

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**Facultad de Ingenieria Mecánica  
y Eléctrica**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST GRADO**



**Optimización de Operaciones en la Línea  
De Producción Para Incrementar la Productividad  
y Disminuir el Desperdicio**

**Presenta :**

**Ing. José Constancio Ramos G.**

**TESIS :**

**En Opción al Grado de Maestro en Ciencias  
De la Administración con Especialidad  
en Producción y Calidad**

**Monterrey, N. L.**

**Diciembre 2001**

TM

Z5853

.M2

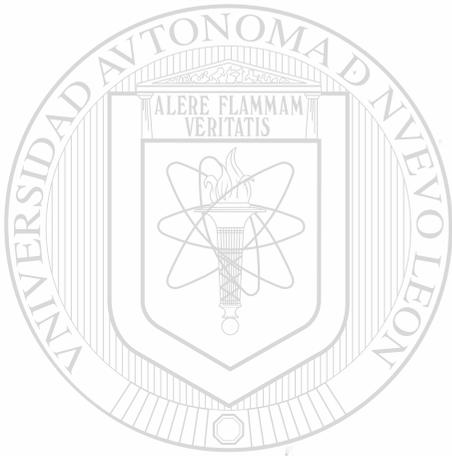
FIME

2001

.R3



1020146962



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

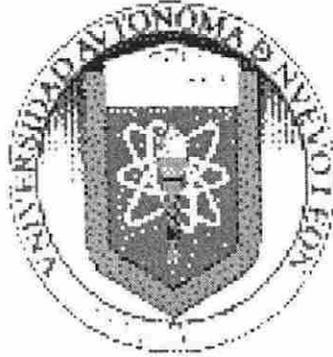


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y DISMINUIR EL  
DESPERDICIO**

**POR**

**UANL**

---

**ING. JOSÉ CONSTANCIO RAMOS GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN**



**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**TESIS**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

**MONTERREY, N.L. DICIEMBRE 2001**

310821

TH  
Z5853  
•Ma  
FINE  
2001  
•R3



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

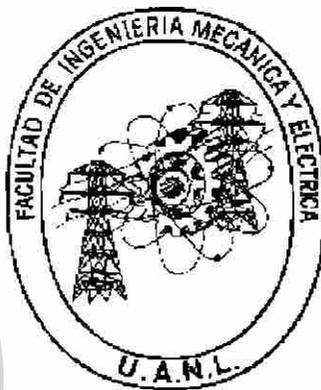
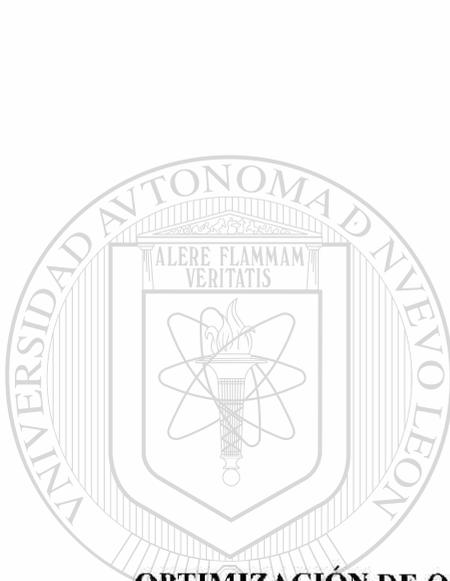


FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y DISMINUIR EL  
DESPERDICIO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**ING. JOSÉ CONSTANCIO RAMOS GONZÁLEZ**

**TESIS**

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

**MONTERREY, N.L. DIC 2001**

**Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.  
Division de Estudios de Post-grado.**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “ Optimización de Operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio”, realizada por el alumno Ing.Josè C.Ramos González matrícula 787492 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad.



El comité de Tesis

M.C.Ing.Alejandro Aguilar Meraz

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

M.C.Ing.Roberto Elizondo Villareal

Dr.Luis Fernando Barroso Aguilar

M.C. Ing.Roberto Villareal Garza  
División de Estudios de Post-grado

# PRÒLOGO.

El siguiente tema nos muestra el comportamiento de los metodos de manufactura en los diferentes procesos de producciòn, el cual esta enfocado en la manufactura esbelta, por el cual el estudio queda recabado para una linea de producciòn con problemas de control en el proceso sin llevar acabo modificaciones serias en dicho mecanismo de operaciòn. Este estudio o análisis esta reflejado en una linea de producciòn real en tiempo real para la planta maquiladora Square-D.

Las herramientas aquí utilizadas nos reflejan la simplicidad de su uso en la linea de producciòn y nos demuestran que tan importante es ver los detalles practicos de operaciòn en la linea de producciòn.

