

300617  
11  
2ej



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL  
DE PRODUCCION EN UNA FABRICA DE  
PRODUCTOS ELECTRICOS**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
MARIO GONZALEZ MELO**

MEXICO, D. F.

1989

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE GENERAL

Introducción	1
<b>Capítulo I</b> Visión General de la Empresa.	
1.1 Descripción de la Empresa.	3
1.2 Desarrollo de la Empresa.	4
1.3 Organización de la Planta.	5
1.3.1. Organización por departamentos del área de producción.	5
1.3.2. Distribución de la planta.	7
1.3.3. Organigrama general de la planta.	8
1.4 Investigación Sobre el Control de Producción Anterior.	8
1.5 Visión de la Situación Actual.	10
<b>Capítulo II</b> Bases Teóricas.	
II.1 Introducción.	12
II.2 Límites de la Implantación.	12
II.3 Definición del Sistema.	14
II.3.1 Control de mínimos de inventario para el sistema de control de producción.	25
II.3.2 Tarjetas de producción.	28
II.3.3 Forma de control maestro.	31
II.4 Métodos de Implantación.	32
II.5 Método para el Control de la Implantación (Ruta Crítica).	35
II.5.1 Definición.	35
II.5.2 Usos.	35
II.5.3 Metodología.	35
II.6 Normas para la Implantación.	36
<b>Capítulo III</b> Implantación del Sistema de Control de Producción.	
III.1 Elaboración del Programa de Implantación Dual Aplicando el Control por Medio del Método de Ruta Crítica.	37
III.1.1 Definición del proyecto.	37
III.1.2 Lista de actividades.	38
III.1.2.1 Descripción de las actividades involucradas.	40

III.1.3 Matriz de secuencias.	43
III.1.4 Matriz de tiempos.	45
III.1.5 Matriz de información.	47
III.1.6 Red de actividades.	48
III.1.6.1 Normas para la construcción de una red.	48
III.1.6.2 Ruta crítica del proyecto.	49
III.1.7 Costos y pendientes.	51
III.1.8 Aprobación del proyecto.	54
III.1.9 Análisis de la actividad de implantación.	54
III.1.10 Desglose de la actividad.	55
III.2 Ejecución y Control del Proyecto.	58
III.2.1 Órdenes de trabajo.	58
III.2.2 Gráficas de avance.	61
III.2.3 Ejecución y control por procesos.	62
III.2.4 Gráficas de avance del sistema.	63

#### Capítulo IV Ejemplo Práctico.

IV.1 Antecedentes.	64
IV.2 Información de la computadora.	64
IV.3 Diagrama circular de flujo.	74
IV.4 Diagrama de relaciones interdepartamentales.	75

#### Capítulo V Evaluación de los Resultados.

V.1 Beneficios del sistema.	77
V.2 Análisis de los alcances del sistema.	78
V.3 Reporte de resultados.	82

#### Capítulo VI Conclusiones.

VI.1 Importancia de un plan de desarrollo.	86
VI.2 Manejo de personal.	87
VI.3 Administración de recursos.	88
VI.4 Control de actividades.	88

#### Bibliografía

89

## INTRODUCCION

El objetivo general de esta tesis es buscar una aplicación de conocimientos, adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial, a un proyecto teórico práctico, cuyo éxito se fundamenta en una administración adecuada de los recursos (humanos, físicos y económicos) para obtener la mayor productividad.

El proyecto comprende dentro de sus límites las siguientes etapas:

- identificar las bases teóricas por aplicarse,
- implementación del sistema de control de producción,
- evaluación de los resultados.

Una vez concluidos estos puntos, se obtienen beneficios inmediatos que se reflejan en la estructura general de la empresa y se incrementan en el tiempo.

Para entender el desarrollo de la implantación del sistema, es necesario tener una visión general de la empresa en donde se aplica. Se da una descripción de la misma, incluyendo su organización, distribución y problemática; se pretende obtener un marco teórico en función del cual se debe interpretar el sistema y la forma de realización, así como las modificaciones al plan original.

Si bien el panorama que se presenta de la empresa es completo, no es un análisis profundo y detallado, debido principalmente a que los problemas de la empresa estaban perfectamente localizados y definidos, tanto en sus causas como en sus efectos. Cabe aclarar que no era suficiente conocer las deficiencias del sistema de control de producción, porque:

## Introducción

- el personal de la empresa no tenía los conocimientos mínimos necesarios para sortear los obstáculos,
- a pesar de tener las herramientas adecuadas, existía una resistencia al cambio,
- había conflictos entre el personal, lo cual restaba eficiencia a cualquier esfuerzo de solución.

Además de la pérdida económica inherente a una baja productividad, cada intento de solución acarrea un gasto adicional.

Estas fueron las causas que influyeron en la contratación de un Ingeniero Industrial, lo cual eventualmente condujo a una mejor administración de los recursos e incremento de la productividad.

## Capítulo I Visión General de la Empresa.

### 1.1 Descripción de la Empresa.

La empresa "Productos Eléctricos Elmex" basa su prestigio al desarrollar tecnologías alemanas e inglesas. Mantiene estrechas relaciones con compañías transnacionales de reconocido prestigio en el mercado mundial de productos eléctricos de alta tensión. Estas empresas permiten que se fabriquen artículos bajo su tecnología mediante la renta de una licencia de fabricación y requiriendo que cierto porcentaje de cada producto terminado sea de partes importadas. La relación de partes de fabricación nacional contra importadas es de 80-20, mientras que en costo es de 60-40.

Por otra parte, el gobierno de México exige que se obtenga el mayor grado de integración nacional, lo cual dificulta la importación de artículos.

Una de las principales compañías de quien depende Productos Eléctricos Elmex para su producción es General Electric Company, de Inglaterra. GEC supervisa la correcta adaptación de sus productos a las necesidades nacionales y sugiere, de su tecnología, las aplicaciones más apropiadas a cada caso para que no se generen fallas; GEC exige tener un control de calidad elevado dentro de la compañía ya que la gama y tipo de productos que se manejan traen consigo una gran responsabilidad, se pone en peligro la vida de otras personas al manejar alta tensión.

Los métodos que se utilizan para satisfacer los requerimientos de control de calidad son varios y dependen del producto que se esté probando. La dirección de la empresa realiza

grandes esfuerzos, dentro de lo posible, en materia de control de calidad ya que comprende la naturaleza del producto, política vinculada al programa de control de producción desde su planteamiento.

### 1.2 Desarrollo de la Empresa.

Sin duda alguna, nuestro presente es el fruto de cualquier esfuerzo realizado en el pasado. Para introducirnos en la perspectiva empresarial presente y futura de la compañía, se da a continuación una breve secuencia del camino que siguió desde su inicio.

Se funda en el año de 1974 como una armadora de componentes, actividad que desarrolla hasta el año de 1978 cuando obtiene la licencia para la fabricación de interruptores en aire de alta tensión (conocidos como TKL's) con una capacidad de 400 amps., 24 kv., con lo que se inicia la fabricación de subestaciones compactas. En el año de 1982 se asocia con General Electric Company de Inglaterra (GEC) y consigue el permiso para la fabricación de interruptores de potencia de alta tensión denominados DMX y OX, línea de productos en los cuales se logra el mayor grado de penetración en el mercado nacional.

A continuación una lista parcial de los principales productos que se fabrican actualmente:

- cuchillas sin carga,
- accionamientos mecánicos de equipo,
- fusibles de alta capacidad interruptiva,
- interruptores TKL,
- subestaciones compactas (interior e intemperie).



-DMX y DX, Interruptores de potencia para alta tensión.

De estos productos, los cuatro primeros tienen un proceso de ensamble en serie y los últimos dos se fabrican bajo pedido según las necesidades del cliente.

Debido a la capacidad productiva de la planta, los componentes tienen un proceso de producción intermitente de acuerdo a las necesidades mensuales establecidas con anterioridad, en los pronósticos de ventas y a los niveles de los inventarios fijados para obtener los menores costos posibles, sin que por esto se descuide la producción establecida en los pronósticos.

### 1.3 Organización de la Planta.

A continuación se muestra de manera sencilla la forma en que está organizada la planta; para facilitar su estudio, se dividirá la exposición en los siguientes puntos:

#### 1.3.1. Organización por departamentos del área de producción.

El área productiva de la empresa es, para nosotros, la que más nos concierne por la naturaleza misma del proyecto. Esta área consta de los siguientes departamentos para la elaboración y el control de sus productos:

a) El departamento de producción es el que se encarga de la coordinación de los departamentos de control de producción, ingeniería del producto y de los departamentos listados a continuación (del o al h ), en función de las necesidades del departamento de ventas.

b) El departamento de aseguramiento de calidad es el que revisa todos los procedimientos de producción de acuerdo a cua-

dro de actividades preestablecidas, la materia prima y el producto terminado que se almacena y las normas y estándares que deben cumplir los artículos a la venta. También, determina los puntos intermedios de inspección más adecuados al producto, registrando y procesando las estadísticas pertinentes.

c) El departamento de máquinas es el que se encarga de la producción de cualquier pieza de lámina necesaria para alimentar las líneas de ensamble en las áreas de armado y soldado.

d) El departamento de pintura es el que se encarga de dar un acabado fino y una protección anticorrosiva a los productos que se elaboran en la planta.

e) El departamento de soldadura es el que se encarga de soldar las partes de las subestaciones, DMX y OX para dar a estos productos una forma adecuada.

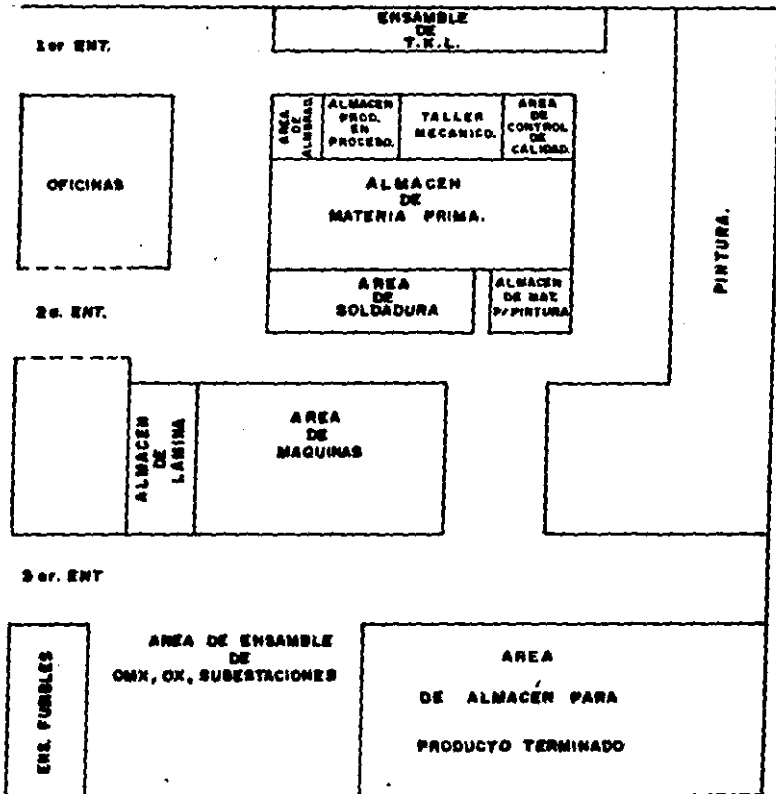
f) El área de ensamble se divide principalmente en cuatro funciones. La primera es la que se dedica a ensamblar interruptores T.K.L. utilizados en las subestaciones; la segunda se encarga de la producción de los fusibles para los interruptores T.K.L.; la tercera tiene como objetivo el armado de los accionamientos para las subestaciones y la cuarta integra las subestaciones, DMX y OX.

g) El departamento de alambrado se dedica a la distribución y colocación del cableado de los equipos OX y DMX.

h) El departamento de maquila metal mecánica se encarga de producir piezas especiales poco comunes en el mercado o que de otra forma se tendrían que importar, siendo estas necesarias en la planta y los componentes de los equipos que se fabrican.

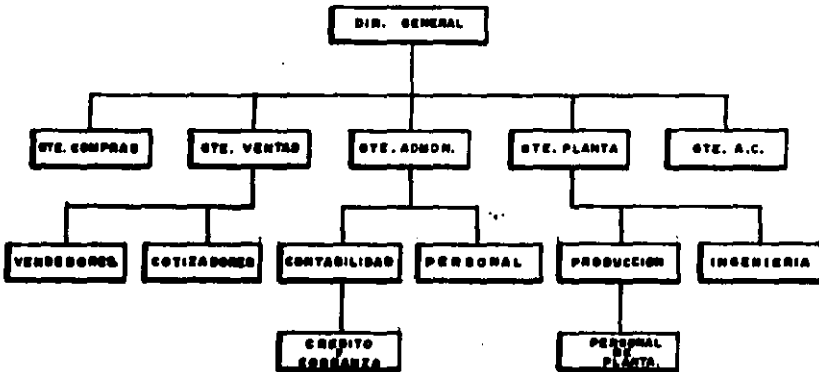
1.3.2. Distribución de la planta.

En un pequeño esquema se muestra la ubicación y distribución de la planta así como la localización de los departamentos físicamente.



1.3.3. Organigrama general de la planta.

A continuación se muestra un organigrama en el cual se aprecia la organización de la compañía en todas sus areas.



Ya que se tiene una vision general de la organizacion de Productos Electricos Elmex, se detallan los métodos de control de producción con que se administraba la planta y así definir la problemática a resolver.

#### 1.4 Investigación Sobre el Control de Producción Anterior.

Debido a que la compañía no tenía en producción una amplia gama de productos, se desarrolló un sistema empírico en el cual las personas que se encontraban al frente tenían un manejo de información personal. Esta forma de administración implica el no mantener ningún registro de lo que se está produciendo, ni los datos técnicos pertinentes (los cambios y modificaciones a diseños y productos se hacen a nivel planta, no a nivel empresa y sólo los encargados conocen estos cambios).

