado de Hidalgo, en Ciudad Sahagún, se ilustra en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Ubicación de la planta DINA Camiones.

2.1.1. Políticas de creación y de desarrollo

Al crecimiento de la economía en México durante los años cincuenta, se le puede calificar como rápido y equilibrado, hecho que atrajo la atención de los inversionistas en el sector automotor. La preocupación del gobierno mexicano por crear autonomía para el mercado interno, se concretó a sustituir importaciones y propiciar el desarrollo de un aparato productivo básico.

Anteriormente en la década de los años veinte, algunas empresas automotrices habían decidido establecer oficinas administrativas y plantas en México. En consecuencia surgió formalmente la industria del autotransporte. Las primeras industrias que sustituyeron los antiguos carruajes por vehículos motorizados fueron: la textil, la cervecera, la maderera, la refresquera, la del hierro y el acero y la alimenticia.

Después de la Segunda Guerra Mundial el mercado interno mexicano, resultó muy atractivo para la industria automotriz que veía con interés el surgimiento de nuevos polos de desarrollo. Los vehículos fabricados con tecnología importada tanto de los Estados Unidos como de Europa, no respondían al cien por ciento a las necesidades del mercado nacional.

Las políticas de fomento a la industria destacaron una mayor participación del sector paraestatal, la asignación de gasto público y la dotación de insumos subsidiados y estímulos impositivos. El estado continuó su activa participación, en el proceso económico nacional contribuyendo a eliminar estrangulamientos, reduciendo distorsiones, e invirtiendo donde el riesgo, el temor o el volumen de los recursos requeridos inhibían la inversión privada, ampliando el bienestar de la población y fomentando actividades prioritarias.

En este contexto, en el mes de febrero de 1951, el Gobierno Federal, a través de la Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Economía, aprueba la constitución de la empresa Diesel Nacional, S. A., con una duración de 45 años y un capital social de 75 millones de pesos, mismo que fue aportado por la iniciativa privada y el Gobierno Mexicano, éste último como accionista mayoritario.

El 28 de julio de 1951 Diesel Nacional inicia sus operaciones con la finalidad de consolidar la industria automotriz nacional, dedicándose para ello a la producción y el ensamble de automóviles, camiones, tractocamiones y otros vehículos, al igual que a la producción de motores diesel, para los vehículos antes mencionados y para usos industriales y agrícolas, además de la fabricación de accesorios, partes sueltas y refacciones para vehículos y motores. También la distribución y la venta de unidades.

Constituida como Diesel Nacional, S. A. y con el objeto de iniciar sus actividades en la forma más satisfactoria y ventajosa para el país, sin necesidad de esperar largos y costosos periodos de experimentación y adiestramiento, se recurrió a una fábrica de prestigio mundial, con maquinaria, modelo y sistema de fabricación que ofrecieran garantía de calidad y eficiencia. En tales condiciones, en septiembre de 1952 celebra un contrato de licencia de fabricación y asistencia técnica con Fiat, S.A., de Turín, Italia, para la fabricación de un camión pesado con motor diesel de 160 caballos de fuerza.

El contrato duró hasta principios de 1960. Para ello se adquirieron 450 máquinas, como tornos, cepillos, fresadoras y prensas. La proyección e instalación de la fábrica se efectuó durante el periodo de 1953 a 1955. Una vez concluidas las instalaciones, DINA comenzó sus actividades de ensamble, tanto de camiones, modelos 682, 682T y 682RN, como de chasis para autobuses con motores Fiat en este año de 1955.

Para 1956, DINA celebró un nuevo contrato con Fiat para el ensamble y la distribución de automóviles de gasolina Fiat, modelos 500, 1100 y 1400. Para este fin, en forma separada de la nave de camiones, DINA construyó otra destinada al ensamble de los automóviles, cuya instalación se abarcó el periodo de marzo de 1956 a julio de 1957. El 5 de noviembre de 1957, DINA aumentó el capital social a 250 millones de pesos aportado en su totalidad por Nacional Financiera, S. A., para lo cual fueron liquidadas a los inversionistas privados sus aportaciones respectivas.

En un principio las actividades de producción, de camiones y de automóviles estuvieron reducidas al mero ensamble de las piezas fabricadas en Italia y bajo la dirección de más de 60 técnicos de Fiat.

Al cambio de la administración de DINA y después de exhaustivos estudios, el 14 de enero de 1960 se llegó a la conclusión de que el camión pesado diesel Fiat no podría fabricarse en forma económica, ya que por una parte no tenía aceptación en el mercado y, por otra, no era posible utilizar para otros fines la maquinaria instalada. Por esto se dio por concluido el contrato de licencia para ensamblar vehículos, en los que los únicos elementos de origen nacional utilizados eran llantas y acumuladores.

A fin de iniciar las operaciones con una nueva empresa especializada en esta actividad y que permitiera la mexicanización gradual de la industria, en el mes de enero de 1960 DINA firma con la empresa estatal francesa *Régie Nationale des Usines Renault*, un contrato para la fabricación de partes y ensamble de los automóviles de esta marca en México, obteniendo Diesel Nacional en forma exclusiva, todos los derechos y elementos para llevarlas a cabo.

En el año de 1962 inició el ensamble de autobuses y se promulgó el decreto presidencial sobre la integración de la industria automotriz, cuya finalidad era incrementar la producción

nacional de partes utilizadas en el ensamble de las unidades. En la aplicación del decreto, la Secretaría de Industria y Comercio otorgó a DINA la exclusividad en la fabricación de camiones medianos y semipesados con motor diesel. En 1963 se realizó el lanzamiento de los camiones modelos D-500, D-600 y D-700, con cabina Loadstar de *International Harvester* y motores *Cummins* y *General Motors*, de 130, 140 y 150 HP, respectivamente. En los años de 1959 a 1965, DINA transformó las técnicas de producción y a la vez inicio los centros de adiestramiento necesarios para la formación de nuevos cuadros técnicos y obreros.

Hacia 1964 las diferentes líneas de producción de DINA eran:

- Automóviles DINA Renault: *Dauphine*, *R-4F*, *R-8* y *Estafette* y automóvil deportivo *Dinalpin*.
- Camiones DINA medianos y pesados, series 500, 600 y 700 *Diamond T*.
- Autobuses DINA Flexible, serie 300.

En forma paralela DINA efectuaba el maquinado y el ensamble de diversos grupos mecánicos, componentes de sus unidades tales como ejes, cajas de velocidades, motores Renault, motores Cummins y flechas cardán.

En este mismo año 1964, DINA creó la red de distribución en el país donde se comercializaron todos sus productos. A mediados de 1965 aparece *Chrysler de México* con la fabricación de un camión mediano con motor diesel *Perkins*, que entró al mercado haciendo fuerte competencia a los camiones DINA.

En el año de 1966 DINA modificó el contrato suscrito con *Renault*. La compañía francesa se dedicó exclusivamente a la comercialización de los automóviles producidos en Ciudad Sahagún y DINA se limitó a las actividades productivas. También comenzó la producción del DINA 500 para pasaje e inicia la producción del DINA 600, así como la de motores DINA Cummins V8 y NT- NH.

En 1970 entraron en circulación los ómnibuses DINA conocidos como “*Delfines*”. En 1971, dio por terminado el contrato entre DINA y *Renault*. En 1972, con la finalidad de incrementar la capacidad productiva, DINA inició la ampliación de la planta de automóviles. Igualmente se inició la ampliación de la fábrica para ensamble de autobuses y camiones,

proyectando una nave de 25 mil metros cuadrados con capacidad de producción de 50 unidades por turno, especializándose a la vez la nave anterior de camiones en actividades de maquinado.

A fines de 1973 DINA adquirió el 60% de las acciones de motores *Perkins*, fabricante de motores diesel cuya planta estaba en Toluca. En 1974, simultáneamente a la fabricación de los *Delfines*, se realizó la sustitución de motores de gasolina de los vehículos de transporte público a motores de diesel. También se llevó a cabo la producción de camiones convencionales, conocidos como “trompudos”. Al año siguiente DINA inaugura la nueva planta de automóviles, con un costo de 250 millones de pesos y con una capacidad productiva de 40,000 unidades Renault anuales.

En 1976 DINA puso en operación las nuevas instalaciones de camiones y plásticos (en Ciudad Sahagún, ya que se encontraban en la ciudad de México). Asimismo llevó a cabo un proceso de reestructuración administrativa que dio como resultado la creación de las divisiones de: motores, autobuses, camiones, plásticos automotrices y automóviles *Renault*.

A cada una de ellas le dieron administración propia en las Áreas de Contabilidad, Adquisiciones, Control de Producción y Relaciones Industriales. Dos años después, en 1978, DINA producía lo siguiente:

- 16 modelos diferentes de camiones
- 6 tipos de autobuses
- Motores Cummins V6, V8, NT y NH
- Varias piezas de fibra de vidrio que forman parte de los vehículos.

En 1981, el Consejo de Administración tomó la decisión de descentralizar las divisiones de Diesel Nacional. Como respuesta a este desarrollo, en noviembre de 1982 fue constituida legalmente la empresa DINA Camiones, S.A. de C.V., conformada por:

- DINA Camiones.
- DINA Autobuses.
- DINA Motores.
- Plásticos Automotrices DINA

Estas nuevas empresas reconocieron al sindicato nacional independiente de trabajadores de la industria automotriz, similares y conexos, como titular de los contratos colectivos de cada una de ellas y desde luego, respetar la antigüedad y derechos de todos y cada uno de los trabajadores a las distintas plantas industriales.

DINA Camiones cuenta con una nave aproximada de 25 mil metros cuadrados, para producción: con subensambles de armado cabinas, vestiduras cofres y cabina, motores, pintura, almacenes y patios de servicio. La Figura 2.2 muestra una panorámica de las instalaciones del grupo industrial Diesel Nacional S. A. de C. V.

En la nave principal hay: dos líneas de ensamble para los productos DINA:

- LÍNEA 1: Modelos medianos y semipesados, serie D-531 y serie D-631
- LÍNEA 2: Modelos pesados y extrapesados, serie D-661 y serie D 9400.

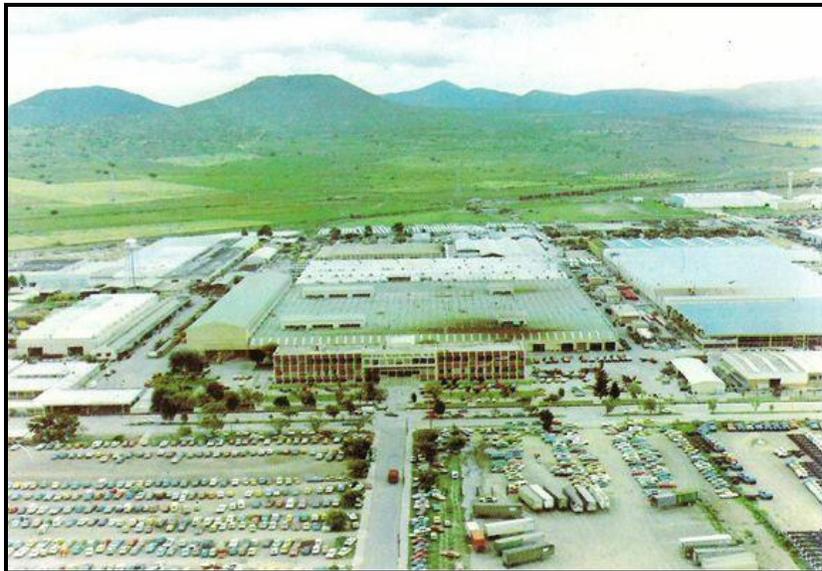


Figura 2.2. Vista aérea del grupo Diesel Nacional.

El valle de Irolo, donde se ubica el complejo industrial de Ciudad Sahagún, es sede de importantes empresas como *Bombardier México, National Casting y Dikona (Komatsu)*.

Este importante corredor industrial cuenta con una adecuada infraestructura de comunicación carretera y ferroviaria, lo que permite tener un fluido tráfico de materiales y productos terminados.

2.1.2. Estructura organizacional

DINA Camiones opera bajo el organigrama que se presenta en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Organigrama de DINA Camiones S.A. de C.V.

DINA Camiones cuenta con una plantilla de 1000 empleados, 700 de producción y 300 administrativos. La empresa se caracteriza por consolidar la línea de sus modelos, fortalecer la fuente de ingreso para los trabajadores y promover un crecimiento horizontal equilibrado dentro de un proceso dinámico de desarrollo.

Durante el año de 1987 se puso en marcha un programa de reestructuración y reconversión del grupo DINA, con la asociación entre DINA Camiones y *Navistar International*, empresa que comercializa su producción en Estados Unidos y Canadá.

Dicha asociación se realizó en dos etapas:

- Primera, *Navistar* aportaría como capital la tecnología del producto y el herramienta necesario para la producción de camiones, con la asistencia técnica necesaria.

- Segunda, en función de los resultados obtenidos, *Navistar* elevaría su participación accionaría en DINA Camiones hasta llegar a un porcentaje del 19% y lanzaría al mercado la Cabina “S” con motores NT, serie C 8.3 L, de Cummins.

En el año de 1989 DINA se transformó de ser una empresa paraestatal a una empresa privada, cuando el *Consortio G*, de capital mexicano, adquiere al grupo DINA y sus cuatro empresas (Camiones, Motores, Autobuses y Plásticos Automotrices).

Entre los años sesenta y principios de los setenta, la empresa había establecido una serie de alianzas estratégicas con diversas firmas internacionales para recibir apoyo tecnológico, abastecimiento de partes y mantener la vanguardia en diseño. Así, cuando en la década de los ochenta entró la tecnología de Navistar, los productos DINA eran reconocidos a niveles nacional e internacional y no le fue difícil entrar al mercado con innovación en productos, situación que duró hasta mediados de los años noventa, cuando se desintegró la alianza.

En el mes de septiembre 1998 ante clientes y distribuidores, inversionistas, proveedores y empleados del grupo DINA, se presentó la nueva generación de vehículos HTQ (*High Technology and Quality*) con 100% tecnología de cabina DINA, después de seis años de investigación, pruebas de ingeniería, estudios de mercado, clínicas de distribuidores, transportistas y propietarios de flotas, así como estudios de producción por parte de los ingenieros expertos del grupo DINA y con una inversión de más de 80 millones de dólares.

Esta nueva línea de camiones de clase mundial incluye una gama completa de camiones (clase 6 a 8) chasis urbanos (clase 7), transmisiones mejoradas y otras opciones que satisfacen los requerimientos del mercado internacional.

2.1.3. Objetivos de la empresa

Los objetivos de DINA Camiones para esta nueva línea de vehículos automotores eran: Obtener independencia tecnológica, productos de alta calidad, aumentar exportaciones a Centro y Sudamérica, eliminar salida de divisas, ahorro en importaciones (impuestos y transportación), exportar tecnología, abrirse a la globalización total, incrementar contenido nacional, introducción de nuevos modelos, estandarización de nuevos componentes, cambiar

personalización de productos, aceleración en tiempos de entrega por medio de disminución de inventarios, la satisfacción de normas internacionales (SCT, DOT, SEDESOL, EPA, SWSS), fomentar alianzas estratégicas, aumentar operaciones, mejoras en costo beneficio, integración vertical, formar parte de la elite reproductores y fortalecer las perspectivas del autotransporte nacional.

Sin embargo, ese paso hacia la globalización contribuyó a incrementar el endeudamiento, que a la postre fue saneado cerrando la empresa, que dejó sin empleo a muchas personas.