Los enfoques de manufactura esbelta se desglozan de una manera mas simple el cual nos lleva a conocer y entender las variables mas importantes a considerar para poder realizar un estudio mas eficaz en la linea de producciòn.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# ÍNDICE GENERAL

## CAPITULO

1. Síntesis	1
2. Introducción	3
2.1 Descripción del problema	3
2.2 Objetivo de la tesis	6
2.3 Definición de hipótesis	7
2.4 Límites del estudio	7
2.5 Justificación del trabajo	8
2.6 Metodología a emplear	8
2.7 Revisión bibliográfica	8
3. Productividad	10
3.1 ¿ Qué es Productividad ?	10
3.2 Cómo implementar los conceptos de productividad en la línea de producción	10
3.3 Cómo incrementar la productividad en un proceso de manufactura	12
3.4 Cómo podemos atacar la variación de productividad en tiempo real en la línea de producción	14
4. Sistemas de Manufactura	15
4.1 Sistemas de manufactura: Aspectos Básicos	15
4.2 Análisis de los tiempos involucrados en un ciclo de operación de un proceso de manufactura	20
4.3 Definición de variables que intervienen en un proceso de manufactura	26
4.4 Sistemas de producción	26
4.5 Clasificación de los sistemas de producción en manufactura	33
4.6 Líneas de transferencia	35
4.7 Sistemas flexibles de manufactura	42

5. kaizen	49
5.1 Aspectos básicos a conocer del kaizen	49
5.2 Cómo implementar kaizen en una línea de producción	50
5.3 Resultados generales del kaizen en la línea de s-coils	52
6. Simulación y análisis de una línea de producción	54
6.1 Introducción	54
6.2 Aspectos básicos a considerar	54
6.3 Configuración general del sistema	56
7. La Implementación de 5's en una línea de producción	58
7.1 Conceptos generales de las 5's	58
7.2 Implementación de 5's en la línea de producción	58
7.3 Evaluar resultados antes y después de 5's en la línea de producción	59
8. Proyectos en la línea de producción en base a un BCFE.	63
8.1 Implementación y análisis de un BCFE	63
8.2 Ejemplo de desarrollo de Instrucción de Operación	66
9. Conclusiones y recomendaciones	69
9.1 Comparación de las diferentes herramientas de manufactura y calidad.	69
9.2 Evaluación y resultados de las diferentes herramientas de SPC, Kaizen, Productividad y scrap.	72
9.3 Conclusiones y Beneficios de aplicación de herramientas y teorías en la línea de producción	75
9.4 Recomendaciones: Sistema de Producción por celdas de manufactura	79

## Bibliografía

Listado de tablas y gráficas

Listado de figuras y fotografías

Apéndice

Resumen autobiográfico

# 1. SÌNTESES

El estudio referente a las variaciones de las características de los sistemas de producción revela la profundidad y amplitud del cambio que se está desarrollando en todo el ámbito productivo y en todo tipo de industria hasta el punto de que los centros modernos de producción son totalmente distintos de los convencionales, tanto en instalaciones como en organización y métodos de trabajo.

Las nuevas tecnologías, especialmente la computarizada, técnica de control PLC, incorporados al proceso productivo, permiten nuevos enfoques a la resolución de los problemas de producción.

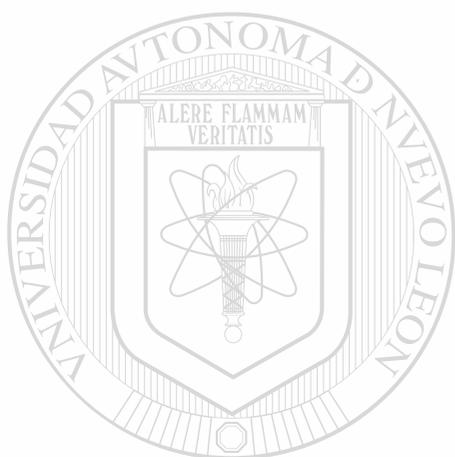
En consecuencia, al existir una amplia gama de sistemas de producción se produce la interrogante de cuál de ellos es el más adecuado para implementar en la manufactura de un dado tipo de producto.

Es por esta razón, que es relevante efectuar un estudio detallado de los diferentes sistemas de producción, para efecto de determinar bajo que características del entorno productivo será más conveniente inclinarse por uno de estos sistemas de producción en particular.

De igual forma, resulta imperante el operar el sistema de producción elegido bajo condiciones óptimas de operación, para incrementar la productividad de éste. Sin embargo esta situación no siempre se da, debido a que no se tiene un conocimiento más a fondo de las diferentes variables que interactúan en los diferentes sistemas de producción.

Por lo tanto, se ha definido que el objetivo fundamental de este trabajo de tesis sea el determinar bajo condiciones de operación resulta más conveniente implementar un sistema de producción de “manufactura esbelta”, “en línea”, y por “celdas de manufactura”, para efecto de incrementar la productividad de la empresa.