Al tener un incremento notable en la producción de la empresa, el sistema empleado de control de producción resultó insuficiente, por lo que se observó la necesidad de un sistema profesional de control de producción. La mejora se trató de introducir por medio de un kardex en el cual se tenían los registros de salidas, entradas en almacén y de la producción que se está manufacturando.

Al notar que el kardex no era llevado al día por el personal, se pensó en la implementación del sistema por medio de una computadora. La máquina facilitaría el uso del kardex ya que registraría los datos de materiales al momento de elaborar las órdenes de producción, con lo que se simplifica el trabajo y se aumenta la productividad. Como efecto colateral se deseaba que las personas encargadas del control de producción dispusieran de más tiempo para incrementar la vigilancia en las líneas de ensamble y producción.

Sin embargo, antes de implantar un sistema computarizado es necesario que el personal involucrado lo conozca y maneje. Por esta razón se busca la implantación manual antes que el

desarrollo por computadora.

### 1.5 Visión de la Situación Actual.

La empresa está en un momento muy difícil dentro de su desarrollo ya que no se cuenta con la liquidez adecuada para la operación de la planta. Esto acarrea problemas de gran seriedad como los que se enumeran a continuación:

Como obstáculo principal se tiene que el departamento de compras no cuenta con el presupuesto apropiado para proporcionar el suministro de materiales adecuadamente; esto genera faltantes en la producción. Este problema se puede solucionar buscando un nivel óptimo de inventario, comprando el material en cantidades menores, estableciendo un control de inventarios adecuado y un control de solicitudes de compra para dar un mejor uso al presupuesto asignado.

También se cuentan con errores en la información. La gente que tenía a cargo el departamento de producción no estandarizó la codificación de información. Por lo mismo, el flujo de datos entre los departamentos de producción, almacén e ingeniería era difícil de realizar puesto que, por ejemplo, un mismo producto tenía códigos diferentes dependiendo del departamento del que se tratara. La solución consiste en revisar todo el material que se tiene y estandarizarlo al máximo grado, buscando que toda la información que se maneje dentro de la planta sea homogénea y sin errores.

La falta de capacitación era otro factor que influye en la productividad. Hace falta un curso en el que se explique a los operarios de la planta el uso correcto de las formas de control

de producción y el por qué son necesarias: a partir de ellas se obtienen los costos de materia prima, mano de obra y gastos de fábrica de manera más sencilla y eficiente.

La falta de tiempo para acceder la información centralizada en la computadora es otro punto de importancia. Al no introducir toda la información se retrasa la implantación final del sistema, haciendo imposible obtener resultados dentro del tiempo programado. Como solución se debe dividir el tiempo de la máquina entre los diversos departamentos para que todos puedan desarrollar su trabajo de la manera más adecuada y eficiente.

También existe un problema con el departamento de contabilidad y costos ya que al no tener información del departamento de producción los costos de los productos se calculan sin bases. Es vital importancia mantener actualizados los costos de producción para poder fijar correctamente los precios de venta y evitar que se generen pérdidas absurdas.

Para buscar el mejor desarrollo del sistema al implantarlo es deseable que el personal que se ve afectado directamente por la implantación del sistema trabaje en armonía, de la mejor manera en un ambiente agradable, lo que se puede lograr manteniendo al personal informado de todos los cambios, avances y problemas que se presenten.

Con esta visión general de los problemas y breves alternativas de solución, a continuación se han de analizar las bases teóricas para poder llevar a cabo la implantación del sistema de la mejor manera buscando la obtención de una mayor productividad.

## Capítulo II Bases Teóricas.

### II.1 Introducción.

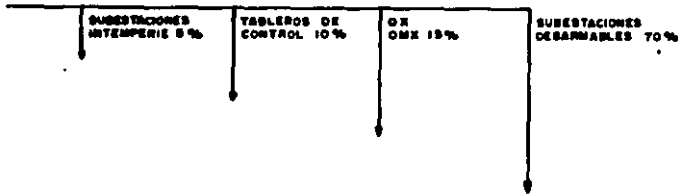
Para obtener el mejor resultado posible en la implantación del sistema es necesario definir, clara y específicamente, el método a seguir en todas sus etapas y recopilar toda la información teórica que está involucrada en el sistema. Esta teoría será fundamental para poder establecer los parámetros y limitantes de la implantación del sistema.

### II.2 Límites de la implantación.

El primer límite del sistema es su área de implantación, la cual, en este caso, comprende principalmente al departamento encargado de fabricar subestaciones desarmables y los componentes de éstas. El campo de acción del sistema se limitó a esta área por ser la mayor fuente de datos relativos a la producción dentro de la planta. La gran cantidad de información que genera se debe al considerable número de piezas y subensambles que maneja porque el producto no tiene requisitos tecnológicos avanzados y permite un alto grado de integración nacional. Los productos manejados en otros departamentos son importados semiterminados y por lo mismo, su manejo en producción es más sencillo. Otra consideración para elegir el departamento citado es que el alto grado de integración en los productos que maneja hace que su precio sea más accesible y por ello tienen mayor demanda en el mercado, incrementando su volumen de fabricación.

A continuación se muestra la gama de productos que se fabrican en la planta y el porcentaje en que están representados de acuerdo a su volumen de producción.





Lo que se busca obtener es el control de los productos con menor ciclo de producción. Si no se logra ese control, los costos aumentan en un alto grado. El atacar los productos de una sola línea es una estrategia para no perder los logros de un sistema correctamente implantado en la búsqueda de abarcar desde un principio más productos de los que la infraestructura administrativa de la empresa soportaría. Claro está que es objetivo a largo plazo que el control industrial incluya el resto de la producción, la cual representa un 30% del total de la planta, es más simple y con menor número de piezas a controlar.

Para la implantación se utiliza el método de ruta crítica, siendo este el más confiable para las condiciones que se presentan en la empresa (limitantes de tiempo y costos).

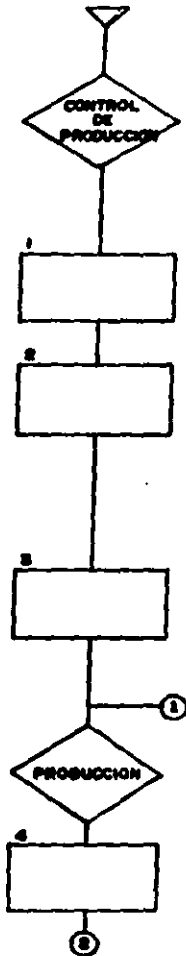
Como conclusión, se busca el control del 70 % de la producción de la planta, poder disminuir los costos de operación, aumentar la productividad, minimizar el nivel de inventario y tiempos de entrega.

## II.3 Definición del Sistema.

Ya que se tiene definido el alcance deseado para el sistema, se procede a la descripción de éste y exponer toda la información teórica involucrada en el mismo. Algunos de los elementos más importantes son el control de niveles de inventario, las formas que se utilizan (cómo llenarlas) y qué uso tendrán. Se espera lograr una visión clara de lo que es el sistema y lo que involucra.

La corriente informática a controlar es compleja. El siguiente diagrama de flujo muestra, a grandes rasgos, las etapas productivas, los datos que generan, la solución propuesta y su tiempo de aplicación para el ensamble en serie de subestaciones y componentes (mensual) y que son los productos que se pretende controlar.

Flujo de Producción Para Ensamble de  
Aparatos en Serie.



1.- Una semana antes del inicio de cada mes se imprime un listado de los componentes necesarios para el ensamble de aparatos en serie (lista explotada de componentes impresa en la computadora, L.E.).

2.- Se anotan los datos del lote: número de orden, designación, cantidad de aparatos, fecha, cantidad total de componentes y ensambles.

3.- Se prepara información para la fabricación (ensamble) de aparatos.

4.- Saca tarjetas de producción (TP's)  
 T.P.1= Orden de producción.  
 T.P.2= Requisición de componentes y ensambles (se anexa L.E.).  
 T.P.3= Tarjeta viajera.  
 T.P.4= Tarjeta de tiempos.  
 T.P.5= Tarjeta para la entrega de materiales.

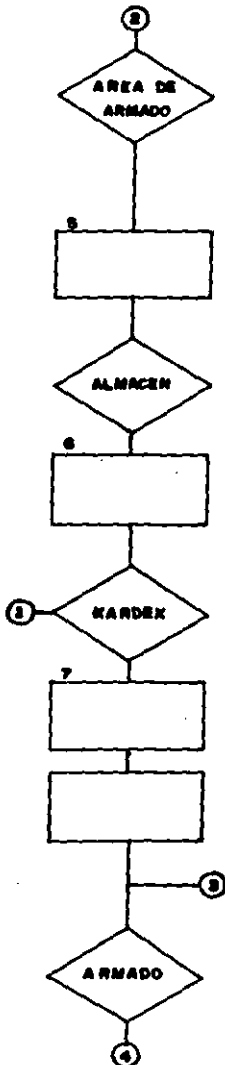
5.- Anota en cada tarjeta número orden, cantidad, fecha, tiempos de fabricación (ensamble de aparatos).

6.- Forma un Block con T.P.'s y L.E.

7.- Envía Block a producción y copia de L.E. a Kardex

1.- Pasa la información al encargado del área de ensamble correspondiente.

2.- Programa la orden para verificar que se termine en el tiempo requerido, y anota la fecha en que se debe entregar el lote en la L.E.



1.- El supervisor del area de armado ordena los blocks segun las fechas programadas.

2.- El operador requiere trabajo.

3.- El supervisor entrega al operador L.E. y T.P.3; anota en T.P.4 fecha de inicio y cantidad de operadores que trabajaran en el armado del lote.

4.- El operador recoge componentes y ensamblajes con T.P.2 y la L.E. en almacén.

1.- Separar las componentes que indica la L.E.

2.- Elaborar vale de salida.

3.- Enviar copia del vale de salida al kardex y a costos.

1.- Reserva componentes y ensamblajes contra L.E. de control de producción.

2.- Descarga y compensa reservas en base a L.E. recibida de almacén.

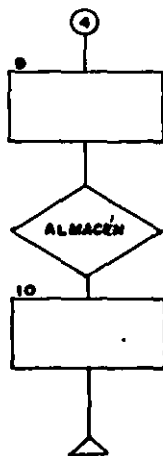
3.- Controla que no haya discrepancias con lo asignado por el almacén.

4.- Indica el No. de vale de salida.

5.- Archiva vale de salida.

1.- Operadores inician trabajo.

2.- Operador coloca T.P.3 (tarjeta viajera) en uno de los aparatos del lote.

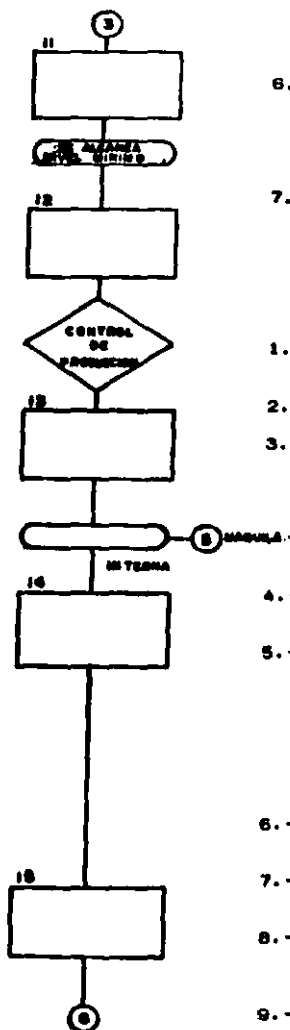


3.- Operadores terminan fabricacion del lote.

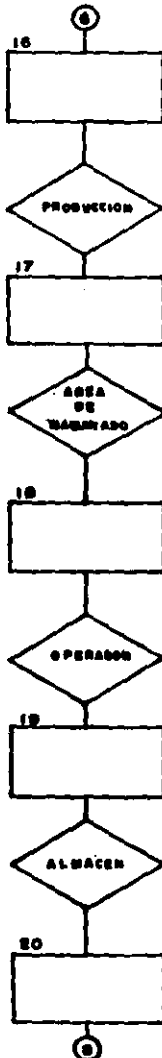
4.- Supervisor anota en T.P.S fecha de terminacion.

5.- Entrega lote terminado al almacén con T.P.S.

1.- Recibe lote de aparatos.



- 6.- Controla nivel mínimo de componentes y ensambles.
- 7.- Genera y registra en tarjeta de kardedex los faltantes del nivel de inventarios y da aviso a control de producción.
- 1.- Da de alta la orden en el control de ordenes de producción.
- 2.- Determina tiempos de fabricación.
- 3.- Decide en base a la carga de trabajo y la necesidad que se tenga de esa orden de producción si se fabrica internamente o se manda maquilar.
- 4.- Prepara información para fabricación o maquila.
- 5.- Saca las tarjetas de producción (T.P.'s):  
 T.P.1= Ordenes de producción.  
 T.P.2= Requisición de Mat. Prima.  
 T.P.3= Tarjeta Viajera.  
 T.P.4= Tarjetas de Tiempos.  
 T.P.5= Entrega de lote de fabricación.
- 6.- Agrega en cada tarjeta el numero orden, cantidad y fecha.
- 7.- En T.P.2 indica descripción, cantidad y código de la Mat. Prima.
- 8.- Forma Block con las tarjetas y agrega un dibujo del componente a producir.
- 9.- Envía Block a producción.



10.- Conserva copia de T.P.1.

11.-Pide información al almacén de la existencia de M.P. necesaria para las ordenes a fabricar.

1.- Pasa la información al encargado del area de producción correspondiente (taller mecanico y/o maquinas).