El objetivo principal era disminuir las importaciones y satisfacer el mercado nacional, en el medio del transporte de carga y pasaje introduciendo los motores diesel para la disminución de contaminantes y el ahorro de combustible. Así como también sus objetivos fundamentales contemplaban contribuir a mejorar la distribución del ingreso entre las personas y las regiones geográficas, proveyendo a la población de una fuente idónea de trabajo para que nuevos contingentes tuvieran acceso al disfrute del bienestar en trabajo, alimentación, seguridad social, salud y vivienda.

Dentro de este marco en su existencia como empresa paraestatal de 1951 a 1988, cumplió en gran parte con estos objetivos para los que fuera creada

Su desarrollo y crecimiento alcanzando niveles que hicieron necesario replantear los sistemas administrativos a fin de agilizar la operación y permitir aumentos en eficiencia y producción, creando para ello diferentes empresas.

Al finalizar 1987, el Gobierno Federal tomo la decisión de desincorporar al grupo DINA del sector Industrial Paraestatal. Con esta medida se pretendió alcanzar los objetivos de:

- Preservar las unidades industriales viables, asegurando su continuidad en el mediano y largo plazo.
- Propiciar dentro de la industria automotriz la competencia y productividad que garanticen el abasto interno y la generación de exportaciones.
- Obtener precios de venta por acción acordes con el interés público y el valor real de las empresas.

Para la nueva administración privada los objetivos eran crear conciencia en todo el personal que labora en el grupo para hacer bien las cosas para la competitividad al mercado abierto.

2.1.4. Mercado

Diesel Nacional fabrica productos para satisfacer la demanda nacional. En la década de los setentas, la capacidad instalada de producción de camiones DINA se ampliaba a 25 mil unidades anuales, siendo la empresa camionera más importante de México y América Latina, con la ventaja de ser la única empresa fabricante de camiones medianos y pesados en territorio nacional, hecho que la privilegiaba en un mercado cerrado de esa época.

Para el año de 1981 DINA Camiones invierte 3435 millones de pesos para producir 18 mil camiones, capacidad para asegurar el abastecimiento de sus productos. En ese año generó más de 1000 empleos permanentes.

El incremento de trabajadores de DINA Camiones es resultado de su crecimiento industrial productivo, tendiente a satisfacer la creciente demanda de vehículos para el transporte masivo de bienes y colectivo de personas, provocada por el acelerado desarrollo económico nacional y de la obligación de mantenerse en el mercado como líder, rectora de la política automotriz.

Una vez privatizada, los buenos resultados llegaron de inmediato. Para los años noventa, DINA camiones desarrolla varios modelos a satisfacción del cliente, e inicia la comercialización de sus productos en los mercados internacionales, principalmente en países de Centro y Sudamérica (Chile, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Argentina, Republica Dominicana, Bolivia).

La recuperación de la inversión comenzó a darse de manera acelerada, hasta que llegó la crisis económica de 1995, donde la historia de la empresa tomó otro sendero y emprendió un proceso de transformación enfrentando los altibajos de la economía nacional, el fuerte endeudamiento a raíz de los créditos contratados y la caída del mercado de camiones y autobuses.

2.1.5. Recursos humanos

Al inicio de sus operaciones Diesel Nacional en los años cincuentas obtuvo lo siguiente: En cuanto a los recursos humanos, DINA reclutó gente de la región, de extracción campesina que sin duda les iba a brindar cuando menos una experiencia desconocida y fascinante, al trabajar en una fábrica.

Con la asistencia de los técnicos de Fiat, se fueron convirtiendo en buenos técnicos del trabajo. Se fueron desarrollando a través del tiempo. Prueba de ello es que en el periodo de 1959 a 1965, la organización transformó las técnicas de producción e inició centros de adiestramiento dentro y fuera del país, necesarios para la formación de nuevos cuadros técnicos y obreros. Así también se formó el sindicato para el personal obrero en el año de 1962, por medio del cual la empresa solicita el recurso humano en cuanto a mano de obra directa se refiere.

2.1.6. Recursos materiales

Al inicio de sus operaciones DINA, la mayor parte de los recursos materiales eran de origen de importación. En el año 1965 se inició en el país el programa de integración de componentes y partes de manufactura nacional para la industria automotriz terminal.

En ese periodo, el panorama de las fábricas armadoras de vehículos automotores fue catastrófico, económicamente hablando, ya que la industria auxiliar en su gran mayoría adolecía de sistemas inadecuados para controlar la calidad de sus productos, que con ayuda de las armadoras progresaron hacia la entrega de material con calidad aceptable.

A través del tiempo, hay muchas empresas de origen nacional que surten a DINA productos de muy buena calidad.

2.1.7. Recursos financieros

La mayoría de los recursos provenían del Gobierno Federal y de préstamos del exterior para la compra de material importado, las ganancias del producto vendido eran reinvertidas en

grandes obras de ampliación de las empresas integradas al grupo DINA, que siendo paraestatal siempre estaba en números rojos. DINA enfrentó la problemática de una mala administración provocada por un aparato burocrático e ineficiente que gastaba más de lo que ganaba.

A finales de la década de los ochenta se decidió vender la empresa al *Consortio G*, de Guadalajara.

La recuperación de la inversión comenzó a darse de manera acelerada hasta que llegó la crisis económica de 1995, donde la historia de la empresa tomó otro sendero. A finales de ese año, la firma registró una pérdida cambiaria de 600 millones de pesos como consecuencia de la devaluación iniciada en diciembre de 1994.

A partir de 1995 la empresa emprendió un proceso de transformación enfrentando los altibajos de la economía nacional. Entre ellos el fuerte endeudamiento a raíz de los créditos contratados en dólares y la caída del mercado de camiones y autobuses desde ese año.

2.2. DESCRIPCIÓN POR ÁREAS FUNCIONALES

A continuación se enuncian las áreas funcionales que intervienen en el proceso de diseño y manufactura del producto DINA camiones, así como a continuación la descripción de las tareas de cada una:

- Área de Investigación de Mercados y Ventas
- Área de Ingeniería del Producto
- Área de Ingeniería de Procesos
- Área de Diseño de Herramental
- Área de Compras o Suministros
- Área de Ingeniería de Producción
- Área de Ingeniería Industrial
- Área de Control de Calidad
- Área de Ingeniería de la Planta

2.2.1. Área de Investigación de Mercados y Ventas

La participación de esta área es fundamental en el proceso de diseño y de manufactura, ya que establece contacto entre los clientes y la empresa, se encarga de distribuir el producto, sugiere la política de la organización que le permita rivalizar mejor en el mercado, y trata de determinar un precio competitivo del producto.

Sus funciones son:

- Mediante la realización de estudios económicos y requerimiento de los clientes determina el volumen de producción que sería posible colocar en el mercado
- Propone cambios a Ingeniería del Producto en el estilo, en las especificaciones de rendimiento y en el costo, además establece contacto con los clientes para dar a conocer tiempos de entrega y de costos
- Promueve las ventas y distribución del producto.

2.2.2. Área de Ingeniería del Producto

Una vez que se ha determinado la necesidad de crear un nuevo producto o mejorar el actual con base en la información proporcionada por el Área de Investigación de Mercados o por medio de los resultados obtenidos mediante pruebas en el área experimental. Se realizan los diseños preliminares del producto.

Se construyen y prueban modelos a escala, se selecciona el más simple, económico y apropiado y se corrigen sus fallas.

Con base en este modelo se determinan los materiales y ensambles que permitan obtener un diseño para su producción en serie.

Para mostrar gráficamente el producto, se dibujan todos sus componentes y se formulan las especificaciones. Las actividades de esta área pueden ser detalladas como sigue:

- Diseña el producto por función, que incluye: construir modelos para probarlos o experimentar.
- Provee de información gráfica: dibujos, con dimensiones, tolerancias y materiales.

- Suministra especificaciones o manuales estándares: especificaciones para procesos especiales; procedimientos para prueba e inspección; procedimientos y especificaciones para procesos de ensamble.
- Diseña el producto a satisfacción del cliente, para lo cual debe cuidar: la apariencia; cambios y adiciones sobre el modelo actual; vida del producto esperada por el cliente con relación al costo.
- Diseña el producto por costos. El costo del producto deberá: ser suficientemente bajo para competir con productos similares; ser suficientemente alto para proveer un margen de utilidad adecuado; estar en correcta relación con la durabilidad esperada.
- Diseña el producto para fácil mantenimiento y montaje, lo cual implica que: tiene acceso para reparación y reemplazo de partes; hace sencillo el ensamble; provee dibujos para el mantenimiento y un método de ensamble.

El Área de Ingeniería del Producto es, por tanto, parcialmente responsable de la apariencia, funcionamiento y costo del producto, ya que fija las especificaciones que determinan estas características.

Ninguna variación en estas especificaciones se puede hacer sin aprobación de esta área.

La información que transmite el Área de Ingeniería del Producto para que el trabajo pueda continuar incluye:

- Dibujos y especificaciones de diseño
- Procedimientos para el ensamble del producto.
- Tasa probable de producción por año.
- Procedimientos para prueba e inspección.

2.2.3. Área de Ingeniería de Procesos

Una vez que se ha recibido de Ingeniería del Producto, la información sobre el diseño, esta área inicia sus funciones. Mediante esta información, se formula el plan de manufactura que define con exactitud como se fabricará el producto.

Para la elaboración de este plan, es conveniente que el área se apoye en los conocimientos y en la experiencia de la organización. Si intentara formularlo sin ayuda sería muy arriesgado.

Las distintas órdenes necesarias para poner en marcha el plan, son enviadas a las áreas de Diseño de Herramental, Ingeniería de Producción, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Planta, Control de Calidad y Compras.

Una vez que se cuente con el equipo, material y personal adecuados para poner en marcha el proceso de fabricación, se deben hacer los ajustes necesarios para que Ingeniería de Procesos pueda proceder a la producción en serie del artículo.

Las funciones de esta área son como se detallan a continuación:

- Determina los procesos de manufactura que serán empleados.
- Determina el orden o secuencia de estos procesos: ruta de operación; fotografías o diagramas de los procesos; distribución en planta.
- Solicita el diseño y fabricación de herramental.
- Determina, selecciona y ordena el equipo necesario para manufacturar las partes.
- Revisa el herramental y el equipo para cerciorarse de que todo concuerda con lo planeado y, si no, solicitar las correcciones necesarias.
- Proporciona estimaciones de los costos del herramental y del equipo necesario para manufacturar nuevos productos, esto con el propósito de asesorar en las cotizaciones.
- Sugiere cambios en el diseño del producto para facilitar la manufactura o para reducir los costos.
- Participa en los estudios preliminares para el diseño o mejora de un producto, con el fin de hacer factible y económica su manufactura.
- Aprueba las instalaciones de maquinaria y equipo hechas por ingeniería de planta en la línea de producción.
- Supervisa la producción experimental y hace los ajustes y arreglos necesarios para que inicie la fabricación en serie.

- Solicita al Área de Ingeniería Industrial la determinación de tiempos estándares, movimientos de cada operación y balanceo de líneas.
- Aprueba las normas de calidad y los métodos de prueba e inspección del producto, además, envía al Área de Control de Calidad, la información necesaria para que este último pueda, a partir de la producción experimental, realizar sus actividades.

Por todo lo anterior, se concluye que el proceso debe completarse antes de que las herramientas se diseñen y se construyan, los tiempos estándares se establezcan y las máquinas y equipos de la línea de producción se instalen.

2.2.4. Área de Diseño de Herramental

El objetivo de esta área, es proveer las máquinas y herramientas necesarias para fabricar el producto diseñado. Cabe aclarar que esta área hará el diseño de maquinaria cuando se requiera un mecanismo que no exista en el mercado, o cuando se determine mediante un estudio, la conveniencia de realizar el diseño y construcción en la propia fábrica en lugar de adquirir el equipo.

A petición de Ingeniería de Procesos, y basado en las especificaciones recibidas para el diseño del herramental, esta área inicia sus funciones.

Las especificaciones comprenden:

- Planos detallados del producto.
- Descripción general y funciones del herramental.
- Diagramas con las operaciones del proceso de fabricación.
- Características de la maquinaria que se va a emplear.
- Tasa máxima de producción

Algunos de los lineamientos generales que se deben seguir en esta área para obtener un buen diseño de herramental son:

- Cada herramienta debe realizar una función específica.
- Debe cumplir con ciertos requisitos de precisión mínimos.
- El costo será el mínimo posible.

- Estar cuando el programa de producción lo requiera.
- Cumplir con las normas de seguridad.
- Adaptabilidad a la máquina en la que se utilizará.
- Duración aceptable.

Mediante una reunión efectuada con las áreas involucradas en el diseño y manufactura del producto, se analizan las diferentes alternativas de diseño de herramental y se selecciona la más adecuada.

Las funciones principales de esta área se describen a continuación:

- Obtener datos de las piezas o productos por fabricar y los materiales por emplear.
- Determinar la economía al usar las herramientas especiales que puedan aplicarse al trabajo.
- Determinar las características específicas de las herramientas especiales y decidir si éstas deben comprarse o hacerse. Por lo general, esto se llevará a cabo después de tomar acuerdos con las áreas involucradas en el diseño y la manufactura del producto.
- Realiza dibujos con dimensiones, tolerancias y materiales, elabora descripciones y especificaciones del herramental. Para ello, se asegura que los diseños sean prácticos y económicos desde el punto de vista de su aplicación.
- Hace las requisiciones o emite las órdenes de fabricación del herramental, en este último caso supervisa la construcción.
- Verifica las herramientas al recibirlas para cerciorarse que cumplan con las especificaciones establecidas. En algunos casos se deben probar antes de aceptarlas.
- Eleva un índice y un registro central del herramental previamente construido y en existencia, de modo que puedan planearse y ejecutarse sin dificultad los trabajos repetitivos, o bien, utilizarlo en nuevas labores.

De lo anterior, se puede concluir que la principal actividad del Área de Diseño de Herramental es idear medios y equipos que permita alcanzar y mantener el nivel de calidad, así como lograr el volumen de producción requerido de un producto manufacturado.

2.2.5. Área de Compras o Suministros

Esta área se encarga de todos los suministros necesarios para la fabricación del producto. Las solicitudes de compra se generan a partir de requisiciones, en las cuales se especifican las características del material y equipos necesarios para el diseño y manufactura del producto.

El contenido de las requisiciones que envían las distintas áreas es:

- De Ingeniería del Producto, materiales para la manufactura de modelos y equipo para la realización de pruebas
- De Ingeniería de Procesos, maquinaria y equipo para la manufactura y materiales para la producción experimental
- De Diseño de Herramental, material y equipo para la fabricación de herramientas.
- De Ingeniería de Producción, materiales para la manufactura del producto
- De Ingeniería de la Planta, equipo y material para servicios, mantenimiento y modificaciones a la planta.

Las principales actividades de esta área consisten en:

- Localizar los materiales y equipos de mejor calidad y al mejor precio.
- Coordinar las fechas de entrega de los suministros conforme a los planes de trabajo.
- Poner en contacto a los proveedores con el personal de la planta cuando así se requiera.

2.2.6. Área de Ingeniería de Producción

Coronando las actividades de planeación que llevan a cabo la Ingeniería del Producto y de Procesos, en esta área se realiza lo planeado. Su objetivo principal es fabricar el número necesario de productos en un tiempo determinado y con las normas de calidad establecidas. Se encarga también de tomar en cuenta todos los detalles que no fueron considerados en la fase de planeación y les da una solución adecuada.

Su participación es básica en los pronósticos de demanda del producto. Para fundamentar estas previsiones puede utilizar los resultados obtenidos mediante la

investigación de mercados. Cabe aclarar que, en un sistema productivo intermitente abierto (donde las especificaciones del artículo y el volumen de la producción son proporcionados por el cliente), la demanda pronosticada depende de las necesidades concretas de los compradores, lo que permite programar de manera más precisa la producción.