Y así, los resultados que se obtengan de este estudio facilitará la toma de decisión sobre cuál es el sistema de producción más conveniente para implementar en un proceso productivo dado, y como operarlo en forma eficiente.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.Introducción

### **OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y DISMINUIR EL DESPERDICIO.**

#### **2.1 Descripción del problema**

La Maquiladora Schneider Electric ubicada en el Parque Stiva en Apodaca N.L. esta dedicada a la fabricación de partes y componentes eléctricos para su comercialización y uso en los EUA. y Canada. Esta Compañía tiene realizando operaciones en nuestro país desde 1998.Actualmente el grupo Schneider Electric cuenta con 4 Maquiladoras ubicadas en nuestro país. Tijuana, Toluca y dos mas en Monterrey.

Como ya se menciona, la fabricación de partes y componentes eléctricos a la cual Schneider dedica su manufactura aquí en Monterrey es desde Interruptores de Seguridad Pesada, interruptores de desconexión montada, transformadores industriales de control, contactores de alto voltaje, arrancadores manuales, bobinas para relevadores, arrancadores magnéticos hasta bloques de terminales o partes de reparación eléctrico.

El producto que vamos a analizar en esta exposición es el de la fabricación de bobinas. El cual es empleado en arrancadores magnéticos, arrancadores manuales o relevadores.

Este producto es fabricado en su totalidad aquí en Monterrey en Planta 2 ubicada en el Parque Stiva. El principal cliente externo de esta bobina es Raleigh, Carolina del Norte en los EUA.

Existen varios tipos de bobinas para su fabricación de las cuales hay en su totalidad 4. Cada familia esta dividida en diferentes forma de fabricación. La producción total de la línea consta de 4 familias o NEMA como se les hace llamar, El significado de NEMA constituye el área o población a la cual esa bobina pertenece. Por ejemplo, la bobina a la cual vamos a realizar el estudio es la bobina con mayor descontrol de proceso y de fabricación la cual es la bobina de la familia NEMA tamaño 1 el cual representa para la línea de producción el 52 % de la producción total de la línea, esta bobina NEMA 1 quiere decir que pertenece a motores de 10 HP, 460 Volts, 3 fases, 60 Hertz. La bobina de estudio esta denominada con la siguiente abreviatura: "31041-400-42", esta abreviatura tiene el siguiente significado:

- 31041 : familia NEMA 1
- 400 : la serie de la familia, es decir es una bobina de voltaje sencillo
- 42 : es el código al cual corresponde el calibre del alambre con el cual va a ser embobinada.

La bobina pertenece a la siguiente familia de NEMA 1 y sus sub-familias son:  
NEMA Tamaño I:

Sub-Familias :

- 31041-400-Series
- 31041-402-Series doble voltaje
- 31110-403-Series
- 31110-405-Series doble voltaje

La bobina se fabrica en la línea que se conoce con las siglas en ingles "s-coils" que quiere decir bobina para arrancadores manuales y magnéticos.

Esta bobina se fabrica de la siguiente manera. Lleva los siguientes pasos:

El proceso de la bobina esta dividido en varias etapas de proceso: Embobinado, Soldadura, Encapsulado, Limpieza, Remachadora, Colocación de tornillos, Prueba de Voltaje y Resistencia y Empaque.

Cada una de estas etapas del proceso se definen a continuación:

**Embobinado :** Es el proceso en el cual se **utiliza** alambre y carcaza o montura. El alambre se enrolla a través de un proceso automático montado sobre una maquina embobinadora y se **coloca** el alambre alrededor de dicha carcaza para poder llevar acabo un embobinado. Una vez terminado el proceso de embobinado o de haberse enrollado todo el alambre en la bobina se continua al siguiente paso.

**Soldadura :** Después de que la bobina esta embobinada se continua el **proceso** a soldar las terminales en la bobina, mediante un soldante y cautin haciendo el proceso de soldadura manual del alambre soldándolo a la **terminal**.

**Encapsulado :** Una vez estando la bobina soldada se **coloca** dentro de una prensa a la cual se le va inyectar material para que una vez colocada la bobina dentro de la máquina sea rellena por poliéster y quede encapsulada o formada.

---

**Limpieza :** Con **un** cuchillo se **continua** a retirar la rebaba formada por el encapsulado alrededor de la bobina.

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**  
**Remachadora :** Es la etapa en el proceso en el cual se hace el remachado dentro de las terminales para poder colocar los tornillos.

**Colocación de tornillos:** Sé continua a colocar los tornillos en forma automática por medio de una maquina de alimentación automática de tornillos.

**Prueba de Voltaje y Resistencia:** Se le hace una prueba a la bobina para observar que la bobina este dentro de los rangos marcados de los valores de resistencia de la bobina así como la prueba de voltaje que se genera para ver si llega a los márgenes requeridos en campo.

**Empaque :** Se continúa a empaquetar de la forma adecuada la bobina siguiendo las indicaciones generales de empaque.

El problema se presenta de forma más marcada en las etapas de embobinado, soldadura y encapsulado, el problema consiste en que se fabrican bobinas las cuales presentan diferentes problemas como fracturas, grietas mal formadas, sin continuidad, falla de voltaje, resistencia muy alta o baja. Estos tipos de problema ocasionan un costo muy alto en retrabajos y desperdicio ocasionando estar gastando más dinero de lo planeado por el presupuesto destinado para su fabricación, incluso ocasionando con no cumplir la meta de productividad y de más parámetros de calidad y manufactura dentro de la línea. No se están haciendo entregas al cliente a tiempo. La bobina de mayor consumo se está fabricando con un alto índice de desperdicio y no se está logrando sacar la producción a tiempo.