2.- Programa la entrega en base a las prioridades que se tengan en la planta.

1.- Supervisor ordena los Blocks por fechas programadas.

2.- Operador requiere trabajo.

3.- Supervisor entrega a operador T.P.2 y T.P.3; anota en T.P.4 fecha de inicio.

4.- Operador lleva T.P.2 al almacén.

1.- Operador pasa al almacén a recoger la materia prima.

1.- Descarga tarjeta de existencia.

2.- Elabora vale de salida.

3.- Entrega el material

4.- Envía copia de salida a costos.

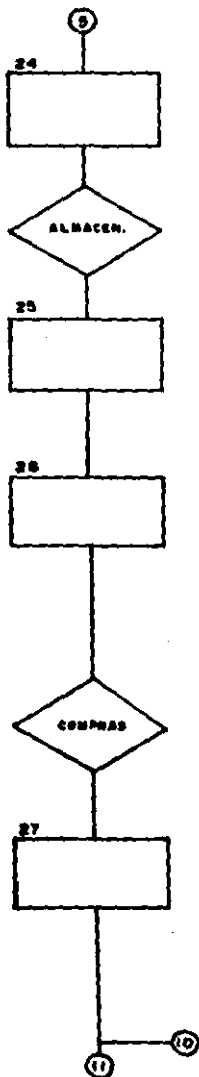


- 1.- Descarga vale de salida.
- 2.- Archiva vale de salida.

- 1.- Operador inicia el trabajo.
- 2.- Supervisor inspecciona la primera pieza del lote.
- 3.- Operador coloca T.P.3 en lote.
- 4.- Operador finaliza la fabricación del lote.
- 5.- Anota en T.P.4 fecha de terminación.
- 6.- Entrega lote al almacen con T.P.5.
- 7.- Envía tarjetas de tiempos a producción.

- 1.- Recibe el lote.

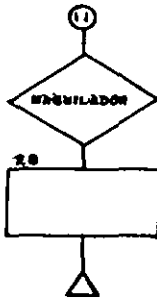




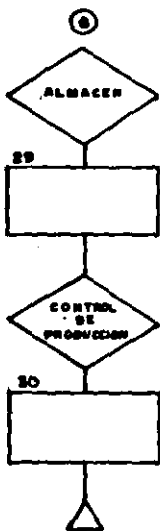
- 3.- Indica a almacén para que elabore S.C. (solicitud de compra).
- 4.- Prepara el dibujo correspondiente.
- 5.- Saca la T.P.3 (viajera) e indica los datos correspondientes.
- 6.- Entrega documentación a almacén.

- 1.-Elabora S.C. con el lote económico correspondiente y código del componente.
- 2.-Anota en el espacio correspondiente de la tarjeta de Kardex el número de S.C., cantidad y fecha de solicitud.
- 3.- Anexa los documentos proporcionados por control de producción.
- 4.- Recaba autorización del Jefe de Control de Producción.
- 5.- Envía S.C. a depto. de compras.
- 6.- Archiva solicitud de compra.

- 1.- Elabora pedido de acuerdo al procedimiento del departamento de compras.
- 2.- Indica en el pedido el número de S.C. y anota en el mismo que el suministro debiera acompañarse con la T.P.3
- 3.- Anexa dibujo y T.P.3 al entregar el pedido a alquilador.
- 4.- Envía copia a almacén.



- 1.- Fabrica lote pedido.
- 2.- Entrega material al almacén.

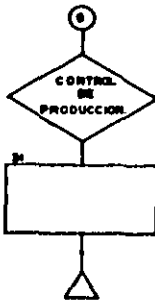


1.- Almacén revisa en Kardex si tiene M.P. en existencia y la asigna a la orden.

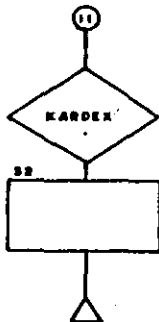
2.- En caso de no tener la M.P., elabora una solicitud de compra e informa a control de producción.

1.- Archiva las ordenes pendientes de materia prima.

2.- Revisa periodicamente las ordenes para que no se olviden en el departamento de compras.



- 1.- Registra el tiempo utilizado en la fabricacion del lote.
- 2.- Envia tarjeta de tiempos a depto. de costos.



- 1.- Anota numero y fecha del pedido en la tarjeta de Kardex en la seccion de control de solicitud de compra y pedidos.
- 2.- Archiva copia del pedido en el consecutivo de pedidos.

### II.3.1 Control de mínimos de inventario para el sistema de control de producción.

Para este tipo de aplicación es necesario aclarar que no se utiliza un control de materia prima real, ya que la entrada al inventario, desde el punto de vista del sistema, será a nivel de componentes. Si el nivel de inventario de partes y piezas alcanza el mínimo calculado, se solicita la materia prima necesaria para su reposición al departamento de compras, el cual pide cotizaciones y en base a estas finca el pedido en espera a que el proveedor lo suministre.

Lo primero que se establece en el control de inventarios son los niveles mínimos que se han de permitir para cada pieza o ensamble en cada etapa productiva. Las cantidades específicas se calculan mediante:

$$T_{rp} + T_{amp} + T_f = T_{tf} + T_r = T_{nr} \times D_m = N_r$$

Donde:

$T_{rp}$  = Tiempo en días para reordenar la producción (5 días).

$T_{amp}$  = Tiempo en días para readquirir materia prima (30 días aproximadamente).

$T_f$  = Tiempo de fabricación en días.

$T_{tf}$  = Tiempo total de fabricación.

$T_r$  = Tiempo de reserva (50% aproximadamente del tiempo de fabricación).

$T_{nr}$  = Tiempo necesario para reordenar.

$D_m$  = Demanda por mes.

$N_r$  = Nivel de reorden o mínimo.

Es en función de los niveles mínimos de inventario como se pueden hallar los lotes económicos a producir, siempre tratando de mantener al mínimo el costo.

Para este caso tenemos los siguientes costos involucrados.

- 1) Costos de ordenar una compra (C1).
- 2) Costos de mantener el inventario (C2).
- 3) Costos de organizar una tanda de producción (C3).
- 4) Costos de mantener el inventario (C4).

De los costos enunciados, los primeros dos son referentes a la materia prima, los demás a la manufactura. Estas cantidades se sumarán de la siguiente forma: el costo 1 más el 3 es el necesario para hacer una orden de producción y se denomina Ca, mientras que el 2 sumado al 4 es el costo de mantener el inventario y se denomina Cb.

El Ca esta compuesto por:

- Costos administrativos.
- Costos de oficina involucrados en el procesamiento de una orden de compra.
- Despacho y trámite del pedido.
- Costo de mano de obra y materiales utilizados en la organización de una orden de producción.
- Costo de los ajustes necesarios para iniciar su producción.

El Cb esta compuesto por:

- Dinero inmovilizado en el inventario.
- Costo de espacio de almacén.
- Costo de manipulación del material.
- Costos sobre seguros de inventario.
- Costos de mantener registros de inventario.

Ca y Cb se aplican a la fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \text{ Ca D}}{\text{Cb} (1 - D/R)}}$$

Donde:

Q= Cantidad óptima a pedir que ocasiona el costo mas bajo.

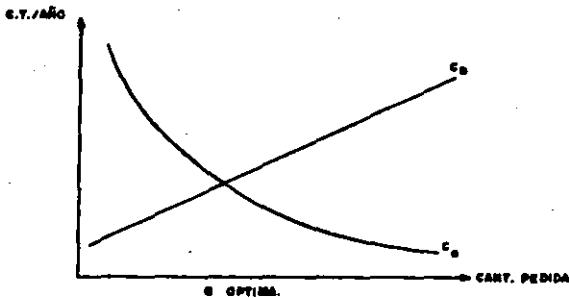
D= Tasa de demanda.

R= Tasa de manufactura.

Ca=Costo de hacer una orden de producción.

Cb=Costo de mantener los inventarios.

A continuación se muestra un diagrama con el cual se puede tener una comprensión mas clara de los costos involucrados y de la cantidad óptima a pedir:



El diagrama muestra claramente el punto donde los costos son mínimos en relación con el volumen óptimo de pedido, punto donde se puede llevar un control de los inventarios de manera adecuada.

II.3.2 Tarjetas de producción.

En el procedimiento de ensamble de aparatos en serie, se manejan 5 tipos de tarjetas llamadas de producción, todas con el mismo formato, con excepción de la tarjeta de control de materia prima. Cada tarjeta tiene un uso específico, codificado en el color de la misma. Esta característica permite una identificación positiva de parte del obrero, evitando confusiones. El código de color de acuerdo al tipo de información que contienen es el siguiente:

- T.P.1 Tarjeta de Producción = blanco.
- T.P.2 Tarjeta de Materia Prima = blanco.
- T.P.3 Tarjeta Viajera = verde.
- T.P.4 Tarjeta de Tiempos = amarillo.
- T.P.5 Tarjeta de Recepción de Material = azul.

La diferencia entre la tarjeta de producción y la de materia prima, dado que ambas son blancas, estriba en que esta última está impresa en papel por la computadora en su totalidad, mientras que la primera es fabricada en cartón por medio de un estencil. El formato de las tarjetas se muestra a continuación.

Tarjeta T.P.2

T.P.2 TARJETA DE MATERIA PRIMA			
NO. DE ORDEN 07/1-3001	LOTE: 1500	CANTIDAD: 1500	FECHA: 18/04/87
DESCRIPCIÓN(MATERIA PRIMA): LAB. ACERO CAL. 14		CODIGO: 01504	CANTIDAD: FECHA DE ENTREGA: 37.5
Firma de recepción de la Materia Prima		PRESENTAR EN ALMACEN PARA RECUPERAR LA MATERIA PRIMA	





- Código o Dibujo= El código o no. de dibujo lo proporcionará el departamento de ingeniería. Sirve para que las personas que se encargan de la producción del lote puedan tener un dibujo de referencia en base al cual desarrollar su trabajo.
- Fecha = El día / mes / año en que se abre la orden.
- Descripción y Material por Unidad= el nombre de la pieza, el material con que se elabora, sus dimensiones y el código de este material.
- Referencia= La referencia es al ensamble al cual pertenece la pieza, para poder agruparla con sus similares y facilitar a las personas que lo armarán el manejo de los componentes.
- No de Operación= Se listan en orden secuencial todas las operaciones que se llevan a cabo para la fabricación de la pieza o ensamble.
- Símbolo de Operación= Se pondrá el nombre abreviado de la máquina en que se efectúa el trabajo para que los operarios la identifiquen con facilidad y puedan programar sin errores la secuencia de las diferentes órdenes en las máquinas.
- Descripción= Especificación de la operación que se lleva a cabo en la máquina.
- Tiempo de Operación= Estimación de tiempo máquina necesario para ejecutar la orden. Dado en minutos.
- Tiempo de Preparación= Es el tiempo requerido para preparar la máquina e inicie su producción.



Para llenar la forma se utilizan los mismos datos que en las tarjetas de control de producción, con la diferencia que en el espacio de descripción, se coloca el nombre del componente en la parte superior y el número de referencia de su dibujo en la parte inferior.

Con la información descrita anteriormente podremos dar las opciones de implantación del sistema de control de producción, dando para cada una de ellas sus puntos a favor y en contra, tratando de encontrar el método más adecuado al momento por el que atraviesa el mercado y de acuerdo a la situación de la empresa.

#### II.4 Métodos de implantación.

Se tienen diversos métodos de implantación, los cuales se analizarán en cuanto a su funcionamiento. El objeto del análisis es buscar la opción más adecuada a este caso particular.

Los métodos contemplados son:

- a) Prueba Piloto.- Este método consiste en implantar el sistema en una área de trabajo lo suficientemente pequeña, que permita la evaluación de los resultados sin que se involucre o arriesgue la producción de la planta, a un bajo costo. Adicionalmente se detectan y controlan errores con mayor facilidad, acelerando el perfeccionamiento del sistema.
- b) Conversión Completa.- En este método se opta por un cambio total de un sistema a otro; se busca solucionar los problemas conforme se presentan. El principal riesgo que se toma consiste en que cualquier error (de planteamiento, inducción o implantación) repercute directamente en la producción. Sin

embargo, el método nos garantiza que la transición se realizará, evitándose retrasos inherentes a otros métodos.

c) Operación Dual.- Es aquella en la cual se implanta el nuevo sistema sin descartar el anterior. Los errores se corrigen sin afectar directamente la producción. En el momento en que se tenga el nuevo sistema trabajando de manera eficiente se realiza el cambio, reduciendo con ésto el riesgo de cometer errores graves o incluso fracasar. Se corre el riesgo de que si no se alcanza la implantación en un período razonable, los costos de implantación se elevan demasiado.

Para poder encontrar cuál es el método más adecuado, es necesario conocer los recursos disponibles para la implantación del sistema. Como en otros casos, los recursos a considerar son los humanos y económicos, ambos con una limitante de tiempo.

Dentro de los recursos humanos se cuenta con el apoyo de los departamentos de control de producción, aseguramiento de calidad e informática. Cada uno de estos departamentos aportará su experiencia y conocimiento para un mejor logro del proyecto.

En cuanto a los recursos económicos, el presupuesto es libre, proporcional a la labor que se realiza.

Por último, el factor tiempo es el que impone la limitante, ya que el sistema debe ser instalado en un lapso no mayor a seis meses.

Evaluación de las alternativas con los recursos expuestos:

Prueba Piloto.- La prueba piloto es un método económico y con un factor de riesgo muy pequeño, pero se requiere tiempo para poder

evaluar los resultados y decidir si se realiza o no el cambio total de sistema. En caso de realizarlo, sólo se consigue disminuir temporalmente el factor riesgo, ya que se tendría que optar por seguir alguna de las otras alternativas. Además, el hecho de que el tiempo de implantación es limitado termina por eliminar la prueba piloto como posibilidad y se procede con el estudio de los siguientes métodos.