Algunas de las actividades de esta área se detallan a continuación:

- Recibe manuales de procedimientos, especificaciones materiales, diagramas del proceso y tasa probable de producción.
- Planea la producción con base en los pronósticos de demanda o a pedidos concretos del cliente. Esto permite establecer los volúmenes que se producirán.
- Participa, junto con Ingeniería de Procesos, Ingeniería Industrial, Diseño de Herramental y Control de Calidad en la producción piloto y, posteriormente, lleva a efecto la producción en serie.
- Determina los tamaños óptimos de los lotes de fabricación de inventarios.
- Requisita el material necesario al Área de Compras
- Lleva un control de inventarios y de costos.
- Controla la productividad del personal y de la maquinaria.
- Con base en indicaciones del Área de Control de Calidad, se encarga de que el producto cumpla con las normas de calidad establecidas.
- Da su visto bueno a las instalaciones efectuadas por Ingeniería de la Planta.
- Asesora a las Áreas de Ingeniería del Producto, Ingeniería de Procesos y Diseño de Herramental en sus respectivas de actividades.
- Contribuye a establecer una política de precios que permita competir en el mercado.

Como se observa, en las actividades de esta área intervienen la planeación, la ejecución y el control de la producción.

2.2.7. Área de Ingeniería Industrial

El objetivo principal de esta área, es planear, mejorar e instalar sistemas integrados por hombres, materiales y equipos. Además, especifica, predice y evalúa los resultados que habrán de obtenerse de tales sistemas.

Esta área asesora a Ingeniería de Procesos, Producción, Diseño de Herramental y Control de Calidad en sus actividades respectivas.

Sus funciones más importantes son:

- Desde que tiene datos exactos del producto y del proceso, estudia la forma en que se transportarán y almacenarán las materias primas y los productos en el interior de la fábrica.
- Elabora la ruta crítica del proceso de producción.
- Durante la producción piloto, toma los tiempos y movimientos que permitirán obtener el mayor rendimiento.
- Efectúa el balanceo de líneas, el cual permite reducir los tiempos muertos de máquinas y operarios.
- Dispone los materiales y herramientas en la línea de producción, de tal manera que los operarios puedan realizar su trabajo rápida y eficientemente.
- Especifica las condiciones que debe reunir el local de trabajo con respecto a iluminación, ventilación, ruido y otros factores que pueda afectar el rendimiento del trabajador.
- Propone nuevos métodos de trabajo para reducir los tiempos de producción.
- Determina, junto con el Área de Ventas, la cantidad y la forma de transportar los productos terminados a los centros de consumo.

Por lo anterior, se concluye que el Área de Ingeniería Industrial planea, coordina y optimiza el trabajo dentro de la fábrica.

2.2.8. Área de Control de Calidad

El objetivo de esta área es mantener y desarrollar el nivel de calidad de un producto al menor costo posible, con el fin de satisfacer al cliente. Este nivel debe definir la calidad requerida por un producto en particular y especificar el mínimo porcentaje de la producción que cumplirá con las normas de calidad.

El Control de Calidad debe ser claramente distinguido de la función de inspección, ya que ésta última no puede agregar cambios o mejoras al producto.

Existen dos formas de aplicar el control de calidad en la industria manufacturera:

- La primera consiste en centralizar el control de calidad de un área a nivel gerencial, y se apoya en la idea de quien sea el responsable de establecer las normas de calidad, deberá tener también autoridad suficiente para controlarla, aun si esto significa parar la producción.
- La segunda forma consiste en descentralizar la autoridad y asignar responsabilidades sobre la calidad a las áreas involucrados en la producción. La experiencia ha demostrado que hay mayores reducciones en el costo de la manufactura cuando las mejoras en la calidad son hechas directa, inmediata y responsablemente por las áreas que interviene en la fabricación.

En este segundo caso, existe un coordinador de control de calidad que reporta a la gerencia general, y a la vez, puede tomar decisiones rápidas que eviten diferencias o incumplimientos de las normas de la línea, lo cual es más factible que suceda en este sistema y no en el centralizado. En el presente análisis, se considerara un control de calidad centralizado.

Ciertas actividades del Área de Control de Calidad se mencionan a continuación:

- Recibe de Ingeniería de Procesos, las normas de calidad y los procedimientos para prueba e inspección, analiza y desarrolla la información mencionada.
- Durante la producción piloto, prueba los procedimientos normas de calidad.
- Verifica a las variaciones en la calidad del producto, debidas a la precisión de la maquinaria o el herramental, a la calidad del material y a los operadores. La combinación de estas variaciones debe cumplir con las normas de calidad para el producto.
- Realiza estudios de los procesos de manufactura empleados en la fabricación del producto camiones a fin de localizar las causas de fabricación defectuosa, y determinar la posibilidad de mejorar las características de calidad.
- Comprueba la calidad del material para la manufactura desde su recepción.

- Proporciona a Ingeniería del Producto, de Procesos y a Diseño de Herramental, información que permita un mayor desarrollo de los nuevos productos, mejorar los diseños, los procesos y el herramental.
- Controla la calidad al proporcionar servicio a los compradores, lo que permite detectar desviaciones con respecto a las especificaciones del producto y hacer las correcciones a la línea de producción o al proceso.

De lo anterior, se infiere que el control de calidad actúa como un sistema de retroalimentación dentro de la organización industrial de DINA Camiones, lográndose con su aplicación beneficios, tales como:

- Progreso en la calidad del producto
- Progreso en el diseño
- Reducción de los costos de producción
- Mejoría en la moral de los empleados.

2.2.9. Área de Ingeniería de la Planta

Esta área se encarga de mantener en buen estado los edificios, la maquinaria y los demás componentes de una línea de producción para evitar interrupciones durante la fabricación del producto. También es responsable de la realización de instalaciones de máquina y equipo para ampliaciones o nuevas líneas de producción.

Una vez que se ha tomado la decisión de fabricar un nuevo producto se ha determinado el diseño para la producción en serie y el proceso de manufactura ha sido establecido, puede comenzarse la instalación de los elementos para la producción con base en las órdenes recibidas del Área de Ingeniería de Procesos.

Además de la instalación de los elementos esta área se encarga a partir de la producción piloto del mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo. De hecho esta función es una de las principales que realiza

Existen básicamente dos tipos de mantenimiento.

- **Correctivo.** Cuando las máquinas o equipos presentan una avería al estar en servicio, su reparación es conocida como mantenimiento correctivo. Resultan costosas para una operación o una línea de producción las interrupciones, por lo que este tipo de mantenimiento no es muy conveniente. La rapidez con la cual se realizan las reparaciones para reiniciar la producción determina la efectividad del área.
- **Preventivo.** Este mantenimiento consiste en efectuar inspecciones periódicas que permitan anticipar o prevenir las fallas en el equipo y programar la reparación para cuando las instalaciones estén desocupadas.

Las refacciones necesarias para las reparaciones se pueden adquirir por adelantado y las composuras realizarse sin interrumpir la producción. Las actividades que a continuación se mencionan, son algunas de las más importantes que efectúa el Área de Ingeniería de la Planta:

- Se encarga de la construcción y conservación de edificios, lo que comprende trabajos de: albañilería, estructuras, tuberías de servicio (agua, gas, vapor, aire comprimido, petróleo, etc.). Tuberías para los fluidos utilizados en la producción: calefacción; ventilación; carpintería; pintura; plomería; aseo en general
- Da mantenimiento a las instalaciones mecánicas, consistente en diagnosticar, lubricar, reemplazar piezas gastadas o averiadas, hacer ajustes, calibrar y limpiar. Dichas instalaciones pueden ser para: la generación de fuerza motriz; calefacción; aire comprimido; maquinaria y equipo para la producción en general; equipo para manejo de materiales.
- Proporciona mantenimiento a las instalaciones y al equipo eléctrico, que comprende: inspección; medición de parámetros (aislamiento, rigidez dieléctrica); reemplazo de dispositivos y elementos; calibración. Algunos de los principales equipos eléctricos son: subestaciones; plantas de emergencia; alumbrado; motores; sistemas de alarma y comunicación; canalizaciones y conducciones; instalaciones de pararrayos; control electrónico; instrumentos de medición; acumuladores.
- Conserva en buen estado los sistemas de protección contra incendios, accidentes y robos. Implanta sistemas de seguridad. Establece indicadores y marcas de tránsito en las áreas de trabajo y las mantiene en buenas condiciones. Verifica el buen

estado de los equipos e instalaciones contra incendio, como son: extintores, mangueras, tomas de agua sistemas de rociadores automáticos. Detecta las condiciones inseguras en las áreas de trabajo y las elimina.

Por consiguiente, el principal objetivo de la conservación es anticipar e impedir las interrupciones en la producción, manteniendo la maquinaria en un estado tal que permita obtener un alto rendimiento.

Esto contribuye a evitar incumplimiento de los plazos de entrega convenidos, eludiendo con ello graves consecuencias, como es la pérdida de clientes. La corrección de las condiciones defectuosas hace que disminuya el costo de las reparaciones.

Se tendrá una visión amplia de esta descripción de funciones, después de citar los siguientes ejemplos para las funciones de todas las ingenierías que intervienen en el diseño y la fabricación del producto de DINA Camiones:

- El cliente le comunica al agente de ventas, sus necesidades y deseos sobre el producto.
- El agente de ventas transmite esta información a Ingeniería del Producto
- El ingeniero del producto realiza el diseño, los dibujos y las especificaciones del producto
- El ingeniero de procesos se encarga de seleccionar equipo, procesos de manufactura, herramental y formula el plan de manufactura.
- El ingeniero en herramental diseña, realiza dibujos y supervisa la fabricación del herramental o aprueba la adquisición de maquinaria y herramental. Propone cambios a ingeniería del producto que facilitan y economizan la manufactura, sin influir en la función o estética.
- Compras se encarga de todos los suministros necesarios para la fabricación del producto.
- El ingeniero de producción se encarga de llevar a cabo el plan de manufactura y realiza los pronósticos de demanda.
- El ingeniero industrial planifica, mejora o instala sistemas integrados por hombres, materiales y equipos.

- El ingeniero de planta se encarga de mantener en buen estado los edificios, la maquinaria y los demás componentes de la línea de producción.
- El ingeniero de control de calidad mantiene y desarrolla el nivel de calidad del producto y es también responsable de que los materiales sean de la calidad requerida.
- Una vez que el producto ha sido manufacturado y recibe la aprobación de Control de Calidad es adquirido por el Cliente.

Como se mencionó anteriormente, después de culminar las actividades de planeación que llevan a cabo los Áreas de Ingeniería del Producto y de Procesos, en el Área de Ingeniería de Producción y en las líneas de ensamble se realiza lo planeado con la ayuda de todas las Áreas involucradas en la Producción, con base en el pronóstico de ventas y el requerimiento de los clientes, así como los recursos disponibles.

2.2.10. El funcionamiento del sistema en su conjunto

La distribución en planta es por producto y se centra en hacer más fácil el flujo del producto. Cuando la demanda por producto es elevada y discreta, durante un periodo, los recursos se distribuyen y para que queden a poca distancia entre sí y en la secuencia que requiere el producto.

Acerca de las líneas de montaje, es cierto que la tasa de producción ha aumentado de manera considerable, en el amplio uso de los métodos de la línea de montaje. Históricamente el enfoque casi siempre ha sido aprovechar al máximo el trabajo humano; es decir, diseñar líneas de montaje que minimicen el tiempo de inactividad de los trabajadores.

Los nuevos conceptos de las líneas de montaje tienen una perspectiva más amplia, se pretende incorporar mayor flexibilidad en los productos que se fabrican en la línea, mayor variación en las estaciones de trabajo (tamaño, número de trabajadores), mayor confiabilidad (con mantenimiento preventivo rutinario) y resultados de alta calidad (a través de mayores herramientas y capacitación). A continuación vemos un ejemplo de lo que sucede cuando no se cumple cualquiera de los siguientes factores.

La fase del trabajo en conjunto de DINA Camiones es producir. Para DINA Camiones significa objetivizar los esfuerzos diarios de cada uno de los obreros, empleados, técnicos y funcionarios de la empresa, es la fase culminante de la concreción de ideas, es en suma el índice contra el que se mide la capacidad de realización de la empresa

Por ello producción requiere trabajar con un programa, mantener, un ritmo y prever o recuperar las desviaciones de ese ritmo.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

DINA Camiones desarrolla y produce camiones de 9 a 60 toneladas de carga. Están diseñados para admitir carrocerías de las más diversas aplicaciones, con una amplia gama de camiones; medianos, pesados y extrapesados.

DINA fabrica una alta variedad de chasis y corazas con características relevantes de alta tecnología, resistencia, suavidad de marcha, para transporte de pasaje urbano y de carga.

Se clasifican en 4 modelos básicos, con sus múltiples opciones, según requerimientos del cliente:

- DINA 400
- DINA 500
- DINA 600
- DINA 9400

Cada modelo básico se describe a continuación para dar un enfoque más claro.

2.3.1. Camión Chasis Cabina DINA-400

El camión DINA-400 (4X2) es ilustrado en la Figura 2.4. El código entre paréntesis se refiere a la clasificación SAE, que indica el número total de ruedas y, dentro de éstas, las de impulsión. Este camión se caracteriza por las siguientes especificaciones:

- Capacidad: 10,000 Kg P.B.V. (Peso bruto vehicular o peso total del vehículo equipo, estándar, niveles específicos de agua y combustible, carrocería máxima capacidad de carga)
- Peso Vehicular: 3650 Kg P.V. (Peso vehicular o peso del vehículo en condiciones de operación con sus niveles de agua, aceite y combustible de su capacidad normal, incluyendo el equipo estándar de fábrica)
- Aplicación: Reparto, carga gerencial, urbano, etc.



Figura 2.4. Camión chasis cabina modelo DINA - 400.

2.3.2. Camión Chasis Cabina DINA-500

El camión DINA-500 (4X2) se muestra en la Figura 2.5 en la versión chasis cabina, en tanto que en la Figura 2.6 se ilustra como chasis coraza. Sus especificaciones son:

- Capacidad: 3864 Kg P.B.V.
- Peso Vehicular: 4330 Kg P.V.
- Aplicación: Carga general, refresquero, maderero, volteo, urbano o suburbano.



Figura 2.5. Camión chasis cabina modelo DINA - 500.



Figura 2.6. Camión chasis coraza modelo DINA - 500.

2.3.3. Camión Chasis Cabina DINA-600

El camión chasis cabina DINA-600 (6X2) corresponde a la Figura 2.7.

Éste cuenta con las especificaciones siguientes:

- Capacidad: 19545 Kg P.B.V.
- Peso vehicular: 5800 Kg P.V.
- Aplicación: Carga general y volteo.



Figura 2.7. Camión chasis cabina modelo DINA - 600.

2.3.4. Tractocamión DINA-9400

El tractocamión DINA-9400, también caracterizado como tractocamión quinta rueda, tiene las siguientes especificaciones:

- Capacidad: 54545 Kg P.B.V.
- Aplicación: Todo tipo de remolque y volteo.

En la Figura 2.8 el tractocamión 9400 es mostrado en diferentes aplicaciones.



Figura 2.8. Tractocamión modelo 9400 en diferentes aplicaciones.