### **2.1.1 Consecuencias:**

Desperdicio excesivo de materia prima

Fuera de objetivos en productividad

Fuera de objetivos en desperdicios

DPM "defectos por millón" fuera de objetivos

Inspecciones costosas Innecesarias

Retrabajos en operaciones

Reclamos de cliente

### **2.2 Objetivo de la tesis**

El objetivo principal es desarrollar un nuevo proceso de fabricación o manufactura en los procesos de embobinado, soldadura y encapsulado para las bobinas el cual me va a permitir lograr los estándares o metas marcadas por el plan de producción.

### 2.3 Definición de Hipótesis:

Mi supuesto es que se necesita llevar a cabo el estudio de balanceo de líneas y manejar teorías de Justo a Tiempo, implementación de Muda, y de igual manera implementar 5's me llevaría a llevar los objetivos deseados. Establecer controles estadísticos y criterios de control de calidad para ver el comportamiento del proceso de embobinado, soldadura y encapsulado, esto es aplicando control estadístico de proceso, "SPC", control estadístico de calidad, "SQC".

Si realizamos este tipo de actividades aquí mencionadas nos van a ayudar a definir y conocer el comportamiento real del proceso para producir la bobina y poder entender el problema que ocurre en dicho proceso de manufactura con mayor claridad y entendimiento.

El proceso de manufactura de la bobina comprende etapas muy importantes las cuales inician con el número de vueltas y la resistencia de la misma. Es importante tomar en cuenta el número de vueltas de alambre en la bobina ya que es directamente proporcional al valor de resistencia que arroje la bobina al pasar a la estación de prueba, en la estación de soldadura se llevará a cabo un instrumento de control de proceso de tiempo real diseñado para mostrar la variabilidad del proceso por medio de un monitoreo continuo de la soldadura a mano.

### 2.4 Límites del Estudio

Planta : Schneider Electric (Industrias Electrónicas Pacífico)

Ubicación : Apodaca Nuevo León, parque Industrial Stiva

Division : Square-D

Area : Control

Línea : Bobinas "S-Coils"

Familia : Nema Tamaño 1

Bobina : 31041-400-42

## 2.5 Justificación del trabajo

Los beneficios son el lograr estar dentro de los objetivos en Productividad y Desperdicio, esto lograría una reducción importante en dólares en desperdicio y una ganancia más alta al aumentar la productividad y una reducción de DPM's "defecto por millón" en la línea. Los aspectos estarán sustentados por un programa y optimización del proceso de manufactura de la bobina. Se espera obtener un ahorro del 15 % en el desperdicio y alcanzar un incremento del 10 al 20 % en productividad para alcanzar el objetivo. Todas estas justificaciones nos llevan a entregar una bobina de gran calidad y que cumpla con la satisfacción y especificaciones del cliente.

## 2.6 Metodología a emplear

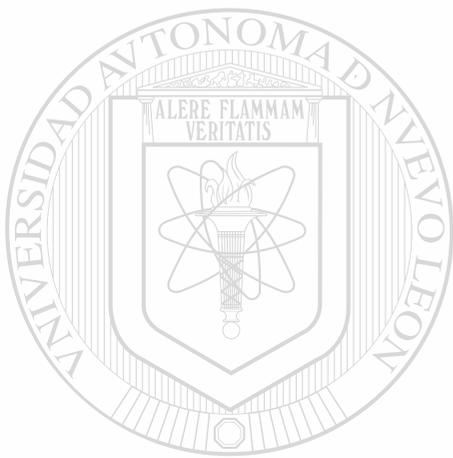
1. - Determinar el tipo o flujo de proceso de manufactura en la línea de producción
2. - Determinar ruta de proceso óptimo que minimice los tiempos de fabricación
3. - Realizar mediciones de SPC y SQC para control del proceso de producción
4. - Realizar la medición de tiempos de proceso utilizando técnicas de Justo a tiempo
5. - Llevar la implementación de 5's en la línea de producción
- 6.- Evaluar los resultados de los diferentes métodos y herramientas aplicadas en la línea de producción.
- 7.- Recomendaciones a dirección para toma de acciones.

## 2.7 Revisión bibliográfica

La similitud que se maneja en el libro "the story of lean production", me lleva a entender los principios básicos de porque y en donde es aplicable la manufactura esbelta, del cual tomé el principio mas sencillo para reconcoer celdas o líneas de producción sobre saturadas con elementos innecesarios. Un libro del cual me ayudo a desarrollar los aspectos para desarrollar metas y objetivos fueron plasmados en el libro "Productivity by Objectives", el cual nos menciona que lo más importante en un sistema de producción son los objetivos a los cuales las empresas estan dirigidos como servicio al cliente y calidad, el tema explotado marca de igual manera como se

ha comentado durante los últimos años, el cual queda expuesto a objetivos prácticos de producción en cuanto a definir objetivos en la línea de producción.