**Conversión Completa.**- Este método es el que tiene un mayor costo en su inicio porque requiere el cambio total de los sistemas que se utilizan y la implantación de los nuevos en un solo paso. Ocasiona errores de operación y desperdicio de recursos, razones suficientemente poderosas para esperar que el método no trabaje al 100% de su eficiencia en el tiempo esperado.

**Operación Dual.**- El tiempo que se requiere para la implantación del sistema por medio de este método es variable y proporcional a los costos, debido a que se duplica el gasto de operación. Si el método no se lleva a cabo eficientemente, no es costeable su uso. Empero, su bajo factor de riesgo, la fácil detección y corrección de errores y el control que se tiene en el tiempo de implantación lo hacen el método más apropiado.

En conclusión, se usa la operación dual, complementada con una ruta crítica como medio eficiente de control y medición de los alcances en la implantación.

II.5 Método para el Control de la Implantación (Ruta Crítica).

II.5.1 Definición.

El método de ruta crítica es un proceso de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y a un costo óptimo.

II.5.2 Usos.

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño.

Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- a) Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- b) Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de él en un tiempo mínimo sin variaciones, es decir, en un tiempo crítico.
- c) Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

II.5.3 Metodología.

El método del camino crítico consta de dos ciclos. El primero termina cuando todas las personas directoras o responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente de acuerdo con el desarrollo, tiempo, costos, elementos utilizados, coordinación etc. del mismo, tomando como base la red de ruta crítica diseñada al efecto.

Al terminarse la primera red, hay cambios en las actividades componentes, secuencias, tiempos y algunas veces hasta en los

costos, por lo cual hay necesidad de diseñar nuevas redes, proceso que se repite hasta que exista una completa conformidad de las personas que integran el grupo de ejecución.

El segundo ciclo termina al tiempo de hacer la última actividad del proyecto, tomando en cuenta los constantes ajustes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el trabajo realizado.

#### 11.6 Normas para la implantación.

- a) Tener todo listo antes de empezar.
- b) Mantener el programa de implantación.
- c) Evitar las precipitaciones y las decisiones urgentes.
- d) Anticipar y eliminar la crisis.
- e) No perder la confianza ni el entusiasmo.
- f) Mantener a todos los afectados o que tengan relación con el proyecto perfectamente informados de los adelantos obtenidos.
- g) Tener cuidado de prevenir las diferencias entre el personal durante la implantación.
- h) Evitar los recargos de trabajo, tiempos extra, etc. Es preferible emplear ayuda adicional.
- i) Evitar la interrupción de la corriente de datos y los servicios durante las labores de implantación.
- j) No sacrificar la buena ejecución en aras de la brevedad.

El seguimiento de estas normas será aplicado dentro del desarrollo del método de ruta crítica y durante el seguimiento de las actividades involucradas.



## Capítulo III Implantación del Sistema de Control de Producción.

### III.1 Elaboración del Programa de Implantación Dual Aplicando el Control por Medio del Método de Ruta Crítica.

Para poder elaborar el programa de implantación, primero se debe definir el proyecto, su lista de actividades y las matrices correspondientes. Estos son elementos necesarios al método de ruta crítica.

#### III.1.1 Definición del proyecto.

Para conseguir que la implantación se lleve a cabo de la manera más eficiente, hay que definir las limitantes y los alcances esperados.

Como limitantes se tienen el tiempo y los costos asociados con la implantación. La primer limitante -tiempo- nos otorga un plazo de 5 a 6 meses, que es el período de tiempo en el cual el departamento de ventas elaborará un pedido fuerte, que involucra una cantidad considerable de pesos y contempla una gran variedad de productos. En otras palabras, el ciclo promedio de producción es de seis meses, tiempo máximo para realizar cualquier ajuste y crear la infraestructura adecuada para que se puedan cumplir los compromisos adquiridos para el nuevo ciclo, elevando producción y reduciendo los costos.

También se pretende mantener un nivel de producción mensual más elevado del que se tiene al momento y que este nivel pueda ser variable de acuerdo a las necesidades de la planta, para que se pueda ofrecer a los clientes mejores tiempos de entrega y así tratar de expandir el mercado.

Durante los primeros meses del período de implantación, se busca actualizar la información del método que se tiene implantado, para que la información que se utilice en el proyecto sea información actualizada y no se tengan las mismas fallas del método actual.

### III.1.2 Lista de actividades.

Esta lista comprende la relación de las actividades físicas o mentales que forman procesos interrelacionados en este proyecto como un todo. Se obtiene de las personas que intervienen en la ejecución del mismo, de acuerdo con la asignación de responsabilidades y nombramiento de puestos al momento de la definición inicial. Para cada posición se tienen las siguientes responsabilidades:

- A) Jefe del Departamento de Control de Producción.
  - 1) Desarrollo del sistema (información y bases).
  - 2) Elaboración del proyecto de implantación.
  - 3) Cálculo de los costos de implantación y preparación del presupuesto.
  - 4) Información al Personal involucrado.
  - 5) Alimentar la máquina con la información adquirida.
  - 6) Efectuar la implantación en paralelo (primera parte).
  - 7) Revisión del sistema (mensualmente).
  - 8) Efectuar las correcciones al sistema y notificar al personal involucrado.
  - 9) Continuar con la implantación (segunda parte).
  - 10) Enviar la información al departamento de costos.

**B) Supervisor de Planta.**

- 11) Verificar que se cumpla con la implantación del sistema en la planta.
- 12) Informar a control de producción sobre la problemática que se presente.

**C) Jefe del Departamento de Costos.**

- 13) Recibir de producción toda la información de operarios, tiempos de fabricación, para que se obtengan los costos de los productos.
- 14) Aplicar los costos y la información proporcionada al sistema contable de la empresa.

**D) Jefe del Departamento de Ingeniería.**

- 15) Recopilación de todos los datos técnicos y los revisar.
- 16) Corregir errores en dibujos y datos técnicos.
- 17) Proporcionar a producción la información necesaria para que funcione el sistema.

**E) Jefe de Aseguramiento de Calidad.**

- 18) Revisar el sistema a implantar con el jefe de control de producción.
- 19) Verificar el procedimiento de implantación con el jefe de control de producción.
- 20) Revisar que la información que se mueve en el sistema sea real y confiable.
- 21) Notificar errores a control de producción.

III.1.2.1 Descripción de las actividades involucradas.

- 1.- Comprende la información involucrada en el sistema, incluyendo la descripción del sistema y toda la información teórica relacionada con éste. Es el tema del segundo capítulo de esta tesis.
- 2.- La elaboración del proyecto de implantación comprende todo el procedimiento y desarrollo del método de ruta crítica expuesto en este capítulo.
- 3.- El cálculo de los costos se desarrolla dentro de la planeación. Su finalidad es de obtener un presupuesto para poder desarrollar nuestro proyecto.
- 4.- La información al personal involucrado se dará en una junta con los jefes de los departamentos involucrados, delegando las responsabilidades que les corresponden a los departamentos.
- 5.- Alimentar la información pertinente a los sistemas de cómputo; para esta actividad los responsables de control de producción se encargan de actualizar los datos del sistema de control de almacén, así como de los cálculos de los niveles de inventario, la obtención de costos por pieza, etc. En cuanto esté lista la información dentro de la computadora, esta realiza las requisiciones, tanto de materia prima como de componentes, cada vez que se alcancen los niveles mínimos.
- 6.- Se inicia la implantación en paralelo, operando con el método de kardex manual simultáneamente al sistema computarizado, con la intención de corregir los errores del sistema sin tener que detener la producción por falta de información.
- 7.- Las revisiones mensuales se efectúan para que el personal

Involucrado dentro del sistema exponga sus opiniones y poder corregir fallas no contempladas.

8.-Al corregir los errores es necesario asentar las correcciones en bitácoras para que éstos no se presenten otra vez y toda persona que tenga acceso a la información la encuentre con las correcciones pertinentes.

9.- Se pone en operación el sistema dual, tratando de hacer una conversión completa y eliminar el sistema manual.

10.- En cuanto el sistema opera de manera correcta, la información empieza a fluir hacia el sistema de costos.

11.- El supervisor de la planta debe revisar que los operarios cumplan con la información de las tarjetas, anotar sus nombres, checar en los relojes de la planta y hacer notar los posibles errores en las mismas.

12.- El supervisor de la planta es el encargado de informar al control de producción de todos los problemas que se presenten dentro del sistema, para que se efectúen las correcciones lo antes posible.

13.- El departamento de costos recibe información del departamento de control de producción con la cual calcula los costos de las piezas. Una vez determinados los costos, se actualiza la información de la computadora para que sean distribuidos a los departamentos que los soliciten.

14.- Con la información de los operarios se toman las horas trabajadas y se cargan a las órdenes de producción en proceso.

15.- El jefe del departamento de ingeniería proporciona a su gente las herramientas necesarias para la obtención de todos los datos técnicos involucrados en el sistema y da órdenes para que

sean revisados.

16.- El departamento de ingeniería tiene la obligación de corregir todos los errores en dibujos, ya sea de materiales, pesos, dimensiones o cambios de piezas, para que la información sea actual y precisa.

17.- Ya que se recopilaron y corrigieron dibujos e información, se le proporciona al departamento de control de producción para que la distribuya al personal autorizado.

18.- El personal de aseguramiento de la calidad debe revisar que el sistema no afecte el cumplimiento de las normas de calidad establecidas. Requiere coordinarse con el personal de control de producción para llevar a cabo esta actividad.

19.- El jefe de aseguramiento de la calidad y el jefe de control de producción verificaran que el procedimiento de implantación se desarrolle de manera adecuada y dentro de lo planeado.

20.- El asistente de aseguramiento de la calidad debe cerciorarse que la información que se mueve en el sistema sea confiable, para garantizar la calidad de los productos.

21.- El jefe de aseguramiento de calidad debe informar a control de producción todas las sugerencias y anomalías. Estas deben ser aprovechadas para mejorar el rendimiento del sistema.

Con esta breve descripción de las actividades se pretende dar idea de los pasos que debe seguir el personal de la empresa.

III.1.3 Matriz de secuencias.

Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades:

- a) Por antecedentes.
- b) Por secuencias.

En el primer caso, se pregunta a los responsables de los procesos cuáles actividades deben quedar terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen enlistadas anteriormente.

Debe cuidarse que todas las actividades tengan un antecedente. En el caso de ser iniciales, el antecedente será cero.

En el segundo caso, se pregunta a los responsables cuáles actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista.

Si se hace una matriz de antecedentes es necesario tener una matriz de secuencias, como las que se muestran.

MATRIZ DE ANTECEDENTES

ACTIVIDAD	ANTECEDENTE	ANOTACIONES
1	0	Inicio
2	10	
3	2	
4	3	
5	1	
6	5,17,4,10	
7	6,21,12,9	Las actividades 6 y 9 son similares
8	7	

ACTIVIDAD	ANTECEDENTE	ANOTACIONES
9	8	
10	8	
11	8	
12	8	
13	11	
14	10	
15	13	FIN
16	0	INICIO.
17	15	
18	1	
19	2	
20	8	
21	20	

MATRIZ DE SECUENCIAS.

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	ANOTACIONES
0	1, 15	INICIO
1	18, 5	
2	3, 19	
3	4	
4	6, 20, 11	
5	8, 20, 11	
6	7	
7	8	
8	20, 9, 11	



ACTIVIDAD	SECUENCIAS	ANOTACIONES
9	7	
10	13	
11	12	
12	7	
13	14	
14	--	FIN
15	16	
16	17	
17	20,8,11	
18	2	
19	20,8,11	
20	21	
21	7	

#### III.1.4 Matriz de tiempos.

Dentro de esta matriz se tienen tres tipos de tiempos a considerar. Estos tiempos se dividen en: (n) tiempo normal, que es el tiempo necesario sin forzar el trabajo, (o) tiempo óptimo, que es el tiempo en que se realiza el trabajo bajo condiciones favorables y (p) el tiempo pésimo, que es el peor tiempo en que se puede realizar la operación. Estos tiempos se miden en días.

Los tiempos anteriores se utilizan para obtener una aproximación al tiempo real, la cual tiende a ser el promedio efectivo de duración del proyecto. Este promedio se obtiene mediante la utilización de la fórmula:

$$t = \frac{o + 4n + p}{6}$$

Donde  $t$  será el tiempo esperado; es el promedio de los otros tres.

Los resultados, obtenidos al aplicar la fórmula a cada actividad, se colocan en la matriz:

ACTIVIDAD	$o$	$n$	$p$	$t$
1	11	18	25	18
2	17	18	25	19
3	3	5	7	5
4	8	10	12	10
5	27	39	45	38
6	26	29	38	30
7	1	2	3	2
8	1	2	3	2
9	26	29	38	30
10	1	2	3	2
11	53	58	75	60
12	--	--	--	--
13	1	2	3	2
14	3	5	7	5
15	26	29	38	30
16	3	3.5	7	4
17	3	3.5	7	4
18	3	3.5	7	4
19	3	5	7	5
20	53	58	75	60
21	--	--	--	0

## III.1.5 Matriz de información.

Las matrices de tiempos y secuencias, una vez resumidas, forman la base para estructurar la red de actividades, también llamada matriz de información.

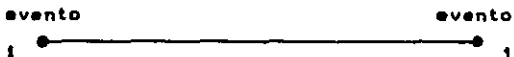
ACTIVIDAD	SECUENCIA	TIEMPO
0	1,15	---
1	18,5	18 días
2	3,19	19 días
3	4	5 días
4	6,20,11	10 días
5	6,20,11	38 días
6	7	30 días
7	8	2 días
8	20,9,11	2 días
9	7	30 días
10	13	2 días
11	12	60 días
12	7	0 días
13	14	2 días
14	--	2 días
15	16	30 días
16	17	4 días
17	20,6,11	4 días
18	2	4 días
19	20,6,11	5 días
20	21	60 días
21	7	0 días

III.1.6 Red de actividades.