TABLA 2.1. CLASE DE VEHÍCULO Y SERVICIO

GRUPO (P.B.V.) en libras	CLASE	Kg
--------------------------	-------	----

6000 o menos	1	2722
6,000 - 10,000	2	4536
10,001 - 14,000	3	6350
14,001 - 16,000	4	7258
16,001 - 19,500	5	8845
19,501 - 26,000	6	11794
26,001 - 33,000	7	14469
33,001 o más	8	14970

Nota: P.B.V. = Peso bruto vehicular o peso total del vehículo con equipo, estándar, niveles específicos de agua y combustible, carrocería máxima capacidad de carga. Fuente: *Motor Truck Engineering Handbook*.

2.4. EL ENFOQUE HACIA EL PROCESO DE FABRICACIÓN

El nivel siguiente de detalle en la descripción del sistema de fabricación estudiado es el del proceso de transformación, del cual es de interés conocer los recursos de fabricación, con los materiales en flujo, los componentes auxiliares de proceso, entre operarios, herramientas y manejo de materiales, los almacenes y las llegadas, entre los más destacados.

Uno de los aspectos notables en sistemas como éste, es la complejidad por el número inmenso de elementos participantes en cada una de las clases anteriores, lo que permite corroborar la necesidad de aplicar los métodos y las técnicas de la ingeniería industrial para captar la información requerida en la toma de decisiones.

CAPÍTULO 3

PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN

En este capítulo, después de haber descrito elementos de un sistema de manufactura en general y de describir el caso de ejemplo de la empresa DINA Camiones en particular, se concretan los puntos en los que se han observado eficiencias no suficientemente aceptables y que permitirían el mejoramiento de la línea de fabricación.

Con tal motivo, inicialmente se ahonda en las relaciones entre variables que participan en el proceso, para considerar sus posibles rangos de valores y en ellos establecer puntos de operación diferentes, que conduzcan a la elevación del desempeño, tomando a la flexibilidad como la guía para la propuesta del mejoramiento. Aunado a lo anterior, se describen las restricciones a las que estas variables pueden estar sujetas.

Más adelante, se describe la medida de desempeño que es utilizada en la evaluación del proceso de fabricación de DINA Camiones y el capítulo se concreta en la serie de propuestas de modificación al proceso que en la etapa siguiente pasarán a convertirse en variables de los experimentos de simulación.

3.1. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL

La descripción del proceso de producción que se desarrolla en la línea de camiones permite observar que el cumplimiento de los objetivos de la organización se logra, a veces satisfactoriamente y, en otras con cierta deficiencia. Para DINA Camiones producir significa puntualizar los esfuerzos diarios de cada uno de los obreros, empleados, técnicos y funcionarios de la empresa. Es la fase culminante de la concreción de ideas. Es en suma el índice contra el que se mide la capacidad de realización de la empresa.

Sin embargo, durante el desarrollo de las actividades diarias es frecuente que no todas variables del proceso tengan total cumplimiento. En consecuencia, representan también las áreas de oportunidad para llevar a cabo propuestas de mejora.

A continuación puede verse un ejemplo de lo que sucede cuando no se cumple alguno de los factores. Producción requiere trabajar con un programa, mantener un ritmo y prever o recuperar las desviaciones de ese ritmo.

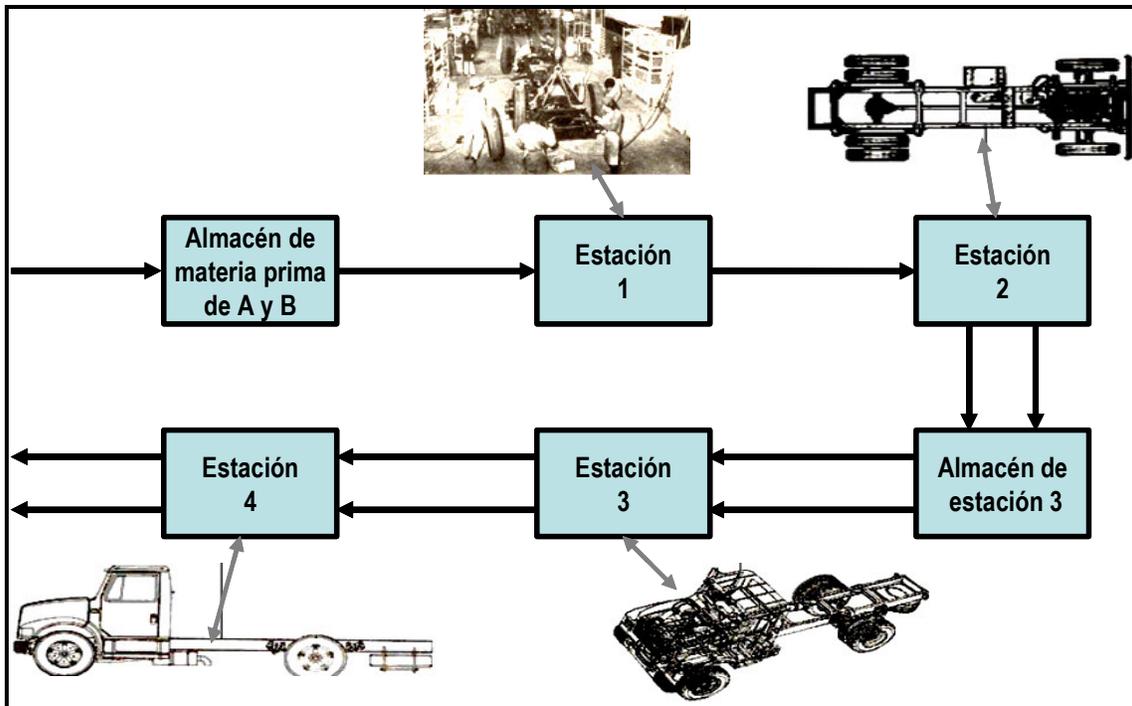


Figura 2.9. Diagrama del flujo de ensamblaje de un camión.

DINA Camiones tiene una conformación definida y una capacidad establecida y no se puede alterar súbitamente esa capacidad porque a ella afectan muchos factores como pueden ser:

El número total de obreros y empleados contratados.

- La experiencia, habilidad y preparación del personal.
- El número total de equipo, máquinas y herramientas de cada taller.
- El espacio físico para fabricar, ensamblar, almacenar y transportar material en la planta.
- La cantidad de material, partes y materia prima comprada.
- La cantidad de material surtido por proveedores.
- La oportunidad y coincidencia de la información que se genere y recibe en cada área de la planta.
- El cumplimiento de los planes y proyectos de construcción, remodelación o acondicionamiento de las instalaciones.
- La liberación oportuna de las especificaciones de ingeniería y control de calidad.

Asimismo se requiere un conocimiento y comprensión de los procesos y problemas de la planta y, con el fin de mantener la armonía interna y el respeto al personal, explicar a éste las razones de requerir en ocasiones de estos esfuerzos adicionales.

DINA Camiones cada año calcula, de acuerdo al mercado y las posibilidades, la cantidad real de obreros que se requieren durante el ciclo productivo, asimismo se negocia con 6 u 8 meses de anticipación de material a comprar. A pesar de ello bastaría con que sólo el 8 ó 10% del total de los proveedores se retrase en su programa de entregas, para que se presenten algunos de los problemas:

- Personal pagado sin trabajo continuo.
- Material almacenado no utilizable por falta de pedidos completos.
- Alteración de los planes de producción.

- Congestionamiento de unidades incompletas que no es posible vender.
- Compras de pánico fuera de la escala normal de precios.
- Interrupción de la cadencia normal de trabajo.

Cuando llega el material después de lo programado se requiere:

- Pago de tiempo extra a personal regular.
- Solicitud de colaboración al personal para que atienda diversas tareas, como completado o expeditación.
- Mayor tiempo de proceso.
- Alto costo de producción.

De lo anterior se desprende el porqué empresa y sindicato busquen fórmulas de solución flexible que permita el mejor empleo de los recursos. Es de notar que el interés en examinar las principales deficiencia en los procesos de la empresa representan al mismo tiempo, oportunidades de mejora del proceso. En éstas se basarán las propuestas que integran este trabajo.

3.1.1. Porcentaje de defectos

A la salida de cada estación, las inspecciones de calidad detectan un porcentaje de unidades con defectos, que generan, en la mayor parte de los casos, un retrabajo y que consumen tiempo extra.

3.1.2. Excesos en los inventarios

A lo largo del proceso se cuenta con diferentes acumulaciones de materiales, ya sea de materia prima, producto semiterminado o terminado que, de acuerdo a las tendencias actuales, representan excesos de inventario y es necesario un esfuerzo para su reducción.

3.1.3. Tamaños de lotes

De los diferentes productos que se fabrican y de los compromisos de entrega a los clientes, se desprenden varias políticas relacionadas con los tamaños de lotes de producción. La cantidad se ve influenciada también por la demanda y por los tiempos de preparación, entre otros elementos. Para determinar la mejor política sería necesario recurrir a la experimentación que muestre la mejor solución.

3.1.4. Tiempos de proceso

Una de las argumentaciones frecuentes en la agilización de procesos es la introducción de tecnologías de fabricación que lleven a reducir los tiempos de proceso. Su decisión en el caso de la línea de camiones es una oportunidad de mejora que requeriría de balancear entre el costo de la innovación y el porcentaje en el que mejoraría ese tiempo de proceso. Aunado a lo anterior está un parámetro de uniformidad, el relacionado con las variaciones estadísticas en los tiempos de proceso alrededor de los valores estándar.

3.1.5. Polivalencia de los trabajadores

También derivada de las consideraciones teóricas de la flexibilidad, se cita al punto de otorgar a los operarios la facultad de realizar más de un trabajo especializado. Para la implantación de estas ideas es necesario explorar sus condiciones de factibilidad, al estar implicadas cláusulas sindicales. En las condiciones actuales, en DINA prevalece el punto de vista de no asignar diversidad de trabajos. Sin embargo se observa interesante de experimentar con trabajadores polivalentes, para definir si su inclusión produce una mejora en el proceso.

3.1.6. Confiabilidad del proceso

La producción de camiones se detiene en ocasiones a causa de averías en las máquinas y los recursos de producción. Las filosofías de flexibilidad en los procesos promueven que la

función de mantenimiento se realice más en conjunción con las actividades productivas, que de manera antagónica.

Adicionalmente, cuando de manera ineludible se requiera el mantenimiento correctivo, los tiempos de respuesta son sujetos de mejora en función de lo preparado que esté el personal y representan un factor que merecería ser analizado, por su impacto en la mejora de la producción.

3.1.7. Recepción oportuna de la información

La complejidad de los productos involucrados en el proceso genera que la información sobre el proceso y la oportunidad en la que se recibe sean determinantes en el desempeño logrado.

3.1.8. Capacidad instalada

Otra área en la que se observan posibilidades de mejora es que en el sistema analizado se desaprovecha la capacidad instalada en producción, dado que aparecen tiempos en los que el personal se encuentra detenido por la ausencia de materiales o por las fallas de las máquinas, generándose tiempos ociosos que pueden combatirse.

3.1.9. Tiempo extra

Asociado al punto anterior, hay ocasiones en que los recursos de producción están listos y, por los tiempos de entrega no es conveniente retrasar los procesos, por lo que la consecución de la mano de obra para realizar estos procesos lleva a programar el trabajo en tiempo extra.

Entre estos dos aspectos se nota un balance inadecuado que también es una oportunidad de mejoría, mediante una mejor interacción.

3.1.10. Herramientas y equipo

Otra causa de deficiencia en el proceso es la que se asocia con la existencia de herramientas y equipo que no son los más adecuados a la realización del proceso, frecuentemente por razones de actualización.

3.1.11. Calidad en proveedores

Asimismo, tomando en cuenta tendencias recientes de producción en las que inclusive se certifica la calidad en los materiales entregados por un proveedor en su propia planta, en el caso que se analiza el porcentaje de defectos en las materias recibidas no es el satisfactorio. De aquí que certificar proveedores para entrega de material es también uno de los aspectos que influyen en un desempeño del sistema que no es el deseable.

3.2. VARIABLES Y RESTRICCIONES DEL PROCESO

Al adoptar una visión general del sistema de ensamble de camiones en DINA, se observa que entre todos los parámetros que intervienen existen interrelaciones que tienen un impacto en la evaluación de su rendimiento.

Cuando se abordan estos problemas de manera académica, se hace la distinción de las variables de las que dependen los resultados buscados. Si las relaciones fueran simples, podrían aplicarse ecuaciones o modelos matemáticos para determinar numéricamente el valor de una variable dependiente, cuando se modifica la o las variables independientes, como causa y efecto.

Dada la gran interdependencia que muestra un sistema de manufactura real como el que se ha descrito, no es sencillo asociar modelos matemáticos para encontrar los valores de las variables de decisión que conduzcan a los resultados deseados en las medidas de desempeño, si no es con el auxilio de métodos más elaborados, como la simulación en computadora.

Para ello, es una condición indispensable haber determinado en el proceso cuáles de las variables son las determinantes en el resultado y que interesa destacar y describir. Con

respecto a estas variables, complementariamente es necesario determinar sus rangos de variación, generalmente un mínimo y un máximo. También es necesario notar que, para alguna de estas variables aparecen valores que no es posible que asuman, ya que significan restricciones del sistema.

Debido a que anteriormente se producía en cantidades en serie de lotes grandes y medianos, pues la producción del año ya estaba vendida para satisfacer el mercado de camiones con motor a diesel, prácticamente no había competencia. Actualmente se pretende incorporar mayor flexibilidad en los productos que fabrica DINA Camiones en la línea con sus nuevas instalaciones, para satisfacer el mercado interno y externo.

Se requiere como se ha comentado anteriormente de proveedores certificados y confiables, surtiendo en cantidades de lotes pequeños y medianos, como lo requiera el proceso productivo y con las modificaciones actuales para no estar haciendo retrabajos o que el proveedor se comprometa a hacerlo sin afectar el proceso productivo dentro de la línea de producción.

3.3. MEDIDA DEL DESEMPEÑO

Como en todo sistema que requiere evaluación, debe existir un acuerdo sobre la medida del desempeño empleada, sobre la cual se lleva a cabo la toma de decisiones.

La medida principal de desempeño del proceso productivo estudiado es la cantidad total de productos que salen de la línea. La variable se expresa mediante un valor promedio y uno de desviación estándar. También puede separarse por tipo de productos.

Por la complejidad de las relaciones entre los elementos de un sistema productivo, se plantea además que, para efectos de comparación, se consideren como medidas secundarias la cantidad de productos de rechazo en su primera oportunidad y el porcentaje del tiempo en que las máquinas se encuentran produciendo.

3.4. MODIFICACIONES PROPUESTAS

Se ha considerado que las oportunidades más prometedoras para modificar el sistema de ensamble de camiones, cada una con sus implicaciones financieras y técnicas que más adelante se analizarán, son las que se muestran en los siguientes apartados.

3.4.1. Implantación de control de calidad por estación y una zona de rechazos

DINA Camiones se caracteriza por ser líder en la fabricación de camiones, tanto por su papel de regulador de precios, como por la elaboración de productos de alta calidad, sin embargo es necesario establecer en control de calidad una nueva dinámica que sea la clave para la superación.

La calidad es un factor de primera importancia para todo el personal de la planta de DINA Camiones. A últimas fechas, con la creación de otros fabricantes y la competitividad internacional, se hace necesario entrar en una nueva fase de cambio, en que la calidad sea el factor de diferencia con los competidores y sea apreciada por los usuarios y clientes.

Para mejorar el proceso productivo se propone la implantación de control de calidad en cada estación de trabajo y una zona de rechazos. La inspección es el aparato sensor para evaluar el comportamiento del proceso productivo que detecta y corrige las deficiencias y faltantes que se presentan a lo largo de la línea de producción camiones y con esta implantación se espera reducir el porcentaje de rechazos y reclamaciones por parte del cliente, corrigiendo las fallas desde el inicio del proceso.