El libro de “kanban:Just in time at Toyota” me hace entender como empresas con una complejidad en proceso puede llevar a cabo sistemas tan amigables de kanban, el cual me sirvió para implementarlo entre celdas de proceso en la línea de producción.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 3.PRODUCTIVIDAD

### 3.1 ¿Qué es productividad?

Se ha definido que el objetivo principal de esta tesis es crear un marco de referencia para efecto de elegir el sistema de producción más adecuado en un sistema de manufactura, dadas las características muy propias que este pudiera tener para efecto de incrementar la productividad del sistema.

Entonces es conveniente comenzar de definir el significado de productividad en un sistema de manufactura. La productividad en su sentido más amplio es la relación entre cierta producción y ciertos insumos.

$$\text{Productividad} = \text{Producción/insumos}$$

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha producido como erróneamente se considera. Es una medida de lo bien que se ha combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables. Es a fin de cuentas, una razón entre la efectividad de la producción total y la eficiencia con que se emplearon los recursos totales consumidos.

$$\text{Productividad} = \text{Efectividad/eficiencia}$$

### 3.2 Cómo implementar los conceptos de productividad en una línea de producción.

El concepto de productividad implica la interacción entre los distintos factores del lugar de trabajo. Mientras que la producción o resultados logrados pueden estar relacionados con muchos insumos o recursos diferentes, en formas de distintas relaciones de productividad- por ejemplo, producción por hora trabajada, producción por unidad de materia, producción por unidad de capital, etc.-, cada una de las distintas relaciones o índices de productividad se ve afectada por una serie combinada de muchos factores importantes.

Estos factores determinantes incluyen la calidad y disponibilidad de los materiales, el porcentaje de utilización de la capacidad instalada, la disponibilidad y capacidad de producción de la maquinaria, la actitud y el nivel de capacidad de la mano de obra, y la motivación y efectividad de los administradores.

La manera como estos factores se relacionan entre sí, tiene un importante efecto sobre la productividad resultante, debida según cualquiera de los muchos índices de que se dispone.

El principal beneficio de un mayor incremento de la productividad es el poder producir más en el futuro, usando los mismo o menores recursos. Desde un punto de vista nacional, la elevación de la productividad es la única forma de incrementar la auténtica riqueza nacional. Un uso más productivo de los recursos reduce el desperdicio y ayuda a conservar los recursos escasos o más caros. Sin un aumento de la productividad los equilibrios, todos los incrementos de salarios, en lo demás costos y en los precios sólo significarán una mayor inflación.

Un constante aumento en la productividad es la única forma como cualquier país puede resolver problemas tan opresivos como la inflación, el desempleo, una balanza comercial deficitaria y una paridad monetaria inestable.

En la actualidad, existe un mercado tan competitivo a nivel mundial que ya no es posible aumentar las utilidades de una empresa elevando los precios de venta, sino que es necesario reducir los costos de producción como única alternativa para lograr tal fin. No es raro ver hoy en día, que el enfoque de los administradores aún se

incline por un aumento en el volumen de ventas y hagan menos hincapié en controlar, sino es que reducir, los costos de producción. Esta actitud es resultado de un acondicionamiento provocado por la expansión de los mercados y de las ventas, de las que disfrutaron muchas empresas en las década de los 60's y principios de los 70's. Sin embargo, en la actualidad se ha dado una contracción en los mercados mundiales, por lo que ya no es apropiado basar las expectativas de crecimiento de una empresa tan sólo en un incremento en el volumen de ventas.

### **3.3 Como incrementar la productividad en un proceso de manufactura.**

Existen diversos factores que involucran a la productividad en un proceso de manufactura estos están algunas veces relacionados en forma directa con el área de producción mientras que otros factores están ligados con la estructura de la organización y administración de la empresa. Se puede decir entonces en forma simple que la única forma de incrementar la productividad es disminuyendo o eliminando el desperdicio en el sistema, refiriéndose este como cualquier factor que no represente un valor agregado al proceso productivo en las operaciones de manufactura. Con esto podemos definir los tipos de desperdicio que existen estrictamente a un proceso de manufactura los cuales están clasificados en:

- Desperdicio por proceso
- Desperdicio en maquinaria o equipo
- Desperdicio por defectos.

#### **3.3.1. Desperdicio por proceso**

Este tipo de desperdicio en un proceso de manufactura se aprecia en el intervalo de tiempo en el cual el trabajo en proceso se encuentra en el área de manufactura, desde que ingresa como materia prima hasta que sale como producto terminado. Y esta representado por todos aquellos tiempos para lo cuales no esta siendo procesado el

producto, es decir, cuando se encuentra en movimiento en una estación de trabajo hacia otra, o cuando esta en espera para ser procesado por cualquiera de las estaciones en área de almacenamiento o de espera temporal. En cualquiera de estos tiempos no se está adicionando un valor agregado al trabajo en proceso. Por supuesto, que estos tiempos no pueden ser eliminados, pero se debe de cuidar y tratar de minimizar al máximo. También debe de considerarse que el área necesario para almacenamiento temporal implica un costo, que de cierta medida lleva a restar un valor al trabajo en proceso.