Se llama red a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico.

Se le llama camino crítico a la serie de actividades, contadas desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto.

A los eventos iniciales y finales se les denomina i y j, respectivamente, donde el evento final de una actividad será el evento inicial de la actividad siguiente.



En casos en que haya necesidad de indicar que una actividad tiene una interrelación o continuación con otra, se dibujara entre ambas una línea punteada llamada liga. Una liga tiene, por definición, una duración cero.



III.1.6.1 Normas para la construcción de una red.

- 1.- Debe evitarse que dos actividades partan y terminen en un mismo evento. Esto produce confusión de tiempo y continuidad. Dado el caso, debe transformarse el evento inicial o final en dos eventos y unirlos con una liga.

- 2.- Se considera erróneo que una actividad se inicie en el tiempo intermedio de otra actividad. Toda actividad debe empezar invariablemente en un evento y terminar en otro.
- 3.- Es indispensable relacionar el evento inicial y final con todas las actividades de la red. Esto implica que no se puede considerar terminado un proyecto si existe un evento aislado, sin relación a los demás.

Estas sencillas normas permiten optimizar la estructura de la red, afinándola según las características propias del proyecto.

#### III.1.6.2 Ruta crítica del proyecto.

A continuación se muestra la red utilizada en el desarrollo e implantación del proyecto. Es el resultado de un continuo proceso de correcciones, refinamientos y modificaciones de la primera red.



## III.1.7 Costos y pendientes.

Para la estimación de los costos finales por actividad, se toman en consideración dos variables de tiempo: el estándar y el óptimo. Los costos así calculados son proporcionados por las personas responsables de la ejecución, de acuerdo con los presupuestos preparados por ellas de antemano. Los datos se asientan en la matriz de información.

Para los costos de tiempo estándar o esperado se utilizará la denominación N\$. Para las actividades en tiempo óptimo la denominación sera L\$.

Con los costos e intervalos de tiempo, ya conocidos, se determinan las pendientes de las actividades. Se llama pendiente a la relación que existe entre el incremento de los costos y la compresión del tiempo.

$$\text{PENDIENTE} = \text{Costos} / \text{Tiempo}$$

Para determinar el numerador de esta relación se resta el costo normal al costo límite y para calcular el denominador se resta el tiempo óptimo del tiempo estándar.

$$m = \frac{L\$ - N\$}{t - o}$$

La tabla muestra la relación tiempo/costo.

ACTIVIDAD	t	o	L\$	N\$	m
1	18	11	466,000	286,000	26,000
2	19	17	505,400	452,200	26,600
3	5	3	133,000	79,800	26,600

## Capítulo III

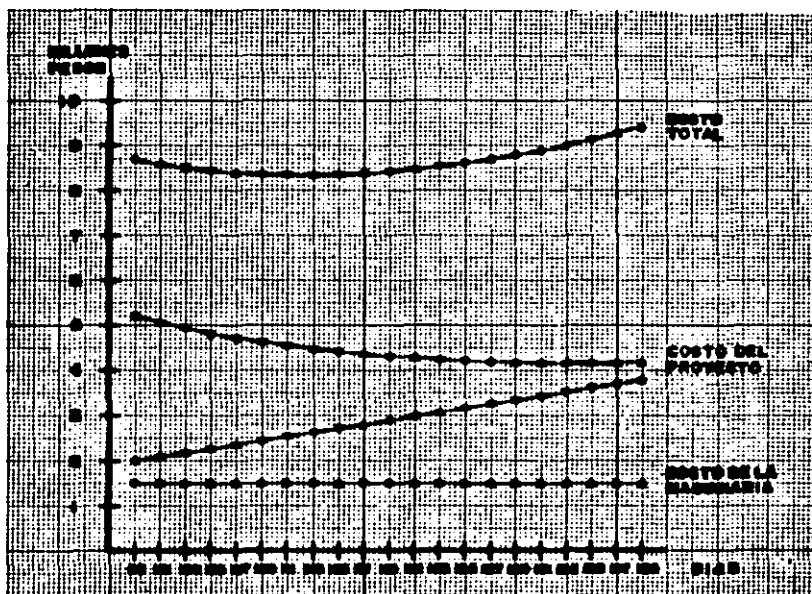
## Implantación del Sistema

ACTIVIDAD	t	o	Ls	Ns	m
4	10	8	70,000	56,000	7,000
5	38	27	1,330,000	945,000	35,000
6	30	26	780,000	676,000	26,000
7	2	1	48,000	24,000	24,000
8	2	1	48,000	24,000	24,000
9	30	26	780,000	676,000	26,000
10	2	1	24,000	12,000	12,000
11	60	53	360,000	312,000	6,857
12	--	--			
13	2	1	4,000	2,000	2,000
14	5	3	87,500	52,500	17,500
15	30	26	90,000	78,000	3,000
16	4	3	12,000	9,000	3,000
17	4	3	12,000	9,000	3,000
18	4	3	28,000	21,000	7,000
19	5	3	75,000	45,000	15,000
20	60	53	240,000	212,000	4,000

COSTO TOTAL.- 5,094,900 y 3,971,500

Los costos se pueden dividir en: costos fijos, costos de la maquinaria y costo del proyecto, el cual varía de acuerdo al tiempo en el que se desarrolla. La variación queda asentada en la siguiente gráfica, de la cual se obtiene el período de duración que ocasiona el costo más bajo, lapso patrón a seguir dentro de la ruta crítica.





Como se puede apreciar en la gráfica, el costo de la maquinaria es relativamente bajo. Esto se debe principalmente al hecho que sólo se debe adquirir un pequeño mimeógrafo, que además

será del uso de toda la compañía. A partir de la gráfica también sabemos que lo mas económico es desarrollar el proyecto en un lapso intermedio, del día 111 al día 119.

### **III.1.8 Aprobación del proyecto.**

Es aconsejable que antes de aprobar el proyecto se haga una revisión del mismo. Para ello se deberan tomar en cuenta los siguientes puntos, a manera de guía:

- a) Lista de Actividades.
- b) Presupuesto General.
- c) Las Especificaciones de Actividades.
- d) Señalar puestos y responsabilidades.
- e) Red de Actividades.
- f) Limitantes del Proyecto.
- g) Matrices de información.

De así hacerse, puede considerarse concluido el proceso de aprobación y proseguir con las órdenes de trabajo y el control de las actividades.

### **III.1.9 Análisis de la actividad de implantación.**

Una vez definido el desarrollo del proyecto, corresponde efectuar el desglose específico de la actividad llamada implantación, ya que del buen desarrollo de esta actividad depende en buena medida el resultado del proyecto.

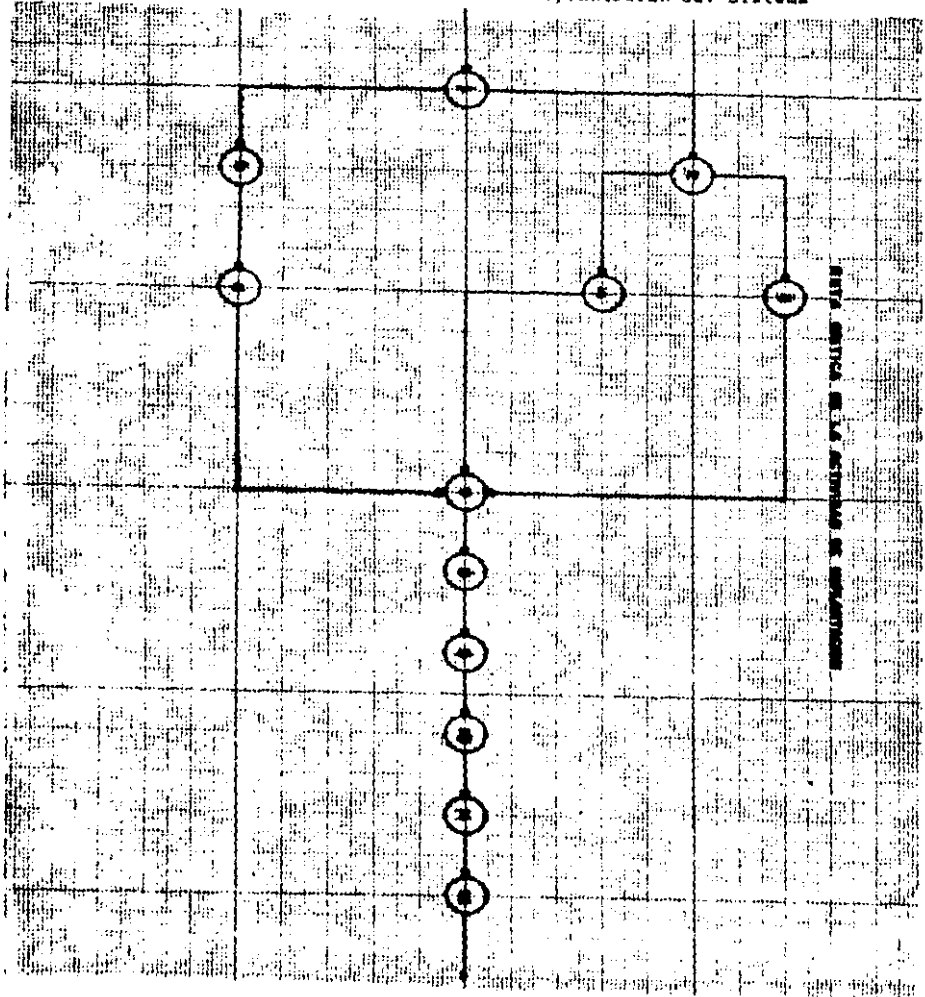
III.1.10 Desglose de la actividad.

- 1.- Al inicio del mes, el departamento de producción elabora un lote de acuerdo a las necesidades del departamento de ventas.
- 2.- El departamento de control de producción descarga el lote en el kardex y elabora la salida de componentes.
- 3.- Se elaboran las requisiciones de materia prima necesaria para fabricar las piezas faltantes (método manual).
- 4 y 5.- El departamento de control de producción registra las órdenes en el control maestro (4) y en la computadora (5).
- 6.- La máquina, por medio del sistema de control de producción, elabora requisiciones de las materias primas necesarias y una lista de los componentes a elaborar (nuevo método).
- 7.- El departamento de control de producción procede a comparar la información de la máquina con la del kardex manual y la del almacén.
- 8.- Se solicitan las T.P. 2 ( materia prima ) a la computadora y se checa que la información proporcionada sea la adecuada.
- 9.- El departamento de control de producción elabora las tarjetas de control de producción.
- 10.- El departamento de control de producción realiza una junta con el personal de la planta para proporcionar a este la información necesaria para la correcta utilización de las tarjetas.
- 11.- Se envían las tarjetas de producción a la planta y se asignan los lotes de producción a los empleados.
- 12.- Se realice el seguimiento del flujo de producción.
- 13.- Se continúa con el proceso de implantación en el proceso principal.

A continuación se muestra la matriz de información con la secuencia de las actividades desglosadas.

Actividad	Secuencia	t	Comentarios.
0	1	-----	inicio
1	2,5	1 día	
2	3,4	3 días	
3	7	1 día	
4	7	1 día	
5	6	1 día	
6	7	1 día	
7	8	1 día	
8	9	1 día	
9	10	2 días	
11	12	1 día	
12	13	20 días	
13	--	-----	fin.

También se puede poner en un diagrama de ruta crítica la actividad de implantación desglosada. Esta opción se muestra a continuación:



ESTRUCTURA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE SERVIDORES

III.2 Ejecución y Control del Proyecto.

III.2.1 Ordenes de trabajo.

Estas órdenes se emiten con la finalidad de que las actividades se realicen adecuadamente, dentro de lo programado. Para este control se utilizará el formato similar a:

-----

Proyecto: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_

Temprana: \_\_\_\_\_

Iniciación

Tardía : \_\_\_\_\_

Temprana: \_\_\_\_\_

Terminación

Tardía : \_\_\_\_\_

Tiempo de Duración: \_\_\_\_\_ % Avance/Día: \_\_\_\_\_

---

Instrucciones:

Presupuesto:	P	R
Mano de Obra	\$ _____	\$ _____
Materiales	\$ _____	\$ _____
Otros Gastos	\$ _____	\$ _____
Total Programado	\$ _____	
Total Realizado	\$ _____	

Instrucciones de Llenado de la Forma de Control de Ordenes de Trabajo.-

- 1.- Proyecto, se pondrá el nombre del proyecto que se está realizando.
- 2.- Responsable, nombre del jefe encargado de la realización de la actividad.
- 3.- Actividad, identificación de la actividad.
- 4.- Iniciación, si se da comienzo a la actividad en la fecha programada -o anterior a ésta-, se indican las causas en el area de "iniciación temprana"; las razones de un retraso quedan asentadas, en su caso, en el renglón "iniciación tardía".
- 5.- Terminación, tiene la misma función que el caso de iniciación, pero para la finalización de la actividad.
- 6.- Tiempo de duración, el tiempo total estimado de la duración de la actividad a realizar.
- 7.- Instrucciones, comentarios para las personas que se encargan de realizar la actividad; se indica cómo debe realizarse la actividad, evitando confusiones y dudas.
- 8.- Presupuesto, presupuesto con que se cuenta para la realización de la actividad.
- 9.- Mano de obra, la cantidad de presupuesto que representa la mano de obra se indicará en dos partes: la parte real y la parte presupuestada. La parte real se llenará al finalizar la actividad y se comparará con lo presupuestado, tratando de que la diferencia sea mínima.
- 10.- Materiales, misma forma de especificación que la mano de obra, pero con los costos de los materiales.