3.4.2. Disminución de inventarios

Los pronósticos de ventas llegan a variar en el tiempo, se requiere forzosamente de inventarios o stocks. En DINA camiones se tiene una política de inventarios de aproximadamente dos meses en partes y uno en proceso.

Se sabe que los inventarios son considerados tradicionalmente como una inversión que se define como cualquier recurso ocioso que es almacenado y en espera de ser utilizado.

DINA camiones mantiene inventarios de materia prima (partes nacionales e importados), productos en curso (subensambles), y productos terminados. Una medida sería la implantación de un sistema de logística MRP II (planeación de requerimientos de materiales), que permitirá disminuir inventario, mayor rapidez de respuesta al cliente y brindarle un producto “a la medida” de sus necesidades de carga.

Otra medida de disminución de inventario sería la elevación de la integración nacional de partes, dependiendo menos de los proveedores extranjeros.

3.4.3. Mezcla de productos

Producir en cantidades de lotes medianos y pequeños está relacionado con el concepto de mezcla de productos.

Anteriormente se producía mezcla de modelos cuando el contenido de trabajo era semejante de uno a otro, se establecían largas series de producción para no volver a balancear y cambiar de operación, de acuerdo al programa establecido que tenía pocas modificaciones en el transcurso del año y al final se tenía que cumplir requiriendo aumento de tiempo extra para ello.

Actualmente DINA camiones está proponiendo una mejora en sus procesos productivos y de acuerdo con la competitividad y el mercado abierto requiere producir en cantidades de lotes pequeños y medianos con una mezcla de modelos para satisfacer las necesidades del cliente, con esto se pretende darle respuesta en el momento preciso al cliente.

Para esta mejora se está luchando por la producción de mezcla de modelos en lotes medianos y pequeños incluso en subensambles para satisfacer las necesidades del cliente, en el momento y tiempo requerido, así como facilitando la labor de mercadotecnia y proporcionando un mejor servicio, teniendo una gama amplia de productos disponibles cuando se requiera.

3.4.4. Capacitación de personal

Una necesidad para ser más competitivos radica en la disminución de los tiempos de proceso, variable que está conectada con una capacitación del personal, tanto directo como indirecto, por su efecto en mejorar los procedimientos en las operaciones.

Toda empresa posee una serie de necesidades “institucionales” que debe satisfacer para sobrevivir tanto en el mercado de bienes o de servicio, como en el tiempo. DINA Camiones tiene además como soporte esencial los recursos humanos que en ella laboran. Estos recursos forman la parte más importante de la empresa. Y también posee una serie de necesidades personales que satisfacer. Estas necesidades deben ser satisfechas para garantizar el buen funcionamiento de ambas partes, las cuales forman un todo integral que es la *organización*.

Se hace pues necesario el planteamiento de planes de desarrollo para la organización y para los individuos en sí, que los integre en una meta común, el “progreso”, y que permitan el desarrollo de habilidades y conocimientos que incrementen las aptitudes y actitudes de la gente hacia el trabajo que desempeñe. Se propone una mejora en la capacitación de toda la organización.

El reto está en empezar y se tiene que enfrentar a un futuro exigente de cambios, que para algunos consideran acelerado y para otros tormentoso y que ameritará un fuerte compromiso para lograr la *productividad* mejorando los procedimientos en las operaciones. Estos retos estarán dirigidos a una nueva realidad que es la competitividad nacional e internacional. Por ello el nuevo perfil de la gente DINA camiones demanda de cada trabajador:

- Una mejor capacidad personal.
- Una actitud positiva frente al trabajo.
- Una mayor responsabilidad en el ejercicio de sus funciones.

Para la capacidad personal, se tomará en cuenta lo siguiente:

- La aprobación de los exámenes de conocimientos necesarios para la realización del trabajo que corresponda a cada nivel y a la escala de capacitación y productividad.

- La demostración práctica de las habilidades necesarias para el desempeño del trabajo en los tiempos requeridos para el nivel y la escala de capacitación y productividad correspondiente.
- Que las labores desempeñadas satisfagan calidad, tipo, cantidad y características de trabajo que se establezcan de acuerdo al nivel y la escala de capacitación y productividad correspondientes.

3.4.5. Mejora en polivalencia

Actualmente en DINA camiones prevalece el punto de vista de no asignar diversidad de trabajos. Sin embargo, con los cambios que se suceden en torno a los nuevos enfoques de los procesos productivos nacionales, se requiere propiciar esos cambios y dar objetivos, colocando a DINA camiones como una empresa competitiva a nivel mundial.

Debido a la apertura comercial, DINA camiones enfrenta una fuerte competencia en el mercado, por lo que es necesario iniciar un proceso de cambio que permita a la empresa y con la participación de sus trabajadores, una mejora de productividad.

Para esto es necesario la movilidad del personal a las áreas donde existan posibles cuellos de botella, dentro del proceso productivo, con la capacitación referida en el inciso anterior se puede adoptar la “flexibilidad” de las relaciones y la movilidad en los puestos de trabajo.

3.4.6. Mejorar confiabilidad del proceso

La línea de ensamble de camiones y subensambles, en algunas ocasiones, se llegan a detener por fallas detectadas en su control, de donde se sigue el llamado inmediato al área de mantenimiento, para la reparación correctiva. La rapidez con la cual se realizan las reparaciones para reiniciar la producción determina la efectividad del área.

Como propuesta de mejora se requiere:

- Emplear al máximo el mantenimiento preventivo y así evitar fallas en el equipo, que consiste en efectuar inspecciones periódicas que permitan anticipar o prevenir

las posibles fallas en el equipo y programar la reparación para cuando las instalaciones estén desocupadas.

- Concluido éste y en estado de madurez se procederá inmediatamente a implementar el mantenimiento productivo total. Con esto se pretende que la avería de un equipo o maquinaria pueda preverse con relativa facilidad, antes de que provoque grandes inconvenientes al resto del proceso, en donde todos los trabajadores participen en las labores de diseño y funcionamiento del equipo y maquinas.

Así en un programa de mantenimiento productivo total (en inglés *Total Productive Maintenance*, o *TPM*), cada trabajador es responsable de desarrollar, sobre su propio puesto de trabajo, actividades como:

- Limpiar su zona de trabajo, barrer, detectar fallas en su equipo y reportarlas.
- Adoptar medidas contra las fuentes de averías previniendo las causas.
- Proponer sistema estándar para realizar las actividades de mantenimiento en el menor tiempo posible.
- Detectar y reparar defectos menores a través de chequeos generales.
- Mantener su puesto de trabajo con el orden apropiado eliminando los objetos innecesarios y disponiendo los necesarios de la forma más adecuada
- Recepción oportuna de la información.
- Las innovaciones de nuevos productos y las modificaciones al producto actual hace muy complejo al sistema de información, para ser distribuido en todas las áreas correspondientes en el momento y tiempo preciso.
- Se requiere un posible estudio de mejora con respecto a los procesos actuales de la información.
- Como propuesta se requiere implantar sistemas de cómputo en áreas estratégicas con el fin de estar actualizándose en el flujo de información que se está generando y los cambios en el proceso productivo.

3.5. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA

Habiendo observado que la mejora del desempeño de la línea de DINA Camiones involucra la comprensión del efecto de un elevado número de variables, se puede deducir que no son las técnicas basadas en ecuaciones las que habría que aplicar, puesto que se requeriría un elevado número de éstas y la dificultad siguiente estaría en cómo integrar los resultados parciales.

Es en estos sistemas complejos donde es deseable la utilización de herramientas que reflejen mejor las interacciones entre muy diversas variables, lo cual hace volver la vista hacia los simuladores, por su capacidad de captar y mostrar relaciones complejas entre parámetros, con su efecto conjunto sobre los indicadores globales del desempeño.

La tecnología de los simuladores recientes conjunta la actividad de modelar las interdependencias de los procesos, evaluar los escenarios sobre la base del tiempo y optimizar esos procesos frente a los cambios constantes. El desafío de muchas compañías al poner en práctica los principios de la mejora en la manufactura (propios de iniciativas tales como manufactura flexible, justo a tiempo, producción esbelta o Seis Sigma) lleva a considerar objetivos globales, como:

- La eliminación de desperdicios
- La mejora de la calidad
- La reducción del tiempo de proceso
- La reducción de costos totales.

Estas compañías se ubican en diversas etapas de la emigración a lo flexible y lo esbelto y pueden no estar enteradas de las herramientas disponibles para ayudarlas a acelerar el proceso de mejora. Las preguntas son: ¿por dónde empezar? y ¿por cuáles herramientas?

La simulación se ha utilizado por muchos años para el análisis predictivo, cuantificando el impacto de cambios potenciales en un proceso y esto se observará en la siguiente etapa del proyecto de tesis. La simulación ha sido históricamente aplicada en la mejora de procesos de manufactura para reducir desperdicios, para mejorar capacidad, para maximizar la utilización de los recursos y para mejorar los costos. Los paquetes de simulación proporcionan

soluciones más allá de la fabricación tradicional, porque los clientes entienden que los mismos conceptos de mejora se aplican a la empresa total. Permiten que se comprenda, se cuantifique y se pruebe, en un ambiente de bajo riesgo, antes de su implantación, las iniciativas de mejora en la manufactura.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LA LÍNEA MEDIANTE SIMULACIÓN

Este capítulo se dedica a la aplicación de la simulación por computadora como herramienta que apoya la toma de decisiones en sistemas complejos, como el que se ha descrito, para someter a prueba numéricamente al modelo del sistema estudiado, en la fabricación de camiones. El punto de partida es la descripción de los elementos más importantes de la simulación, en este caso la denominada de sucesos discretos, con las características que la sitúan como una técnica reciente y confiable.

Después se describe particularmente el simulador ProModel, utilizado particularmente para sistemas de producción. El sistema de interés, con el proceso de fabricación de dos tipos de camiones, es representado por un modelo de simulación, el cual se detalla. Se señala así la secuencia de pasos que es necesario efectuar para captar la esencia de los elementos y de las relaciones entre éstos y, con ello, llevar a cabo la ejecución de los experimentos de simulación.

En la continuación se comentan los experimentos de simulación llevados a cabo. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, junto con la comparación entre ellos y la interpretación con respecto al sistema modelado

4.1. PRINCIPIOS DE LA SIMULACIÓN

Una simulación es la imitación de la operación de un sistema o proceso real a través del tiempo (Banks, 1996). Ya sea manual o por computadora, la simulación por definición se refiere a la generación de una historia artificial del sistema y la observación de esta historia para proyectar inferencias sobre las características del sistema real. Simular es “intentar predecir aspectos del comportamiento de un sistema, creando un modelo aproximado de él”.

El comportamiento del sistema, conforme evoluciona en el tiempo, se estudia mediante un modelo de simulación, que es necesario desarrollar.

El modelo adquiere normalmente la forma de un conjunto de representaciones de la operación del sistema, expresadas como relaciones matemáticas, lógicas o simbólicas, entre las entidades. Los sistemas que conviene simular son los de alta complejidad (gran dificultad de resolver matemáticamente).

La simulación es una herramienta poderosa y una metodología de gran alcance, que ofrecen a los tomadores de decisiones y a los analistas la capacidad de probar escenarios de tipo “qué pasaría si...” de cualquier proceso de negocio. Todo proceso puede ser modelado con precisión, incluyendo interdependencias complejas y variabilidad, y puede ser “corrido” rápidamente en cámara rápida. El modelo de simulación puede ser utilizado para predecir el impacto en medidas de desempeño clave y reduce significativamente el riesgo asociado con las decisiones vitales del negocio.

De manera similar a la simulación aérea, en donde los pilotos “vuelan” un modelo exacto del “sistema” y pueden practicar con una variedad de situaciones previamente al “momento real”, los tomadores de decisiones pueden hacer lo mismo al modelar procesos y probar ideas de riesgo potencialmente alto.

La simulación ha sido históricamente aplicada en la mejora de procesos de manufactura para reducir desperdicios, para mejorar capacidad, para maximizar la utilización de los recursos y para mejorar los costos. Los paquetes de simulación proporcionan soluciones más allá de la fabricación tradicional, porque los clientes entienden que los mismos conceptos de mejora se aplican a la empresa total.

La tecnología de los simuladores recientes conjunta las actividades de modelar las interdependencias de los procesos, evaluar los escenarios sobre la base del tiempo y optimizar estos procesos frente a los cambios constantes.

La Tabla 4.1 destaca cómo la simulación satisface en su totalidad los pasos hacia la mejora de la producción.

TABLA 4.1. VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN EN DISTINTAS ETAPAS DE UN PROYECTO

Etapa dentro del proyecto de mejora	Orientación	Ventaja
Capacitación	Ayudar a la organización a visualizar el valor de las iniciativas por venir y promueve el cambio cultural	Un modelo visual rápido que ayuda a todos los niveles de la organización a observar el impacto del cambio en las medidas de desempeño clave
Elección de los proyectos correctos	Dar prioridad a los proyectos esbeltos que maximizan el beneficio	El modelo se utiliza para cuantificar rápidamente el impacto potencial de los proyectos y predecir los requerimientos de recursos en apoyo a los proyectos
Trazo (mapeo) del flujo del valor	Documentar el estado actual y el estado futuro de un proceso	Un simulador de procesos permite mapeos que rápidamente son simulados y almacenados en apoyo a los esfuerzos de mejora continua
Iniciativas específicas	Cambiar políticas, procedimientos y procesos para anticipar la mejora	Prueba todos los cambios potenciales en un modelo exacto y dinámico para entender el impacto sobre el proceso específico y sobre las actividades precedentes y subsecuentes

Fuente: ProModel (2005).

4.1.1. Ventajas y desventajas de la simulación

La disponibilidad de lenguajes de simulación de propósito especial, así como el potencial creciente de las computadoras con costos unitarios cada vez menores y las metodologías desarrolladas en este dominio, han hecho que la simulación sea una de las herramientas más utilizadas y aceptadas en investigación de operaciones y en análisis de sistemas.

La simulación puede utilizarse en situaciones como las siguientes:

- estudio y experimentación sobre las interacciones entre elementos de un sistema
- efectos de los cambios en información, organización o ambiente del sistema
- mejora del sistema bajo estudio
- detección de las variables relevantes y de sus interacciones

- refuerzo de metodologías analíticas
- experimentación con nuevos diseños
- comprobación de soluciones analíticas.

Ventajas de la simulación:

- Construido un modelo, puede utilizarse repetidamente para comparar propuestas, alternativas o políticas
- Los métodos de simulación permiten analizar un sistema, aun cuando no se cuente con datos exactos
- Los datos de una simulación son más fáciles de obtener que los datos correspondientes del sistema real (normalmente)
- Los métodos de simulación son más simples de aplicar que los métodos analíticos (consecuentemente hay más usuarios potenciales de la simulación que de los demás métodos)
- Los modelos de simulación no requieren de tantas hipótesis de simplificación como los modelos analíticos
- En ciertos casos, la simulación es el único procedimiento de solución

Desventajas de la simulación:

- El desarrollo de un modelo de simulación puede llegar a ser costoso en tiempos de desarrollo y de validación
- Una simulación requiere normalmente de un alto número de corridas (con el correspondiente alto costo)
- En ocasiones se utiliza la simulación innecesariamente, al existir modelos analíticos cuyo uso basta (se obstaculiza la búsqueda de métodos más simples)

4.1.2. Elementos de un modelo de simulación de sucesos discretos

Para comprender y analizar un sistema, se definen los términos siguientes:

- Una *localidad* es un objeto bajo estudio, fijo y capaz de procesar;
- Una *entidad* es un objeto bajo estudio, móvil en el sistema y que es procesado;

- Un *atributo* es una propiedad de una localidad o de una entidad;
- Una *actividad* representa una ocupación durante un periodo especificado;
- Un *estado* del sistema es el conjunto de las variables necesarias para describir a sus elementos en un cierto momento, con respecto a los objetivos del estudio;
- Un *suceso* es la ocurrencia instantánea de un acontecimiento que puede modificar el estado del sistema.