### 3.3.2 Desperdicio en maquinaria o equipo

Este tipo de desperdicio se aprecia o se observa en mayor claridad cuando las facilidades físicas, inversiones en equipos, no representan un costo efectivo; es decir, cuando el sistema de operaciones que se está utilizando no logra adecuar una utilización real del equipo debido a considerables tiempos improductivos en éstos.

### 3.3.3 Desperdicio por defectos

Cuando existen características del producto que no giran dentro de las especificaciones del producto en sí, puede ocasionar, dependiendo de la gravedad que implique y de la política propia de la empresa, algunas de las siguientes situaciones:

- Que el producto sea considerado como material de desecho, y entonces todo el material, utilización de la maquinaria y los tiempos invertidos en su manufactura representen un desperdicio en el cual se incurrió
- Que el producto necesite ser retrabajado y de esta manera la inversión adicional en tiempos, uso de maquinaria y material sea un desperdicio.

Es importante destacar que el desperdicio causado por defectos está ligado directamente con los sistemas de control de calidad, y de esta forma su análisis no está contemplado dentro de los objetivos definidos para el presente trabajo de tesis.

### 3.4 ¿Cómo podemos atacar la variación de productividad en tiempo real en la línea de producción?

La parte importante en manufactura es colocar la materia prima o sub-ensambles en la cantidad correcta en el equipo correcto y en el tiempo adecuado. Demasiada cantidad crea un exceso de inventario de trabajo en proceso. En caso invertido, es decir muy poco material ocasiona un retraso en la programación de la producción y el tiempo de ocio en la maquinaria. El resultado en la mayoría de los eventos es la utilización pobre del capital ya sea en forma excesiva de inventario de trabajo en proceso y/o baja utilización del equipo. En un año existen 8,760 horas disponibles para el proceso de manufactura. Las estadísticas demuestran que aproximadamente el 44% del tiempo total disponible se pierde debido a un uso ineficiente del segundo turno. 34% del tiempo total se pierde debido a vacaciones y días feriados. Además el 12% del tiempo total se pierde debido a las máquinas que están siendo preparadas para la próxima operación o los sub-ensambles se encuentran en proceso. Aproximadamente el 4% del tiempo se pierde debido a dificultades en el proceso de manufactura. Esto da como resultado que solamente el 6% del tiempo total se pueda utilizar propiamente para producir. Estudios similares indican que de este tiempo tan solo el 5% pertenece al proceso de manufactura, es decir es el tiempo en el cual el trabajo en proceso pasa durante las diferentes estaciones de trabajo donde es manufacturado. El tiempo restante es decir el 95% el trabajo en proceso lo pasa moviéndose entre estaciones de trabajo o en espera de ser procesado en la siguiente operación.

# 4.SISTEMAS DE MANUFACTURA

## 4.1 Sistemas de manufactura: Aspectos básicos

El objetivo de este capítulo es poder definir y analizar conceptos básicos de un sistema de manufactura. Para poder realizar una clasificación en los sistemas de manufactura, desde una perspectiva que nos permita establecer una clara diferencia entre cada uno de los sistemas.

### 4.1.1 Clasificación general de un sistema de producción

#### 1. Producción especial o (FO)

Este tipo de producción se enfoca en la elaboración de proyectos especiales, es decir es decir a la manufactura de productos que se van a ser producidos muy pocas veces o inclusive su fabricación puede ser solo una vez. Son ejemplos de este tipo de producción, la fabricación de bobinas para arrancadores reversibles y de prototipos de bobinas para arrancadores magnéticos.

#### 2. Producción por lote

Este tipo de producción se realiza por lotes, de tamaño medio o alto. El equipo utilizado en este tipo de producción es de un uso mas general. La producción constituye una alta porción de la actividad total en la industria manufacturera.

#### 3. Producción en masa

Este tipo de producción consiste en una manufactura en forma secuencial y a una muy alta razón de producción de uno o muy pocos productos. En ocasiones se utiliza un equipo muy especializado en este tipo de producción y generalmente la planta entera esta dedicada a la manufactura de un solo producto.

Una forma practica de clasificar una actividad de producción es dependiendo del grado de flexibilidad que éste ofrezca, refiriéndose esta por flexibilidad :

1. La variedad en la producción, es decir, la combinación de diferentes partes o productos que el sistema puede producir, así como los diferentes sub-ensambles de partes que se pueden llevar acabo en forma simultanea.
2. La adaptación al cambio en el diseño del producto, en los volúmenes de producción, y en el ruteo de los sub-ensambles a través de las diferentes estaciones de trabajo que conforman el sistema de producción.
3. Lo mas practico es lograr que una maquina o equipo este preparado para poder realizar cambios rápidos de un modelo a otro diferente.