- 11.- Otros gastos, se sigue el mismo procedimiento que en mano de obra y materiales, con los costos de los imprevistos y gastos eventuales que se pudieran presentar.
- 12.- Totales, son los totales estimados y reales de los costos (lo mas aproximado posible).

A continuación se muestra una forma de control de órdenes de trabajo que servirá de ejemplo. La actividad representada es la de elaboración de tarjetas de producción.

No se muestran todas las actividades ya que sería repetitivo y sólo se pretende ilustrar el procedimiento.

Proyecto: IMPANTACION DEL S.I.T. Responsable: SA. OSCAR VIALQUE

Actividad: IMPANTACION DEL S.I.T.

Temporales: \_\_\_\_\_

Iniciacion

Tardecia: EN TARDECIA EN LA COMPAÑIA (SEGUNDO DIA)

Temporales: EN TARDECIA EN TIEMPO (SEGUNDO Y TERCER DIA)

Terminacion

Tardecia: \_\_\_\_\_

Tiempo de Duracion: 30 DIAS % Avance/DIA: 33%

INSTRUCCIONES: Tener conocimiento de la computadora, ELABORAR TARJETAS DE PRODUCCION, POR ENTREGAS AL SERVIDOR, SEGUIR LAS ORDENES DE PRODUCCION EN EL CONTROL MEDIDAS HACER CAMBIOS DE LAS TARJETAS, MANTENER REGISTRO DEL SISTEMA Y CORREGIR LOS TALLERES

Presupuesto:	P	R
Mano de Obra	\$ 122,500.00	\$ 122,500.00
Materiales	\$ 31,200.00	\$ 31,200.00
Otros Gastos	\$ 108,200.00	\$ 122,500.00
<b>Total Programado</b>	<b>\$ 312,000.00</b>	
<b>Total Realizado</b>	<b>\$ 343,200.00</b>	

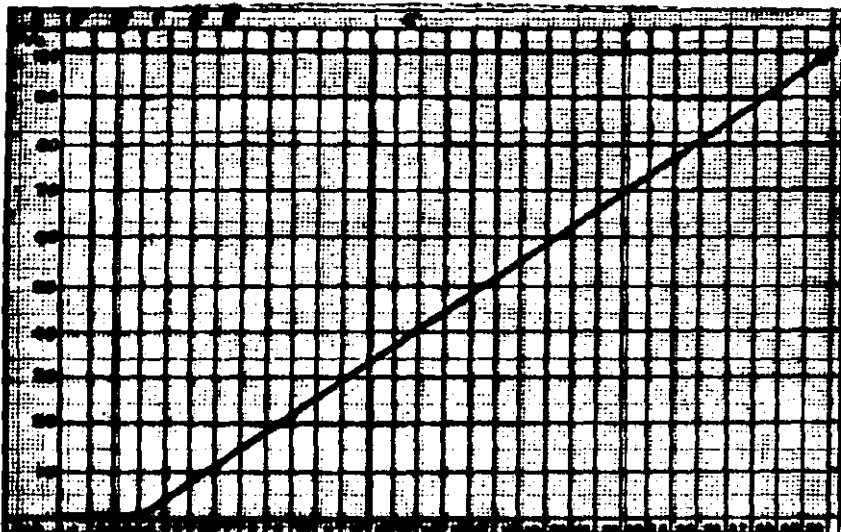


## III.2.2 Gráficas de avance.

En el control del proyecto, es necesario determinar con precisión tanto el avance de cada una de las actividades como el que corresponde al proyecto total. Una forma efectiva de control es el uso de gráficas que permiten vigilar visualmente el desarrollo de las actividades.

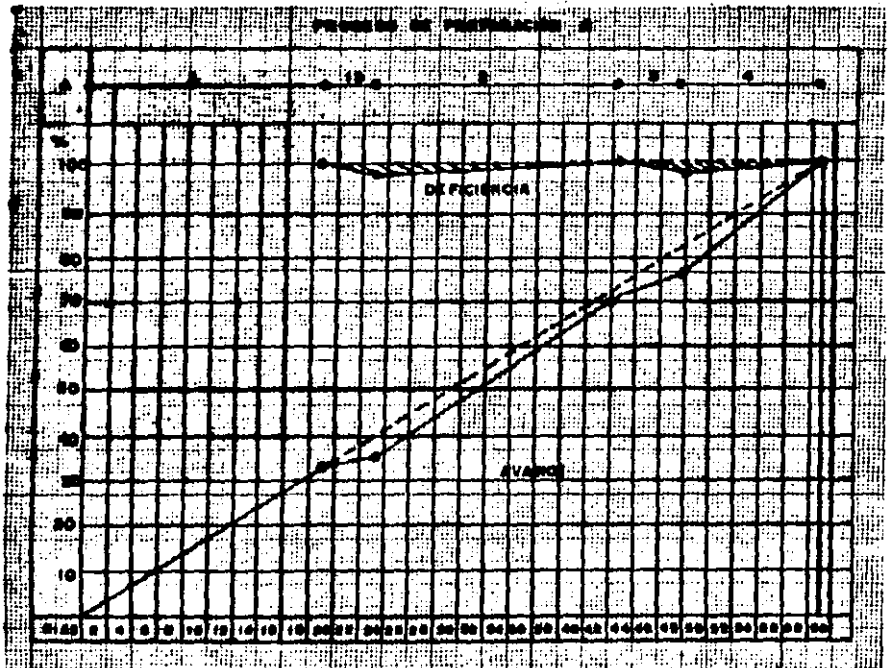
La gráfica que se utiliza es de rendimiento. En ella se observa el ritmo de trabajo, el tiempo que las metas parciales se van logrando en el transcurso del tiempo.

En la ordenada se presenta una escala con porcentajes de avance y en la abscisa los días de duración de la actividad o proyecto. Los días estimados deben incluir las tolerancias calculadas.



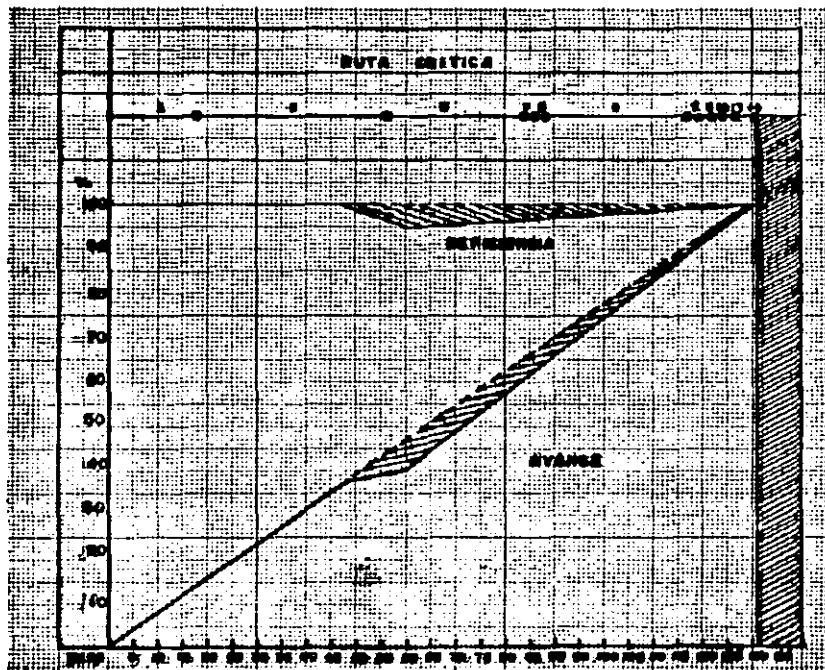
III.2.3 Ejecución y control por procesos.

Para cada proceso dentro del proyecto es necesario elaborar y seguir su desarrollo mediante una gráfica de control, ya que estos procesos se deben terminar dentro del tiempo programado. Se muestra un ejemplo aplicado dentro de la implantación.



III.2.4 Gráficas de avance del sistema.

Para concluir con el capítulo tercero se muestran tanto la gráfica de avance del sistema como su gráfica de rendimiento. Estas gráficas se elaboran en la etapa de realización del proyecto y son la mejor forma de tener una visión general del avance del sistema. Es la forma de resumir en una hoja el transcurso de todo el proceso.



## Capítulo IV Ejemplo Práctico.

### IV.1 Antecedentes.

Este capítulo tiene la finalidad de mostrar prácticamente el flujo del sistema. Se toma como prototipo la producción del interruptor TKL, del cual se muestra cómo se llenan los formatos involucrados, personal que desarrolla las actividades y cuál es la finalidad de lo realizado.

### IV.2 Información de la computadora.

La información de la computadora se requiere mensualmente, ya que una semana antes de cada mes se elaboran los lotes de producción de interruptores en base a la demanda existente. La computadora descarga los componentes asignados al lote que se producirá y revisa los niveles de inventario, elaborando una lista de los faltantes por ensamble y por componentes aislados. En base a esta lista de faltantes se llenarán las órdenes de producción necesarias para restituir los niveles de inventarios, establecidos de antemano, solicitando adicionalmente a la computadora las tarjetas de materia prima con sus requisiciones. Una tarjeta de materia prima impresa por la computadora consta de los siguientes elementos:

- 1.- Número de orden.
- 2.- Cantidad de piezas que contiene el lote a producir (sólo para la elaboración de componentes o piezas).
- 3.- Fecha en que se abrió el lote.
- 4.- Tipo de materia prima que lleva la pieza a producir.
- 5.- Número que se le asigna a la materia prima en el almacén.

6.- Cantidad de materia prima que se utilizará.

7.- Fecha de entrega del componente.

Con esta tarjeta el almacén entrega el material y registra la salida en la computadora, ya que deben coincidir los dos datos en la máquina.

T.P.2 TARJETA DE MATERIA PRIMA

NO. DE ORDEN:	LOTE:	CANTIDAD:	FECHA:
87/1-3001		1500	18/06/87
DESCRIPCION(MATERIA PRIMA):	CODIGO:	CANTIDAD:	FECHA DE ENTREGA:
LAM. ACERO CAL. 14	015204	37.5	

Firma de recibido de la  
Materia Prima

PRESENTAR EN ALMACEN PARA  
RECIBIR LA MATERIA PRIMA

En caso de que se alcancen los niveles mínimos en los ensambles de componentes, la máquina imprime las listas explotadas de las partes que lleva el componente, así como la materia prima que compone estas partes, las cuales se utilizan para la elaboración de las tarjetas de producción.

A continuación se muestra la lista explotada de un subensamble del interruptor T.K.L.. Se toma sólo un pequeño ensamble como ejemplo ya que el tomar el producto terminado sólo nos dificultaría más el entendimiento de su producción por el volumen de ensambles y subensambles que lo componen.

PRODUCTOS ELECTRICOS ELMEX S.A DE C.V

Página 1  
15/05/87

EXPLORION DE MATERIALES

Clevo	Descripcion	Unidades	Costo
-----			
Numero del arti	LMO027/A - EMS. P/MECANISMO DE DISPARO		
A2600077/A	EMS. PLACAS P/REC. DE DISPARO	0	
A2600333/A	EMS. PLACA C/EJE TUBULAR	0	
A2600002/1	PLACA	0	0
015211	LAM. ACERO CAL. 12		0 90.00
			-----
			90.00
A2600000/1	EJE TUBULAR	0	
011500	TUBO REC. C.R. 1-3/16"0 INT. x 1-5/16"	0	0 90.00
			-----
			90.00
			90.00
A2600334/A	EMBALE PLACA C/PERNO	0	
A2600004/1	PERNO P/PLACA	0	0
011301	COLD ROLL 1/4" 0		0 90.00
			-----
			90.00
A2600001/1	PLACA	0	0
015211	LAM. ACERO CAL. 12		0 90.00
			-----
			90.00
			90.00
			90.00
B3600067/1	TIRA ANGULAR	0	
015206	LAM. ACERO CAL. 14		0 90.00
			-----
			90.00
A2600337/A	EMS. TIRA DE ENRAQUE	0	
A2600004/1	PERNO P/PLACA	0	0
011301	COLD ROLL 1/4" 0		0 90.00
			-----
			90.00
A2600101/1	TIRA DE ENRAQUE	0	0
015206	LAM. ACERO CAL. 14		0 90.00
			-----
			90.00
			90.00
044004	SEGURO TIPO 'E'	0	0 90.00
A2600106/1	PLACA SOSTEN	0	
015201	LAM. ACERO CAL. 20		0 90.00
			-----
			90.00
A2600008/1	PLACA CURVA	0	0
015206	LAM. ACERO CAL. 14		0 90.00
			-----
			90.00

PRODUCTOS ELECTRICOS ELNEX S.A DE C.V

EXPLOSION DE MATERIALES

Código	Descripción	Unidades	Costo
A2600085/1 011303	PERNO EJE DE DISPARO COLD ROLL 3/8" Ø	0	90.00
		0	90.00
B3600088/1 013206	PISTEM CENTRAL LAN. ACERO CAL. 14	0	90.00
		0	90.00
A2600231/1 011302	PERNO TULIPAN COLD ROLL 5/16" Ø	0	90.00
		0	90.00
064103	ROWDANA PLANA	0	90.00
061202	TORNILLO ALLEN	0	90.00
063101	TUERCA HEX.	0	90.00
			90.00
TOTAL A INVENTAR			90.00

Esta lista explotada contiene todas las piezas necesarias para realizar el ensamble indicado y, en caso de ser necesarios, los costos. La impresión de los costos varía según el destino de la lista explotada de componentes sea la planta (los costos de estos componentes aparecen en cero) o el departamento de costos.