En un banco, un ejemplo de cada término sería: una **ventanilla**; un **cliente**; el **estado de cuenta** de éste; un **depósito**; el **número de clientes en la línea de espera**; y **llegada** de un nuevo cliente.

En un sistema de manufactura, un ejemplo de cada término sería: una **máquina-herramienta**; un bloque de **materia prima**; la **velocidad de procesamiento** de la máquina-herramienta; un **proceso de taladrado**; el conjunto de **sistema operando o desocupado o en reparación**; y **aparición de una falla** en la máquina-herramienta.

La simulación de sucesos discretos se refiere a la modelación de sistemas en los que las variables de estado cambian únicamente en determinados instantes de la escala de tiempo. Los modelos se analizan a través de métodos numéricos (en lugar de analíticos). En ellos se emplean procedimientos computacionales para “resolver” modelos matemáticos. Más apropiadamente, los modelos pasan por “corridas”, en vez de procesos de solución.

Aunque la aplicación a problemas reales es conducida con el recurso de la computadora, para la comprensión y el aprendizaje de la simulación es de gran utilidad resolver pequeños modelos manualmente.

4.1.3. Etapas en un modelo de simulación

La Figura 4.1 muestra el conjunto de etapas para guiar la construcción de un modelo de simulación de manera exhaustiva.

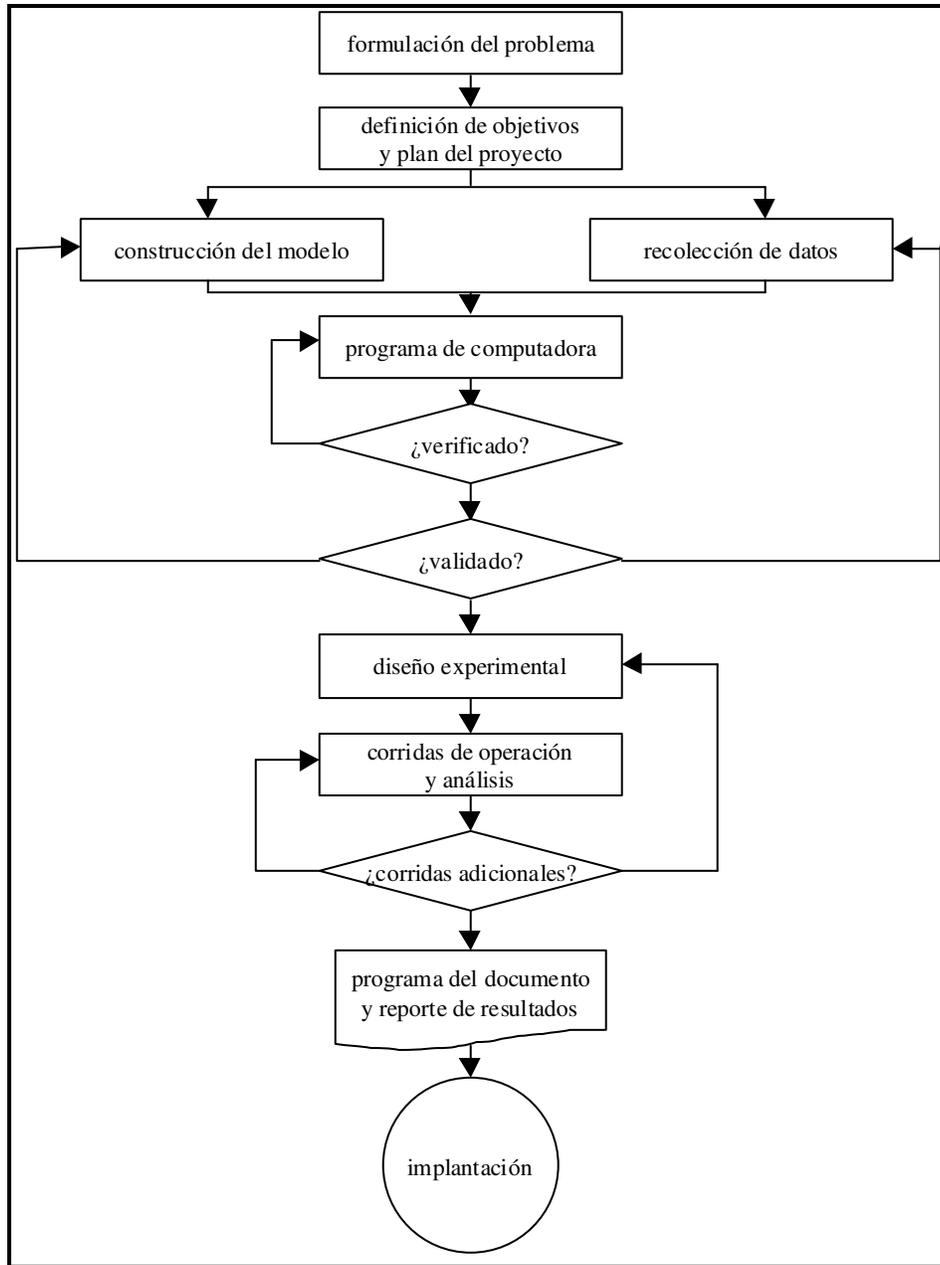


Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso general de simulación.
Fuente: Banks, 1996.

Después de la formulación del problema y la definición de la extensión del proyecto, se notan dos grandes etapas: la de construcción del modelo (que representa al sistema en las condiciones presentes) y la de experimentación (para definir el mejor sistema futuro). La primera incluye los bloques de construcción del modelo, recolección de datos, así como

verificación y validación del programa computacional. Por su parte, la segunda comprende el diseño de experimentos, las corridas y el reporte de resultados, para llegar a la implantación.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR EMPLEADO

A continuación se describe el software de simulación que es empleado en esta tesis llamado ProModel. Se seleccionó en particular este software debido a que ofrece una versión estudiantil accesible a quien inicia en el manejo de estas herramientas y por tener un soporte profesional muy sólido. En el paquete de software ProModel se establece la compenetración que debe existir entre la herramienta de simulación y las características por observar en el sistema de producción. ProModel construye los modelos a través de definir una trayectoria de los productos a lo largo de los puntos de transformación, definir recursos adicionales como operarios y herramientas, definir el sistema de manejo de materiales, programar la llegada de partes al sistema y especificar los parámetros de la simulación. El paquete solicita al usuario definir la distribución de planta y los elementos dinámicos de la simulación.

4.2.1. Características de ProModel

Algunas características de ProModel son:

- Los modelos son creados de manera gráfica. Proporciona interfaces intuitivas, diálogo interactivo y ayuda en línea. Un apoyo de programación automática guía al usuario a lo largo del proceso de construcción del modelo.
- El software opera en ambiente Windows, beneficiándose de la sincronía entre ventanas y del intercambio de datos. Se aprovechan los recursos como los tipos de letra, la impresión y la graficación y la importación de datos desde hojas de cálculo.
- Se ofrece un tamaño del modelo virtualmente ilimitado.
- Ofrece un editor gráfico bidimensional con escalamiento y rotación. Los iconos pueden definirse ya sea vectorialmente o con *pixeles*. La característica de mapa de bits de los iconos permite una velocidad rápida de la animación durante las corridas de simulación.

- Se permite la importación de dibujos de *CAD*, así como informaciones y programas de operación del proceso. Pueden generarse los reportes de salida y archivos en hojas de cálculo, definidos por el usuario.
- Los elementos estáticos y dinámicos de la animación se desarrollan mientras se define el modelo, de forma integrada.
- Sólo se requiere de hardware estándar, sin necesidad de tarjetas, monitores o circuitos coprocesadores especiales.
- Proporciona la posibilidad de construcción preprogramada. Esto permite una modelación rápida de recursos de procesamiento múltiples, compartidos o móviles, así como de tiempos de falla y turnos de trabajo.
- Se dispone de un paquete estadístico avanzado (*Stat::Fit*).
- Se proporciona la capacidad de corridas de simulación de escenarios múltiples (*SimRunner*), facilitando el diseño de experimentos.

4.2.2. Simulación de sistemas de manufactura y de manejo de materiales

Los sistemas de manufactura y de manejo de materiales representan una de las aplicaciones de la simulación más importantes (Banks, 1996). La simulación ha sido aplicada exitosamente como un apoyo para el diseño de instalaciones nuevas de producción, de almacenamiento y de distribución. También ha sido utilizada para la evaluación de las propuestas de mejora de instalaciones existentes. En todo caso, la simulación ha sido de utilidad al proporcionar un medio de comprobación preliminar, antes de llevar a cabo las modificaciones en el sistema real representado.

Para reflejar toda su utilidad, sin perder la identificación de las áreas de problema reales, las simulaciones de sistemas de producción, al igual que con todo tipo de modelos, requieren ajustarse al nivel de detalle apropiado. La guía para ubicarse en el nivel correcto de detalle está en los objetivos del estudio y las preguntas que se desea responder. El nivel de detalle está restringido por la disponibilidad de datos de entrada y por el conocimiento de las

interacciones entre los elementos. Para sistemas nuevos, la disponibilidad de datos puede ser limitada y el conocimiento sobre el sistema puede basarse en suposiciones.

4.2.3. Medidas de desempeño en la simulación

El propósito de la simulación está en proporcionar una visión integral y no sólo las tablas de resultados. Al adquirir un paquete de simulación, el beneficio buscado radica en la comprensión del sistema por crear o por modificar, por lo que se plantea dar respuesta a preguntas como la respuesta del sistema en momentos críticos, la respuesta ante cambios súbitos, la acumulación de partes, la sensibilidad a cambios en los recursos, la capacidad del sistema, o las condiciones por las cuales el sistema se satura.

Mientras que la simulación va a proporcionar medidas numéricas del desempeño, su mayor beneficio se ubica en la visión de conjunto y en la comprensión que resultan de la operación del sistema. La visualización a través de la animación y de los resultados gráficos proporciona un apoyo importante en la comunicación de las hipótesis del modelo, la operación del sistema y los resultados del modelo. Con frecuencia, esta visualización es la mayor contribución a la validación del modelo, que lleva hacia la aceptación de los resultados numéricos del modelo.

Las metas principales de los modelos de simulación de sistemas de producción se refieren a identificar las áreas de problemas y a cuantificar el desempeño del sistema. Las medidas más comunes para expresar este desempeño son: la tasa de producción con carga promedio y con carga máxima; la tasa de utilización de las máquinas o la mano de obra; la duración del programa de fabricación; la eficiencia del control ante las eventualidades.

4.3. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANUFACTURA

A raíz de la descripción previa del proceso de interés en la línea de ensamble de camiones, el modelo en ProModel divide a los elementos en localidades, entidades, recursos, proceso y llegadas. Con esta clasificación en mente, se hace la descripción del modelo para la simulación.

Es necesario tomar en cuenta que, dado que se trabaja con una versión estudiantil del software, la representación de los elementos se efectuó de manera agregada. En el Anexo A se presenta el listado del código mediante el cual estos datos quedan introducidos en el lenguaje de ProModel.

La Figura 4.2 es una pantalla del modelo de simulación construido.

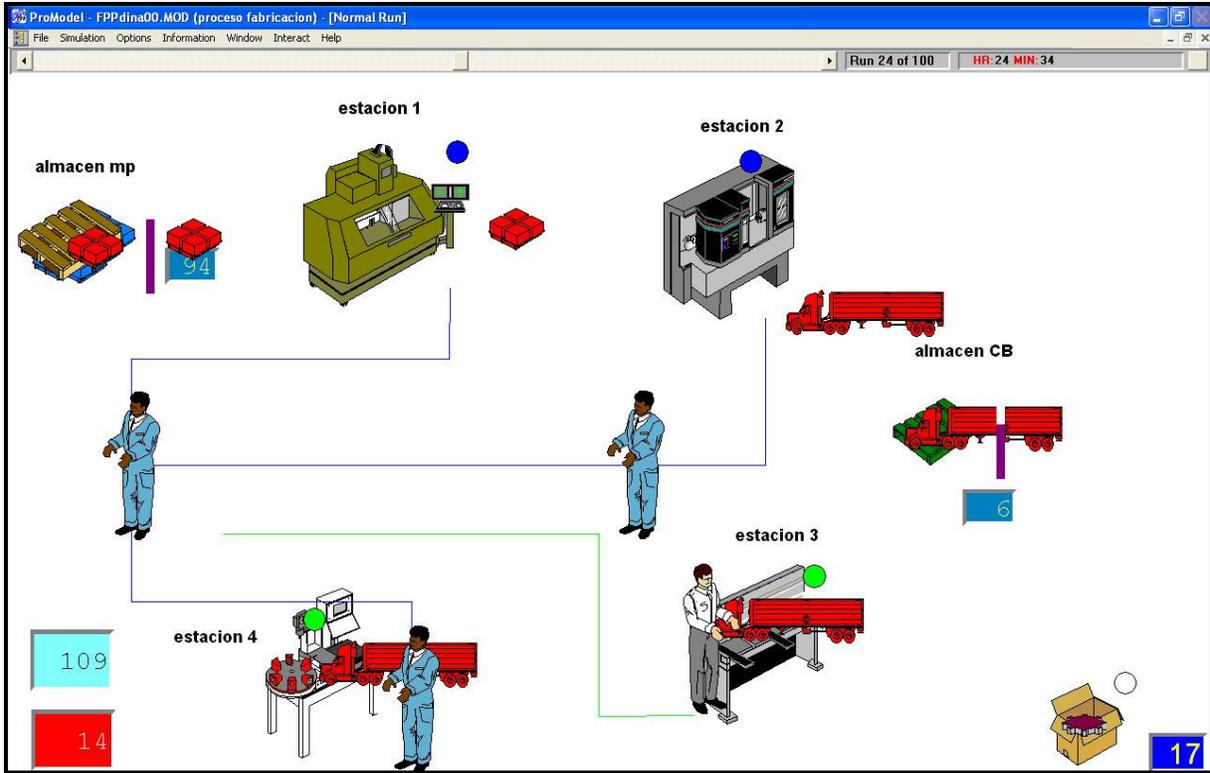


Figura 4.2. Pantalla del modelo de simulación del proceso de ensamble.

4.3.1. Localidades

Se han establecido las siguientes localidades:

- Puerta, con la función de controlar las llegadas de materia prima, de capacidad de 100
- Almacén materia prima, cuya capacidad es de 120 unidades y regla de utilización, primero en arribar, primero en ser servido

- Estación 1, primer proceso productivo y capacidad unitaria, su tiempo se detalla en el apartado de procesos
- Estación 2, segundo proceso productivo
- Almacén CB, almacenamiento temporal, de capacidad 10, que protege de desabasto a la estación 3
- Estación 3, tercer proceso productivo
- Estación 4, cuarto y último proceso productivo
- Rechazo, que es el área de espera para el retrabajo, de capacidad no acotada (500), para las entidades que, después de un proceso, presentan deficiencias.

Para las estaciones se detallan las fallas como tiempos de indisponibilidad, variables aleatorias. Dentro de esta simplificación, el modelo inicial les asigna valores iguales a las cuatro consideradas. Éstos son de distribución exponencial, con media de 1000 minutos y primera ocurrencia igualmente aleatoria, del mismo valor. Una vez presente la falla, su resolución se realiza con la intervención del grupo de mantenimiento durante un tiempo estimado como una variable aleatoria de distribución uniforme, con media de 30 minutos y semirango de 10 minutos.