Desde este punto de vista, los sistemas de producción se pueden clasificar como cómo bajamente adaptables, medianamente adaptables y altamente adaptables, dependiendo de que tan bien cumplan los tres puntos anteriores mencionados.

Una tercera manera de clasificar una actividad de producción, es de una forma basada en la distribución del equipo en una planta, y poder distinguir cuatro tipos básicos de la distribución de la planta, como lo menciona J.Tompkins, y son :

#### A.-Distribución por posición fija

En este observación el que se encuentra en una posición fija es el trabajo en proceso, y por el contrario el equipo es llevado hacia éste en forma secuencial, dependiendo de cómo se vayan requiriendo las diferentes operaciones a realizar en éste; tal y como se muestra en la figura 3.1.Este tipo de distribución se emplea cuando se van a ensamblar productos de dimensiones muy grandes, por ejemplo :

Ventajas :

1. el material se mueve en menor medida
2. alta adaptabilidad

Desventajas :

1. el personal se incrementa
2. requiere mayor espacio y existen niveles de trabajo muy altos en proceso

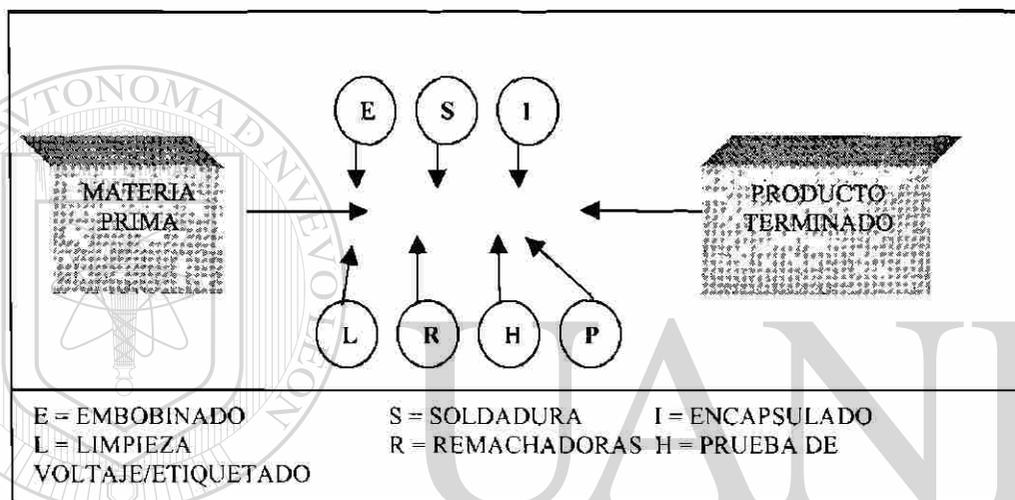


Figura 3.1 Distribución por posición fija.

B.-Distribución por proceso.

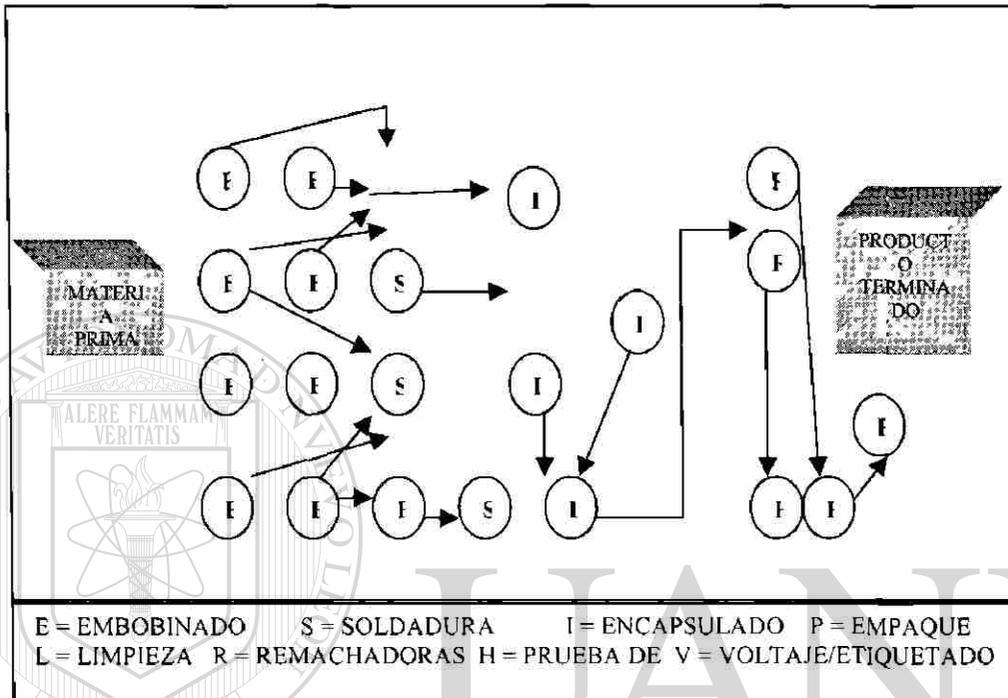
En este tipo de teoría el equipo que es utilizado para realizar el mismo tipo de operaciones se agrupa en una misma área y su ubicación entre las diferentes áreas de ensamble esta dada de tal manera que el flujo de cada sub-ensamble o material sea el mas corto requerido. Los sub-ensambles de trabajo son en su mayoría realizados por lotes cuando empleamos este tipo de distribución. Un ejemplo típico de este tipo de distribución se muestra en la figura 3.2.