ORDEN No. 87/1-3001		CANTIDAD 1,500 pzns		TIPO DE APARATO T.K.L.		CODIGO O DIBUJO B360006B-1		FECHA 18/04/87	
DESCRIPCION Y MATERIAL POR UNIDAD RETEM CENTRAL LAMINA GOLD ROLL No.14 015206						REFERENCIA LMO027			
ORDEN	DESCRIPCION	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	VALOR				
1	Guill.	Corte		0.32	10.00				
2	Whitney	Barrenar Ø 10mm. dos.		0.32	5.00				
3	Whitney	Barrenar Ø 6.3mm. dos.		0.32	5.00				
No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA No. FICHA REVISION 11									

La tarjeta de producción, reproducida en la parte superior, complementa a la tarjeta de materia prima, impresa por el departamento de producción. El objetivo es formar un paquete de información, si así se le puede llamar, que consta de las tarjetas de producción, viajera, operación (tiempos) y recepción de material, así como un dibujo clasificado que entrega el departamento de ingeniería.

El personal, al recibir el block de producción, saca el material del almacén con la tarjeta de materia prima y de ser necesario lo corta. Una vez que el material tiene las dimensiones adecuadas se considera iniciada la actividad y el operador marca



en la primer tarjeta, la de operación, el tiempo de inicio. Al terminar la primer pieza del lote, el operador adiciona la tarjeta viajera al material. Esta tarjeta contiene la información necesaria para identificar el lote en todo momento, con la finalidad de identificar la falla y su extensión de manera rápida y eficiente en caso de presentarse algun defecto. Al finalizar el lote, se apunta el tiempo de finalización del pedido y el nombre del operario en la tarjeta de operación, antes de regresar el producto terminado al almacén. Por su parte, el almacenista lo recibe con la tarjeta de recepción de materiales y las tarjetas de producción, las cuales serán trasladadas al departamento de control de producción para su verificación.

Las tarjetas que respaldan el ensamble general de cualquier componente no tienen especificados los datos para el ensamble ni la lista de materia prima, sólo los tiempos. A estas tarjetas se les adiciona una lista explotada de componentes con la cual el encargado los saca del almacén para trasladarlos al área de ensamble. En adelante, el operador o encargado del ensamble debe seguir el mismo procedimiento descrito para el manejo del block de producción en fabricación de partes y componentes.

Quando el departamento de control de producción recibe la entrada del producto al almacén, cierra la orden de producción y se basa en la información que contienen las tarjetas para calcular los costos unitarios y enviarlos al departamento de costos, el cual actualiza los mismos y envia la información a los departamentos involucrados.

En el cálculo de costos se utiliza la siguiente forma:

No. DE DIBUJO/CODIGO. _____ NOMBRE. _____ MATERIAL. _____ DESARROLLO. _____ LOCALIZACION EN ALMACEN. _____					FECHA. _____	COSTOS MATERIA PRIMA. COSTO / Kg. \$ _____ COSTO / UNIDAD \$ _____ COSTO TOTAL DEL MATERIAL. \$ _____
OPERACIONES		TIEMPOS		HORAS	CANTIDAD DEL LOTE COSTO OPERACION \$ _____ GASTOS DE FABRICA \$ _____ COSTO TOTAL DE FABRICA (EMO) \$ _____ GASTO DE FABRICACION. (EMC) \$ _____	
No.	DEPARTAMENTO	TIEMPO OPERACION	TIEMPO FABRICACION	HORAS		
TOTAL.						

Esta forma se llena de la manera siguiente:

- 1.- El número de referencia registrado en Ingeniería.
- 2.- El nombre de la pieza.
- 3.- Material en el que está fabricada la pieza.
- 4.- Desarrollo con las medidas de la materia prima utilizada para la elaboración de la pieza.
- 5.- Localización en almacén, número y nivel de estante en que se colocará la pieza al entrar en almacén.
- 6.- En la parte inferior se calculan los tiempos de acuerdo a la información de las tarjetas de producción.
- 7.- Costos, en esta área se calculan los costos de los lotes o piezas.

- 8.- Materia prima, aquí se coloca el costo, ya sea por kilo o por unidad según sea el caso, multiplicado por la cantidad empleada en el lote.
- 9.- Costo de operación, de la mano de obra, involucrada en la fabricación de la pieza.
- 10.-Gastos de Fábrica, estos gastos se obtienen al solicitar la información al departamento de costos, el cual puede proporcionar el promedio de gastos de fábrica contra mano de obra o dar los gastos de fábrica en un desglose por departamentos.
- 11.- Costo total de fábrica, la suma de los gastos de fábrica y el costo de mano de obra.
- 12.- Gasto de Fabricación, suma del costo total de fábrica y el costo total de materia prima.

Con la finalidad de aclarar lo más posible el cálculo de los costos, aquí se costea tanto el ensamble como la pieza que se ejemplificó en las tarjetas.

Después que se calculen los costos unitarios, la información pasará al departamento de costos para actualizar la información en la computadora y proporcionarla a través de ella a los departamentos involucrados.

FECHA: 18/06/19					COSTOS	
No. de DIBUJO/CODIGO: B300068/1					MATERIA PRIMA.	
NOMBRE: PÉTEX CENTRAL					COSTO / Kg. \$ 650.00	
MATERIAL: LAMINA Cold Roll No. 14					COSTO / UMDAD \$ 16.115	
DESARROLLO: 20 x 80					COSTO TOTAL DEL MATERIAL. \$ 24,277.5	
LOCALIZACION EN ALMACEN: F-3					CANTIDAD DEL LOTE 1,500'	
OPERACIONES		TIEMPOS			HORAS	
No.	DEPARTAMENTO	TIEMPO OPERACION	TIEMPO DE MONTAJE	REPOSTA		
1	Mechinas.	0.96	20.00	1 hora		
TOTAL.		0.96	20.00	0.033	0.062 h 120'	
					COSTO OPERACION \$ 12.125	
					GASTOS DE FABRICA \$ 3.275	
					COSTO TOTAL DE FABRICA (EMO) \$ 19.40	
					GASTO DE FABRICACION (EMC) \$ 35.58	

FECHA: 18/06/19					COSTOS	
No. de DIBUJO/CODIGO: L.MO023/A					MATERIA PRIMA.	
NOMBRE: FAX Box MECANISMO DE QUANT					COSTO / Kg. \$	
MATERIAL: Diversos					COSTO / UNIDAD \$	
DESARROLLO:					COSTO TOTAL DEL MATERIAL. \$	
LOCALIZACION EN ALMACEN: E-4					CANTIDAD DEL LOTE 50	
OPERACIONES		TIEMPOS			HORAS	
No.	DEPARTAMENTO	TIEMPO OPERACION	TIEMPO DE MONTAJE	REPOSTA		
1	ENSAMBLE T.E.L.	20.00				
TOTAL.		20.00			0.333 h 200'	
					COSTO OPERACION \$ 223.25	
					GASTOS DE FABRICA \$ 163.21	
					COSTO TOTAL DE FABRICA (EMO) \$ 446.64	
					GASTO DE FABRICACION (EMC) \$ 446.64	

Para el cálculo de los costos ejemplificados en las tarjetas, se consideran los tiempos en minutos y se convierten a horas, mientras que el tiempo de preparación de maquinaria se prorratea entre las piezas del lote, para obtener la parte proporcional por unidad de producto terminado.

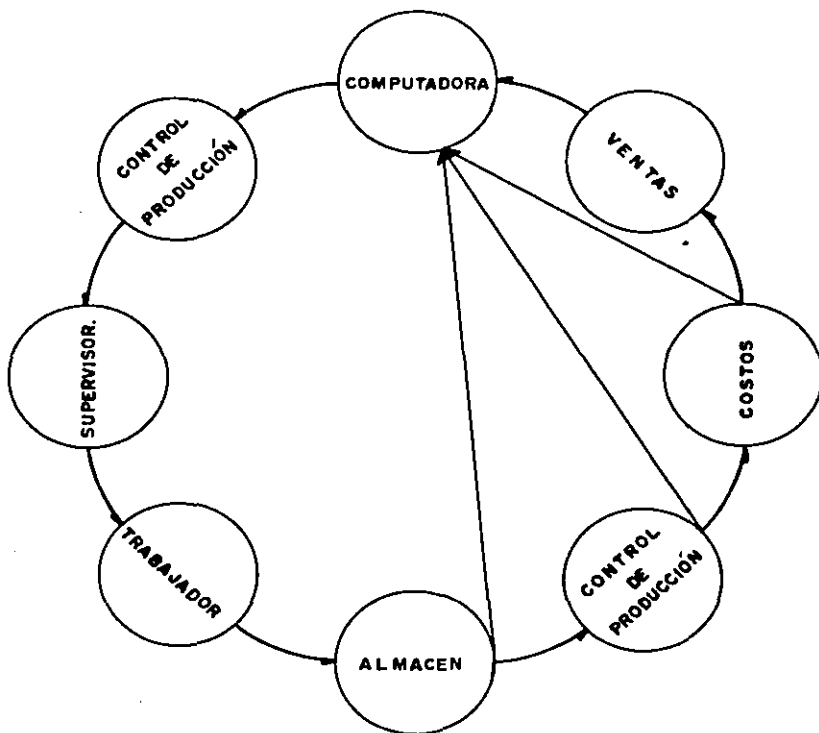
Para cada caso, la fuente de información es:

- los tiempos y otros datos relevantes los proporcionan los operarios,
- los costos de materia prima provienen del departamento de compras,
- los salarios de los empleados son los que controla el departamento de personal.

En el caso del ensamble, el costo de los componentes no se especifica debido a que son incluidos automáticamente por la computadora al solicitar el del ensamble. La máquina suma los costos de los componentes y el del ensamble, el cual sólo incluye el del tiempo de fabricación.

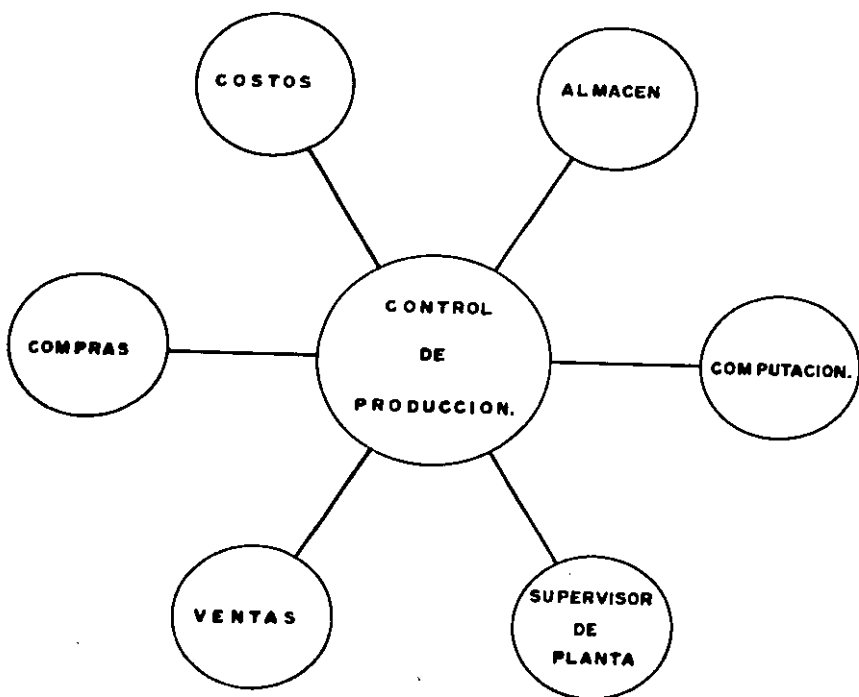
IV.3 Diagrama circular de flujo.

A continuación se muestra un sencillo diagrama para aclarar el flujo que se sigue en el ejemplo práctico del sistema. En este diagrama, se puede notar la retroalimentación que debe existir entre el sistema de producción y la computadora como centro de información.



IV.4 Diagrama de relaciones interdepartamentales.

El departamento de control de producción tiene las siguientes relaciones con los demás departamentos de la empresa:



Se debe tomar en cuenta que los procesos descritos se realizan con la frecuencia requerida, típicamente una vez al mes.

En la última semana del mes, se pide toda la información a los departamentos involucrados y en base a ésta la computadora imprime las órdenes de producción de las piezas y ensambles necesarios para el siguiente mes.



## Capítulo V Evaluación de los Resultados.

La mejor forma de evaluar si el proyecto produjo los resultados deseados es enumerar los beneficios que trae el sistema y compararlos con lo que se tenía antes de iniciar el desarrollo e implantación del sistema.

### V.1 Beneficios del sistema.

- 1.- Cálculo de los tiempos de producción reales y no aproximados.
- 2.- Obtención de costos de producción reales.
- 3.- Una planeación de producción de acuerdo a las necesidades de la empresa.
- 4.- Un nivel de reserva en caso de que la demanda presente variaciones.
- 5.- Disminución de los costos por el inventario, logrado al producir en base a lotes económicos. Reducción de los niveles de inventario a límites calculados, para que el costo sea mínimo de acuerdo a lo que se produce mensualmente.
- 6.- Un mejor flujo de la materia prima ya que sólo se solicita la cantidad necesaria para producción y no se trabaja con niveles de reserva en almacén.
- 7.- Obtención de una mayor liquidez al ofrecer mejores tiempos de entrega a los clientes.
- 8.- Una organización con la capacidad necesaria para absorber aumentos en la demanda sin que el sistema sufra alteraciones o cambios.

9.-Un control de los lotes de ensamble y sus componentes, facilitando la detección de fallas al ubicar las piezas en sus lotes y previniendo la repetición de éstas al analizar el lote de piezas, dando al cliente una mayor seguridad en el equipo que está adquiriendo.

#### V.2 Análisis de los alcances del sistema.

A continuación se analizarán todos los puntos anteriores, para poder evaluar los alcances del sistema a nivel práctico.

1.- En el cálculo de los tiempos se obtiene una medida real del tiempo en el que se termina un lote o una orden de producción.

Los tiempos se calculan en base a estudios de tiempos, anotando en las tarjetas el que se utiliza para la producción de cada pieza, para que los obreros lo tomen como un parámetro de referencia y en base a ésta elaborar el programa de producción.