4.3.2. Entidades

Se consideran las siguientes entidades, que son los materiales que circulan en el sistema:

- materia A, es la materia prima para los productos de tipo A
- materia B, para los productos de tipo B
- producto A
- producto B
- desecho, producto con defecto, que pasa al área de retrabajo.

4.3.3. Operarios

Se dispone de cuatro operarios, uno por cada una de las estaciones, con la particularidad de que el encargado de la estación 3 se especializa en ésta, mientras que los otros atienden indistintamente a las otras tres máquinas

4.3.4. Procesos

Se ejemplifica el que corresponde a la estación 1, con el entendido de que su estructura es similar para las estaciones restantes:

- Cuando la materia A llega a la estación 1, se llama a un operario 1, se procesa durante un tiempo de duración aleatoria uniforme de media 4 minutos y semirango de uno, representado como $U(4,1)$ y se libera al operario. Terminada la operación, sale la materia A rumbo a la estación 2 aleatoriamente en el 97% de los casos y en el 3% restante se presenta un producto defectuoso, denominado “desecho”, rumbo a la localidad de “rechazo”.
- Cuando la materia B llega a la estación 1, el recorrido es análogo.
- En la estación 2, el tiempo de proceso es de $U(4.55,0.35)$
- En la estación 3, el tiempo de proceso es de $U(6.9,0.80)$
- En la estación 4, el tiempo de proceso es de $U(5.5,1)$

4.3.5. Llegadas

Los ingresos de materia prima al sistema se representan como las llegadas. En este caso, conforme a un plan de entregas, que se explica a continuación:

- materia A, se recibe en la localidad “puerta”, en lotes de 120 unidades, desde el inicio mismo de la simulación, en 20 lotes, cada 4 horas.
- materia B, llega a “puerta”, en lotes de 120 unidades, a partir de la hora 20, se repite el ciclo 20 veces, cada 4 horas.

4.3.6. Réplicas

Para los experimentos de simulación, a fin de tener suficiente representatividad estadística, se realizan corridas de simulación representando 40 horas cada una, en réplicas de 100 ocasiones.

4.4. EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN

Después de validado el modelo de simulación al representar el comportamiento del sistema en sus condiciones iniciales, las mejoras que se proponen están relacionadas con modificaciones en los parámetros.

Se ha considerado que las oportunidades más prometedoras para modificar el sistema de ensamble de camiones, cada una con sus implicaciones financieras y técnicas que más adelante se analizarán, son las que se muestran en la siguiente lista:

En cada uno de los casos se cita la modificación efectuada en el sistema real y, en correspondencia con éste, los parámetros del simulador en los que se reflejan la modificación propuesta.

4.4.1. Control de calidad por estación

Para la mejora de la implantación de control de calidad en cada estación de trabajo y conteo de fallas, se cambia, en la definición del proceso, de cada una de las estaciones, la tasa de rechazos, que pasa de 3% a 2%, en cada una de las 8 apariciones, considerando los productos.

4.4.2. Disminución de capacidad de los almacenes

El deseo de disminuir los inventarios, se lleva a cabo por la disminución del parámetro al definir las localidades. Para el almacén de materia prima se ajusta de 120 a 100 y en cuanto al almacén de la estación 3, la capacidad pasa de 10 a 4.

4.4.3. Tamaños de lote pequeños

Reflejada como mejora en la mezcla de productos, equivalente a producir en cantidades de lote medianos y pequeños, se modifican las llegadas. Ahora se programan cada 5 horas alternadas para producto A y B en vez de 20 horas, en lotes que se reducen de 120 a 30 unidades y tiempos de preparación que pasan de 10 a 5 minutos por lote. Es decir, la cantidad

total de piezas es la misma, pero su agrupamiento por lotes corresponde a cantidades más pequeñas.

4.4.4. Menores tiempos y variación de proceso

La capacitación mejorada del personal, aunada a la mejora de los procedimientos en las operaciones se expresa en el modelo como el hecho de reducir en los tiempos de proceso de todos los casos, el valor medio a un 75% del valor inicial y la viabilidad del mismo, como una reducción e desviación estándar a la mitad de su valor original.

4.4.5. Trabajadores polivalentes

El comportamiento en la asignación de trabajos a operarios se manifiesta en el modelo como un cambio de trayectorias del modelo para un solo tipo de operario. Consecuentemente se emplean cuatro de características iguales, es decir, cualquiera de ellos puede participar en cualquiera de las estaciones.

4.4.6. Menor número de fallas de máquina

La mejora de la confiabilidad del proceso es expresada en dos aspectos: en la definición de las locaciones, en cuanto a sus tiempos de indisponibilidad, la media de las fallas cambia de 1000 a 1500 y los tiempos de reparación se reducen de 30 a 25 minutos.

4.5. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 4.2, de resultados obtenidos, se ponen de evidencia los comportamientos del sistema en operación cuando se someten a prueba las modificaciones en los parámetros que se han señalado, como eventuales mejoras.

La designación del caso 0 corresponde al sistema en su evaluación inicial, antes de las modificaciones. Además de la medida de desempeño que corresponde al número total de camiones fabricados, se desglosan los valores medio y de desviación estándar por cada uno de los tipos de producto A y B. Por otra parte, se señala el número de productos no conformes de

acuerdo con el dictamen de la inspección, también en valor promedio y en desviación estándar. La columna última reporta el porcentaje de utilización de la estación 3.

En cuanto a la evaluación del sistema en número de productos fabricados, la mejor opción resulta la 4, referente a la reducción de los tiempos de proceso, junto con la variación de éste. En el mismo lapso de dos semanas se alcanza ahora un promedio de 211.66, contra los 191.84 iniciales. En orden decreciente, las opciones siguientes resultan ser las de mejorar la confiabilidad del proceso (6), mejorar la calidad por proceso (1) y aplicar la polivalencia de los trabajadores (5), con producciones, respectivamente, de 197.97, 197.10 y 193.23 unidades. También es de notar que las modificaciones restantes producen un efecto contrario, al reducirse el número de productos salientes.

Ahora bien, el orden de mejor desempeño en lo tocante al segundo índice, el de productos desechados, señala como mejor opción a la 1, la de implantar el control de calidad por estación, con 17.22, mientras que para la opción 4 se obtiene el valor de 27.60, que incluso es menos favorable que el inicial. De esto se desprende que basarse en un solo índice de desempeño no es suficiente y es necesario observar los resultados de un proyecto de simulación de manera más integral.

TABLA 4.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

	Modificación en el modelo	Producto A (media)	Producto A (desviación estándar)	Producto B (media)	Producto B (desviación estándar)	Total producto	Desecho (media)	Desecho (desviación estándar)	% operación E3
0	Inicial	105.96	3.29	85.88	5.71	191.84	25.83	5.09	59.03
1	Control de calidad por estación	110.73	2.82	86.37	5.53	197.10	17.22	4.48	59.32
2	Disminuir capacidad de almacenes	105.56	3.60	85.61	6.00	191.17	25.99	5.34	58.67
3	Tamaños de lote pequeños	105.14	4.07	83.41	4.38	188.55	23.86	5.31	57.71
4	Menores tiempos y variación de proceso	106.28	3.35	105.38	3.71	211.66	27.60	4.88	48.56
5	Trabajadores polivalentes	106.05	3.31	87.18	6.53	193.23	26.18	4.72	59.36
6	Menor número de fallas de máquina	106.15	3.66	91.82	4.99	197.97	26.42	5.63	60.75

Adicionalmente, se hace notar que aparecen opciones de supuesta mejora, como la 2, de disminuir la capacidad de los almacenes que, si el fenómeno no es cabalmente comprendido, resultan contraproducentes. En este caso particular, la reducción de inventarios no debe ser una variable forzada, sino resultante de modificaciones en otros parámetros que indirectamente generen el efecto buscado.

Son varias más las inferencias que se prestan a análisis a partir de los resultados, pero, para los fines de esta experimentación, la más importante está en señalar que, globalmente, la opción preferida por su impacto en el desempeño del sistema productivo es la de actuar en el sentido de acortar los tiempos de proceso a un 75 por ciento de su valor inicial, junto con la sigma de éstos, que se entienden como consecuencias de una táctica de capacitación del personal directo e indirecto, aunada a mejoras en los procedimientos de las operaciones productivas.

También es ilustrativo comentar que un software como el empleado complementa, de forma gráfica, la información entregada, como se indica en la Figura 4.3 para los estados de funcionamiento de una máquina entre operación, desocupada, bloqueada, indisponible o en preparación, o bien, la Figura 4.4 para una gráfica circular del mismo resultado, o la 4.5 para el seguimiento en el tiempo del número de artículos en un almacén.

De acuerdo a la experiencia y el conocimiento obtenido durante la vida laboral del sustentante en DINA Camiones, y conociendo el sistema productivo, se tomó como variable relevante “el total de productos terminados” y como criterio de desempeño a la “tasa de producción con carga promedio y con carga máxima”; siendo la mejor propuesta después de ser analizada la número cuatro (menores tiempos de variación de proceso) en donde se producen más camiones.

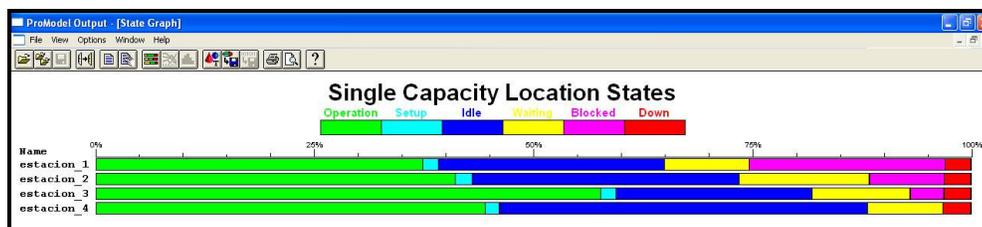


Figura 4.3. Resultado gráfico de la operación para las localidades del modelo.

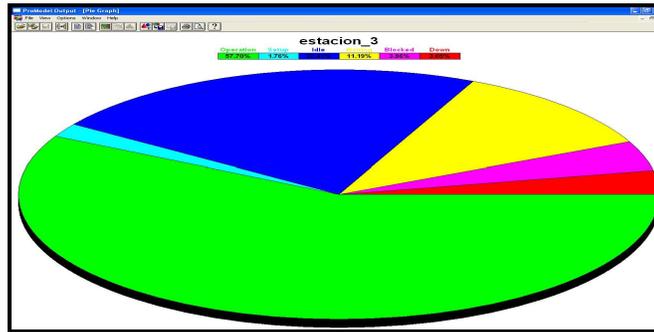


Figura 4.4. Resultado gráfico de los estados de funcionamiento para la localidad Estación 3.

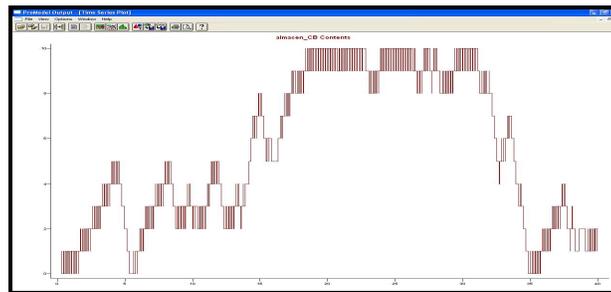


Figura 4.5. Resultado gráfico de la evolución en el tiempo de la variable “contenido de almacén”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta tesis se ha presentado la aplicación de la simulación a un caso de línea de ensamble de camiones en DINA, desde la descripción del caso y su problemática hasta la experimentación con alternativas de mejora, pasando por un diagnóstico, la elección de parámetros factibles de representar y la modelación con un software específico, ProModel.

Una de las aportaciones de este trabajo de tesis es la comprobación de las ventajas de la herramienta de simulación en auxilio del encargado de tomar decisiones en un sistema de manufactura, al facilitar el análisis, por la comprensión de las interacciones entre numerosas variables y su efecto sobre un desempeño buscado.

Es posible también observar que no sólo la simulación es de interés industrial, sino que en el entorno académico sirve para ilustrar un gran número de los fenómenos que ocurren en los sistemas y puede convertirse en un instrumento didáctico de gran valor.

Se cumplió el objetivo general planteado, de proponer las acciones de mejora en productividad del proceso que se realiza en una línea de ensamble de camiones, que apliquen los principios de la manufactura flexible y comprueben su efectividad en un software

simulador de procesos, al haber sido posible integrar todas las etapas de análisis, propuesta y expresión de soluciones.

En cuanto a los objetivos particulares, se lograron cumplir, dado que se proporcionaron los conceptos de base de los sistemas de producción flexibles, se analizó y diagnosticó el proceso productivo de DINA Camiones, se propusieron las modificaciones al proceso con elementos y principios de la manufactura flexible para aumentar la productividad y se simularon en computadora, con ProModel, los experimentos con el proceso de producción de ejemplo, antes y después de las mejoras.

Se observa que la utilización de los paquetes de simulación se justifica en los casos industriales por entregar mejores resultados que los métodos de cálculo simples, además de expresar de mejor manera la complejidad de los sistemas y facilitar la evaluación numérica, haciendo menos tedioso el proceso de análisis, y de permitir expandir o reducir el tiempo, dando una visión muy clara de los procesos y sus interacciones. Particularmente, el software ProModel resultó ser de relativamente fácil comprensión y manejo en la versión estudiante utilizada, constituyéndose en una herramienta muy ventajosa para la evaluación de sistemas de manufactura.

En este trabajo la intención no fue la optimización de la operación de la línea de fabricación (que hubiera llevado a una cantidad mucho mayor de corridas de simulación), sino la comparación relativa de un conjunto de propuesta de mejora respecto del sistema inicial y, en este sentido, el logro de los resultados fue satisfactorio.

Por esta razón, se hace la recomendación para un trabajo futuro de un diseño de experimentos más profundo, en busca de la optimización, que incluya los rangos de condiciones experimentales y el análisis riguroso, para incrementar la utilidad de los resultados de la simulación en la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN CONSULTING (1990). *La Fábrica del Futuro: Calidad, Flexibilidad y Gestión Industrial*, Ciencias de la Dirección, Madrid.
- ANDRÉS PUENTE, E., R. ARACIL y C. BALAGUER (1986). “Fabricación Flexible”, en *Sistemas CAD/CAM/CAE: Diseño y Fabricación por Computador*, J. MOMPÍN POBLET (coord.), Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, pp. 197-211.
- BANKS, J., J. S. CARSON II y B. L. NELSON (1996). *Discrete-Event System Simulation*, Segunda edición, Prentice-Hall, Upper Saddle River NJ.
- BATEMAN, R. E., R. G. BOWDEN, T. J. GOOG, C. R. HARRELL y J. R. A. MOTT (1997). *System Improvement Using Simulation*, 5a. edición, ProModel Corporation, Orem UT.
- BORDOLOI, S. K., W. W. COOPER y H. MATSUO (1999). “Flexibility, Adaptability, and Efficiency in Manufacturing Systems”, *Production and Operations Management*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-150.
- CHASE, R. B. y N. J. AQUILANO (1995). *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*, 6a. edición, McGraw-Hill, México.
- DINA Camiones (2007). “DINA: Historia” (Texto consultado en línea en marzo de 2007). <http://www.dina.com.mx/historia/frame.htm>
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J. A., S. GARCÍA GONZÁLEZ, M. A. DOMÍNGUEZ MACHUCA, A. RUIZ JIMÉNEZ y M. J. ÁLVAREZ GIL (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios*, McGraw-Hill, Madrid.
- FERRÉ MASIP, R. (1988). *La Fábrica Flexible*, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona.
- FITCH, J. W. (1984). *Motor Truck Engineering Handbook*, 3a edición, Fitch, Anacortes WA.

- FRAILE GALLO, M. (1986). “Aplicaciones en la Industria del Automóvil”, en *Sistemas CAD/CAM/CAE: Diseño y Fabricación por Computador*, J. MOMPÍN POBLET (coord.), Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, pp. 139-146.
- GERWIN, D. (1993). “Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective”, *Management Science*, Vol. 39, No. 4, pp. 395-410.
- GOLDRATT, E. M. y J. COX (1998). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*, 7a. edición, Castillo, Monterrey.
- GROOVER, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas*, Prentice-Hall, México.
- GROOVER, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Segunda edición, Prentice-Hall, Upper Saddle River NJ.
- HARRELL, C. R., B. K. GHOSH y R. BOWDEN (2000). *Simulation Using ProModel*, McGraw-Hill, Boston.
- HERNÁNDEZ CHÁVEZ, Y., G. HERNÁNDEZ CHÁVEZ y J. ROJAS RAMÍREZ (2003). “Impacto de la Relación Motivación-Productividad en las Organizaciones Mexicanas”, en *7o. Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas: Memorias* (México, D. F., 3-7 noviembre 2003), pp. 1-4, IPN - ESIME - SEPI.
- MICHELI THIRIÓN, J. (1994). *Nueva Manufactura, Globalización y Producción de Automóviles en México*, UNAM, México.
- MOCHÓN, J., R. APARICIO, M. ARMADA y A. GAGO (1986). “Introducción a los Sistemas para CAD/CAM/CIM/CAE/CAL/CAI: Estado Actual y Perspectivas”, en *Sistemas CAD/CAM/CAE: Diseño y Fabricación por Computador*, J. MOMPÍN POBLET (coord.), Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, pp. 13-37.
- MONDEN, Y. (1990). *El Sistema de Producción de Toyota*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- PRICE, R. N. y CH. R. HARRELL (1999). “Simulation Modeling and Optimization Using ProModel”, en *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, P. A. FARRINGTON, H. B. NEMBHARD, D. T. STURROCK y G. W. EVANS (eds.), pp. 208-214. (Artículo consultado en línea en mayo de 2004). <http://www.informs-cs.org/wsc99papers/027.pdf>
- PROMODEL (1998). *ProModel User's Guide*, versión 4.1, ProModel Corporation, Orem UT.
- QUEIPO VAQUERO, S. (2007). “Un Poco de Historia de Dina: Única Marca Mexicana” (Texto consultado en línea en mayo de 2007). <http://www.anguera.com/marcs.php?subd=galeria&pag=dina>
- REVELIOTIS, S. A. (1999). “Accommodating FMS Operational Contingencies through Routing Flexibility”, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 15, No. 1, pp. 3-19.
- ROBBINS, S. P. (1999). *Comportamiento Organizacional*, 8a edición, Prentice-Hall Pearson, México, pp. 526-527.

- ROHRER, M. W. (1998). "Simulation of Manufacturing and Material Handling Systems", en *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*, J. Banks (editor), Wiley, Nueva York, pp. 519-545.
- SANFELIU, A. (1986). "Evolución Histórica de la Automatización de los Procesos Industriales", en *Sistemas CAD/CAM/CAE: Diseño y Fabricación por Computador*, J. MOMPÍN POBLET (coord.), Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, pp. 3-12.
- SCHÄRER, U. *et al.* (1984). *Ingeniería de Manufactura*, CECSA, México.
- SCHULTZ, K. L., J. O. MCCLAIN y L. J. THOMAS (2003). "Overcoming the Dark Side of Worker Flexibility", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, No. 1, pp. 81-92.
- TSOURVELOUDIS, N. C. y Y. A. PHILLIS (1998). "Manufacturing Flexibility Measurement: A Fuzzy Logic Framework", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 14, No. 4, pp. 513 -524.
- ULGEN, O. y A. GUNAL (1998). "Simulation in the Automobile Industry", en *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*, J. BANKS (editor), Wiley, Nueva York, pp. 547-570.
- VAN BRUSSEL, H. y P. VALCKENAERS (1999). "Robotics, FMS, and CIM", en *Handbook of Industrial Robotics*, Segunda edición, S. Y. NOF (editor), Wiley, Nueva York, pp. 811-823.
- HARRELL, CH. R. (1999). "Simulation Modeling and Optimization Using ProModel", en *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, P. A. FARRINGTON, H. B. NEMBARD, D. T. STURROCK y G. W. EVANS (eds.), pp. 208-214. (Artículo consultado en línea en mayo de 2004). <http://www.informs-cs.org/wsc99papers/027.pdf>

ANEXO A:

CÓDIGO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En este Anexo se presenta el código empleado por ProModel para el modelo de simulación del sistema de fabricación de DINA Camiones analizado.

```
*****
*                               Formatted Listing of Model:                               *
*                               C:\spdemoss\PMproyecto\PMproy07\FPPdina00.MOD              *
*****

Time Units:                      Minutes
Distance Units:                  Meters

*****
*                               Locations                                               *
*****

Name      Cap Units Stats      Rules      Cost
-----
puerta    100 1      Time Series Oldest, ,
almacen_mp 120 1      Time Series Oldest, ,
estacion_1 1 1      Time Series Oldest, ,
estacion_2 1 1      Time Series Oldest, ,
almacen_CB 10 1      Time Series Oldest, ,
estacion_3 1 1      Time Series Oldest, ,
estacion_4 1 1      Time Series Oldest, ,
rechazo   500 1      Time Series Oldest, ,

*****
*                               Clock downtimes for Locations                          *
*****

Loc      Frequency      First Time      Priority      Scheduled Disable Logic
-----
estacion_1 E(1000)      E(1000)      99      No      No      WAIT U(30,10)
estacion_2 E(1000)      E(1000)      99      No      No      WAIT U(30,10)
estacion_3 E(1000)      E(1000)      99      No      No      WAIT U(30,10)
estacion_4 E(1000)      E(1000)      99      No      No      WAIT U(30,10)
```

```
*****
*                               Setup downtimes for Locations                               *
*****
```

Loc	Entity	Prior Entity	Logic
estacion_1	materia_A	materia_B	GET operario_1
			WAIT prepara_B_A
	materia_B	materia_A	FREE operario_1
			GET operario_1
estacion_2	materia_A	materia_B	WAIT prepara_A_B
			FREE operario_1
	materia_B	materia_A	GET operario_1
			WAIT prepara_A_B
estacion_3	producto_A	producto_B	FREE operario_1
			GET operario_2
	producto_B	producto_A	WAIT prepara_B_A
			FREE operario_2
estacion_4	producto_A	producto_B	GET operario_2
			WAIT prepara_A_B
	producto_B	producto_A	FREE operario_2
			GET operario_1

```
*****
*                               Entities                                                   *
*****
```

Name	Speed (mpm)	Stats	Cost
materia_A	5	Time Series	
materia_B	5	Time Series	
producto_A	5	Time Series	
producto_B	5	Time Series	
desecho	5	Time Series	

```
*****
*                               Path Networks                                             *
*****
```

Name	Type	T/S	From	To	BI	Dist/Time	Speed Factor
trayecto_1	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Bi	52.42	1
			N3	N1	Bi	82.57	1
			N4	N1	Bi	54.28	1
			N1	N2	Bi	69.14	1
trayecto_2	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Bi	69.14	1

```
*****
*                               Interfaces                                                 *
*****
```

Net	Node	Location
trayecto_1	N2	estacion_1
	N3	estacion_2
	N4	estacion_4
trayecto_2	N2	estacion_3

```

*****
*
*                               Resources                               *
*****
Name          Units  Stats      Res      Ent
-----
operario_1  3      By Unit  Idle     Oldest  trayecto_1 Empty: 50 mpm
                                         Home: N1   Full: 5 mpm
                                         (Return)

operario_2  1      By Unit  Closest Oldest  trayecto_2 Empty: 50 mpm
                                         Home: N1   Full: 5 mpm
                                         (Return)

*****
*
*                               Processing                               *
*****

Process                                Routing

Entity  Location  Operation      Blk  Output  Destination  Rule      Move Logic
-----

--
materia_A  puerta
materia_B  puerta
materia_A  almacen_mp
2.5
materia_B  almacen_mp
2.5
materia_A  estacion_1  GET operario_1
                WAIT U(4,1) min
                FREE operario_1
2.5
                1  materia_A  estacion_2  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000  MOVE FOR
2.5
materia_B  estacion_1  GET operario_1
                WAIT U(4,1) min
                FREE operario_1
2.5
                1  materia_B  estacion_2  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000  MOVE FOR
2.5
materia_A  estacion_2  GET operario_1
                WAIT U(4.55,0.35) min
                FREE operario_1
2.5
                1  producto_A almacen_CB  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000
materia_B  estacion_2  GET operario_1
                WAIT U(4.55,0.35) min
                FREE operario_1
2.5
                1  producto_B almacen_CB  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000  MOVE FOR
2.5
producto_A  almacen_CB
2.5
                1  producto_A  estacion_3  FIRST 1  MOVE FOR
2.5
producto_B  almacen_CB
2.5
                1  producto_B  estacion_3  FIRST 1  MOVE FOR
2.5
producto_A  estacion_3  GET operario_2
                WAIT U(6.9,0.80) min
                FREE operario_2
2.5
                1  producto_A  estacion_4  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000  MOVE FOR
2.5
producto_B  estacion_3  GET operario_2
                WAIT U(6.9,0.80) min
                FREE operario_2
2.5
                1  producto_B  estacion_4  0.970000  1  MOVE FOR
                desecho  rechazo    0.030000  MOVE FOR
2.5
producto_A  estacion_4  GET operario_1
                WAIT U(5.5,1) min

```

```

                FREE operario_1
                INC producido_A
2.5              1  producto_A EXIT      0.970000 1 MOVE FOR
                desecho   rechazo   0.030000  MOVE FOR
2.5
  producto_B estacion_4 GET operario_1
                    WAIT U(5.5,1) min
                    FREE operario_1
                    INC producido_B
2.5              1  producto_B EXIT      0.970000 1 MOVE FOR
                desecho   rechazo   0.030000  MOVE FOR
2.5
  desecho   rechazo   ACCUM 50
                    INC recha
2.5              1  desecho   EXIT      FIRST 1
  desecho   rechazo   ACCUM 50
                    INC recha
                    1  desecho   EXIT      FIRST 1

*****
*                               Arrivals                               *
*****

Entity      Location  Qty each  First Time Occurrences Frequency  Logic
-----
materia_A   puerta    120      0          19          2400
materia_A   puerta     2         0           1           1
materia_B   puerta    120     1200      20          2400
producto_A  almacen_CB 2         0           1           1
producto_B  almacen_CB 2         0           1           1

*****
*                               Variables (global)                       *
*****

ID          Type      Initial value Stats
-----
numer      Integer    2          Time Series
producido_A Integer    0          Time Series
producido_B Integer    0          Time Series
prepara_B_A Real       10         Time Series
prepara_A_B Real       10         Time Series
recha      Integer    0          Time Series

```

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Automatización: El uso de máquinas trabajando independientemente del control y de la intervención humanos.

Célula (o celda) flexible: Uno de los mejores arreglos de máquinas, manejo de mejo de materiales y mano de obra para fabricar un producto o familia de productos, que tiene procesos, geometrías u operaciones similares.

Fabricación por lotes: El enfoque tradicional de fabricación de productos en exceso, cantidades económicamente lógicas, que suponen permanecer activos produciendo a su capacidad alta. Normalmente justificada por ingenieros como la mejor forma de amortizar los tiempos que las máquinas no están trabajando sobre una gran población de partes. Este enfoque construye demoras dentro del proceso. No puede mover piezas al próximo proceso hasta que todas han sido procesadas. Entre más grande es el lote, más grande resultan el espacio de las piezas y la demora entre procesos.

Flexibilidad: Se utiliza en producción para resaltar la facultad de abarcar una gran variedad de productos sin dificultad.

Flujo de producción: Uno de los elementos de la producción Justo a tiempo, es definido como el movimiento de productos e información de un paso que agrega valor a otro continuamente. También se le conoce como flujo pieza a pieza.

Inspección: Acción de comparar un producto o componente o servicio contra especificaciones, para determinar si satisfacen los requerimientos. En la filosofía Manufactura Esbelta, “inspección innecesaria es Muda” los diseños de procesos y métodos deberían ser creados de tal manera que permitan que la inspección y la corrección se completen como otro paso en una operación de fabricación. La mentalidad básica es que la detección de un defecto, después de que ha ocurrido, es inaceptable.

Inventario: Muchos operadores y gerentes, todos frecuentemente tienen el concepto erróneo de que los inventarios consisten y son vistos como “el dinero que el negocio ha invertido en comprar las cosas que ellos intentan vender para obtener una utilidad”. La administración exitosa del inventario requiere mirar al inventario en cada uno de los estados de la transformación. Existen de materia prima, de artes y productos semiterminado o de producto terminado.

Justo a Tiempo: (Ver Manufactura Esbelta).

Mantenimiento Productivo Total (en inglés *Total Productive Maintenance*, o *TPM*): Es un enfoque de mantenimiento que optimiza la eficiencia del equipo, elimina las paradas de las máquinas, reduce las pequeñas fallas y promueve el mantenimiento autónomo del operador, involucrando a toda la plantilla. Se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción, por una implicación concreta y diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo.

Manufactura Esbelta: Es una filosofía de aplicación de varias herramientas de ayuda a la eliminación de las operaciones que no agregan valor al producto o al proceso, aumentando el valor de la actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en: la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, el respeto por el trabajador y la mejora consistente de productividad y calidad. También es una designación en el mundo occidental de lo que significa la filosofía *Justo a Tiempo* en el Japón.

Niveles de flexibilidad: En una fábrica flexible se encuentran tres niveles de aplicación, diferenciadas por la capacidad de integración de funciones: la célula flexible (formada por pocas máquinas o quizá solamente una); la línea o grupo flexible (formada por varias máquinas de control numérico relacionadas entre sí mediante un sistema de transporte de piezas), y; el taller flexible (con todas las funciones de fabricación integradas).

Polivalencia: En cuanto a la fuerza de trabajo flexible, significa variar el número de trabajadores para ajustarse a los cambios de demanda. Cuando menos, los empleados deben conocer la operación anterior y la posterior a la que están realizando y ser capaces y estar dispuestos a ejecutar diferentes tipos de actividades en otras áreas de la empresa.

Productividad: Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada o equipo industrial. En sistemas de manufactura, es una medida de efectividad, en cuanto al número de productos entregados por unidad de recurso.

Sistema: conjunto de procesos trabaja en forma coordinada para lograr un objetivo común

Sistemas de manufactura flexibles: sistema bajo control automático, capaz de producir una variedad de productos dentro de una gama determinada.

Tecnología de Grupos: un método efectivo que racionaliza la producción y sirve para localizar piezas similares y evitar diseñar nuevas, para establecer métodos de fabricación iguales y para organizar la planta en células o grupos de máquinas para fabricar todas las piezas de una familia.

Tiempos de preparación: La preparación de una máquina se manifiesta en el tiempo que toma el conjunto de operaciones por realizar para proceder al cambio de producto, entre la última pieza producida del lote previo y la primera pieza producida del siguiente lote, en tiempo y con calidad. La aplicación de sistemas de preparaciones rápidas es obligada en empresas que fabriquen series cortas y con gran diversidad de productos, como lo recomienda la manufactura esbelta.