Al recibir las tarjetas de producción, se toman los tiempos y analizan en cuanto a la variación de lo obtenido en los estudios contra lo real. En caso de que no exista una diferencia representativa, se toman los tiempos anotados al reverso de las tarjetas así como el nombre de los operarios y con éste se calcula el costo.

2.- Se solicita el salario de los operarios involucrados en el proceso, los gastos de fábrica y los costos de la materia prima. Al sumar el costo de la materia prima con el costo del trabajador y los gastos de fábrica, se obtiene el costo por pieza, siendo éste costo un costo real.

En los puntos uno y dos se obtuvieron óptimos resultados, ya que los costos dentro del sistema anterior se obtenían con tiempos calculados dentro de la oficina del personal de costos, con promedios de gastos de fábrica y de mano de obra. Tampoco se tenía un estudio de tiempos para saber los tiempos de operación de las máquinas.

La mayor utilidad de esta parte del sistema es para el departamento de ventas, que al tener costos más reales puede ofrecer precios más competitivos a los clientes y tiene la seguridad de que no pierde en sus productos, aumentando el volumen de ventas y abarcando un mayor porcentaje del mercado.

3.-Al instalar el sistema, se calcularon los niveles de producción óptimos de acuerdo al pronóstico de ventas anual. Estos niveles se pueden modificar de acuerdo a las variaciones del mercado durante el transcurso del año, obteniendo un sistema más versátil y eficiente.

Por lo mismo, se puede planear la producción al distribuir las tarjetas de producción de manera adecuada, lo que equivale a repartir el trabajo y evitar cuellos de botella. Además, se asigna a las máquinas una carga de trabajo adecuada. Se simplifica el manejo de información al no proporcionar más de dos tarjetas a los operarios, que se pueden confundir y perder el orden adecuado o hasta extravíar las tarjetas, ocasionando un atraso en la producción.

En el sistema anterior la producción no tenía planeación alguna, sólo se desarrollaba de acuerdo a las

necesidades que se presentaban, con los consabidos problemas en los plazos de entrega, etc.

El sistema implantado nos da un mejor aprovechamiento de los recursos y una mayor productividad.

- 4.- El nivel de reserva otorga un colchón de seguridad en caso de que se presenten alteraciones en la demanda, o los proveedores tengan problemas en las entregas de materia prima.

El departamento de control de producción tiene una reserva que utilizará en caso de que se presenten urgencias o problemas alternos, como los enunciados con anterioridad, y puede cumplir con sus tiempos de entrega sin afectar a los clientes.

En el sistema anterior, los niveles de reserva eran nulos, por lo que los costos se elevaban notablemente en el caso de que un producto se requiriera de urgencia. El problema se trataba de resolver aumentando la carga de trabajo y pagando a los operarios horas extras. El nuevo sistema disminuye los costos en urgencias y aumenta la eficiencia.

- 5.-El objetivo que se persigue es el de mantener sólo los componentes y materia prima necesaria para las órdenes que se estén trabajando o que se trabajarán en el transcurso del mes.

Dentro del sistema anterior se contaba con un cuantioso inventario, tanto de materia prima como de componentes, puesto que no se contaba con cálculos de máximos y mínimos y se producía de acuerdo al criterio del personal encargado

del departamento de control de producción, incrementando los costos de producción al tener el dinero parado en bodega.

Actualmente, el flujo de materia prima y componentes aumenta la rotación de inventario, disminuyendo el ciclo de producción.

- 6.- Tomando como base el punto anterior (5), también se obtiene una solución a la falta de materiales por parte de los proveedores. Sólo se les solicitan las cantidades necesarias de materia prima. Aunque esto aumenta los precios (al adquirir cantidades mas pequeñas), los costos financieros son menores al tener disponible una mayor variedad de artículos sin adquirir deudas mayores con los proveedores. Ha mejorado el suministro de materias primas al no detener los pagos por falta de efectivo y se ha agilizado la producción, que ahora no se detiene por falta de material.
- 7.- Se ofrecen mejores condiciones a los clientes, los cuales entregan sus anticipos y pagos con una mayor frecuencia, se reducen los tiempos de entrega y la empresa adquiere una mayor liquidez, acaparando una mayor porción del mercado.
- 8.- Con una organización establecida es más fácil conseguir un incremento en la producción, ya que el mismo sistema, por su versatilidad, contempla la posibilidad de cambios. No se pierde eficiencia al implementar variaciones en la producción, puesto que cualquier cambio no se realiza hasta que se haya localizado cualquier problema que se derive y se tenga la corrección a la problemática.

9.- Los compradores, en caso de tener un problema con el equipo, solicitarán soporte técnico a la empresa. Esta, por su parte, después de la inspección física, puede recurrir al análisis de componentes por lotes para determinar el origen, frecuencia y gravedad del caso, aplicando la solución pertinente.

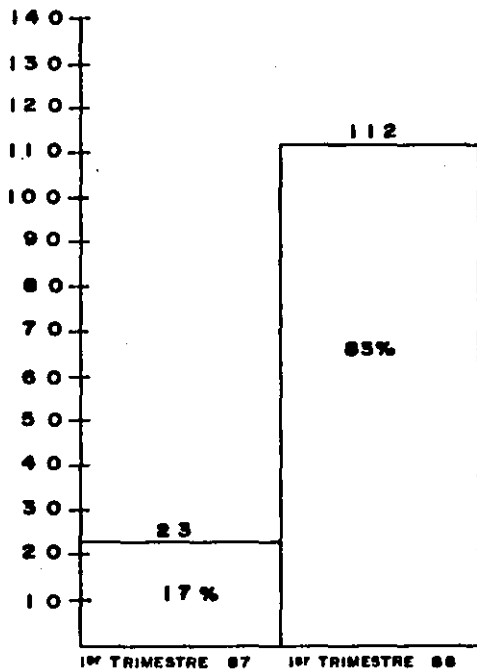
Los nueve puntos enumeran los principales beneficios que acarrea el sistema a esta empresa. Los resultados obtenidos a la fecha han justificado el costo de la implantación del sistema en términos de un incremento real en la productividad, más resultados con los mismos recursos a corto plazo.

### V.3 Reporte de resultados.

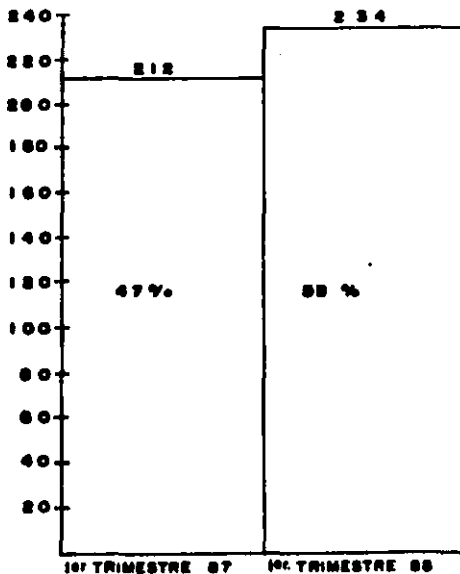
El cause natural de todo proyecto bien logrado converge en el satisfactorio reporte de resultados.

La información que se presente debe ser concreta y sencilla, sintetizar lo importante, sin desvirtuar lo alcanzado ni ocultar los errores. Sin ir más lejos, éstas son las gráficas comparativas de producción para el primer trimestre 1987-1988.

**GRAFICA TRIMESTRAL DE INTERRUPTORES T.K.L.  
(COMPARATIVA 87 - 88)**

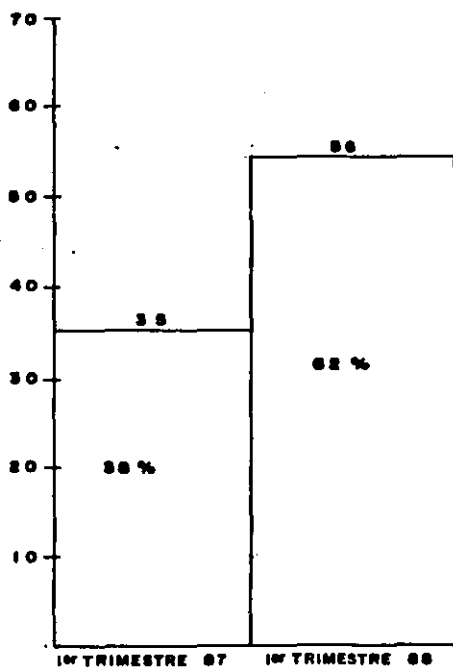


**GRAFICA TRIMESTRAL DE PRODUCCION DE FUSIBLES  
(COMPARATIVA 87-88)**





**GRÁFICA TRIMESTRAL DE CUCHILLAS  
(COMPARATIVA 87-88)**



## Capítulo VI Conclusiones.

### VI.1 Importancia de un plan de desarrollo.

Después de implantado el sistema, es importante destacar que gran parte de la problemática que se puede presentar dentro de un proceso de implantación se puede solucionar con un buen plan de desarrollo, el cual proporciona bases sólidas. La solidez e importancia de un proyecto bien estructurado resaltan si consideramos que contiene toda la información involucrada, datos tales como tiempos de desarrollo de actividades, presupuestos, costos y la secuencia a seguir. Los problemas que se presenten deben estar contemplados dentro de alguna área específica, en la cual debe existir la información necesaria para obtener las soluciones lo antes posible. Una implantación bien diseñada también permite la mejor aplicación de los recursos a través del tiempo, reduciendo los faltantes al mínimo.

Otra ventaja de un plan de desarrollo bien establecido es que personas involucradas en el proyecto pueden solicitar todo tipo de información en busca de una mejor comprensión y cabal desarrollo de sus aptitudes. Fácilmente se responden preguntas tales como:

- a) ¿Qué se va a hacer?
- b) ¿Cómo se va a hacer?
- c) ¿Cuándo se va a hacer?
- d) ¿Quién lo va a hacer?
- e) ¿Para quién lo va a hacer?

Al definir estos puntos podemos garantizar que el objetivo del proyecto está comprendido y que la gente sabe de qué se trata el proyecto.

El sistema debe convencer a los directivos si ha de tener éxito. Se ha de presentar el plan de desarrollo de manera atractiva, mostrando todos los beneficios que pueden obtener, con información veraz y completa para respaldar cada afirmación. Es necesario que el personal directivo sienta confianza en la factibilidad del proyecto, de lo contrario éste pasara a ser un proyecto muerto.

#### VI.2 Manejo de personal.

Para buscar resultados favorables dentro de cualquier proyecto, es vital tener una buena relación con el personal involucrado en el desarrollo del mismo. Después de todo, es por medio de estas personas que se obtienen resultados del proyecto, incluso antes de lo proyectado. La buena relación con el personal permite poder canalizar sus inquietudes particulares y reducir presiones de trabajo.

Cuando el personal desempeñe su trabajo de manera correcta, se le deberá reconocer y premiar. De hacerlo, el personal sentirá que los dirigentes del proyecto están al tanto de lo que pasa, apoyando las decisiones que se toman. Se ha de valorar correctamente su iniciativa y esfuerzo en busca de este tipo de reconocimientos.

El personal trabaja de manera más eficiente cuando está a gusto en lo que está haciendo y el hacerlo le proporciona una mayor satisfacción.

## VI.3 Administración de recursos.

Es importante definir un presupuesto y conocer con exactitud la cantidad de recursos (físicos, humanos, económicos, tiempo), con los que se cuenta para distribuirlos correctamente en cada una de las actividades. La administración será más sencilla y eficiente, jerarquizando las actividades y asignando un presupuesto acorde a su importancia, estableciendo límites de tiempo y dinero (necesarios para los puntos de control), etc.

A pesar de las ventajas que ofrece un presupuesto, es muy importante que las asignaciones y planteamientos sean responsables, sólidos, reales. Entre menor sea el número de modificaciones que sufra el presupuesto de un proyecto, mayor será la seguridad que tengan los directivos en los resultados, el líder de proyecto y su personal. Los beneficios se reflejarán, a corto, mediano y largo plazo, en áreas de la empresa sin relación aparente con el proyecto en desarrollo.

## VI.4 Control de actividades.

Es importante tener un estricto control de actividades por ser una forma probada de medir la evolución real del proyecto a través del tiempo, evitando o corrigiendo errores cuando todavía es costeable hacerlo. En todo momento se ha de tomar en cuenta que un buen control garantiza la utilidad de la información recopilada.

## Bibliografía

- a) Smith H. E., Stackman H. A., Atwater F. S.,  
Organizacion y Direccion Industrial,  
Fondo de Cultura Economica,  
Mexico, D.F., 1952.
- b) Buffa Elwood Spencer,  
Administracion y Direccion Tecnica de la Produccion,  
Editorial Limusa-Wiley,  
Mexico, D.F., 1966.
- c) Pressman Roger S.,  
Numerical Control and Computer Aided Manufacturing,  
John Wiley and Sons,  
U.S.A., 1977.
- d) Riggs James L.,  
Sistemas de Produccion: Planeacion, Analisis y Control,  
Version en español, Editorial Limusa,  
Mexico, D.F., 1977.
- e) Plossl G. W., Wight O. W.,  
Production and Inventory Control: Principles and Techniques,  
Prentice Hall,  
Englewood Cliffs, 1967.
- f) Taha A.,  
Investigacion de Operaciones: Una Introduccion,  
Representaciones y Servicios de Ingenieria,  
Mexico, D.F., 1981.
- g) Catalogos de Informacion del Equipo de Productos Electricos  
Elmex.
- h) Sistema de Control de Produccion,  
G.E.C. Measurements,  
U.K.
- i) Apuntes Investigacion de Operaciones,  
Ingenieria Industrial,  
Generacion 1962,  
U.L.S.A.