Ventajas :

1. incrementa en forma eficiente la utilización de las mesas de trabajo
2. alta flexibilidad en asignación del personal y de los equipos.
3. bajas inversiones de los equipos.

Desventajas :

1. Hay un incremento en el manejo de materiales.
2. Se necesita un control de la producción más sofisticado
3. Aumenta el trabajo en proceso
4. Los tiempos de producción son más extensos.



**Figura 3.2** Distribución por proceso.

### C.-Distribución por flujo del producto.

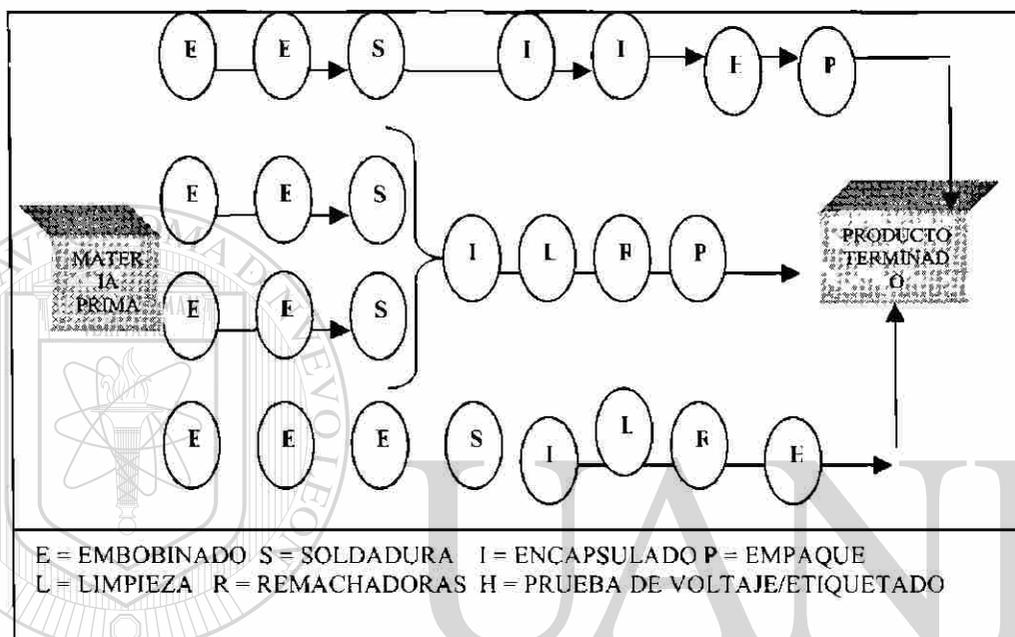
En esta forma de trabajo la distribución de las mesas de trabajo, maquinaria y/o equipo está dada según la secuencia de operaciones a realizar durante la manufactura del producto. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo de este tipo de distribución.

#### Ventajas :

1. Se pueden obtener un flujo de línea simple, lógica y con mayor claridad o dirección de producción.
2. El tiempo en proceso se minimiza
3. El tiempo de ciclo es reducido
4. El manejo de material se reduce de igual manera
5. Se emplean equipos con propósitos especiales.

Desventajas :

1. La estación más lenta es la que marca la restricción de todas las demás.
2. Se requiere inversión más alta en equipo
3. Si una estación de trabajo falla involucra que toda la operación de la línea se demore.



**Figura 3.3** Distribución por flujo del producto.

D.-Distribución por familia de número de parte

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Esta es una mezcla de las dos distribuciones anteriores. Se mezclan la eficiencia de ambas en una sola unidad multifuncional. Cada estación es esencialmente una fábrica dentro de otra fábrica, y los productos o partes son agrupados en familias que requieren el mismo tipo de proceso independientemente de cual sea la secuencia de operación de éstos. Un ejemplo de éste tipo de distribución se muestra en la figura 3.4.

Ventajas :

1. Al agrupar los productos, se puede aprovechar en una mejor forma los equipos.

2. Se tiene un flujo de proceso mas esbelto y las distancias de operación son mas cortas y reducidas.

3. La distribución se lleva acabo por productos y proceso.

Desventajas :

1. Disminuye la posibilidad de utilizar equipo para uso general.
2. Si la mesa de trabajo no se encuentra balanceada, se vera en la necesidad de implementar almacenes de trabajo en proceso para eliminar las necesidades de implementar sistemas de manejo de materiales desde y hacia las estaciones de trabajo.

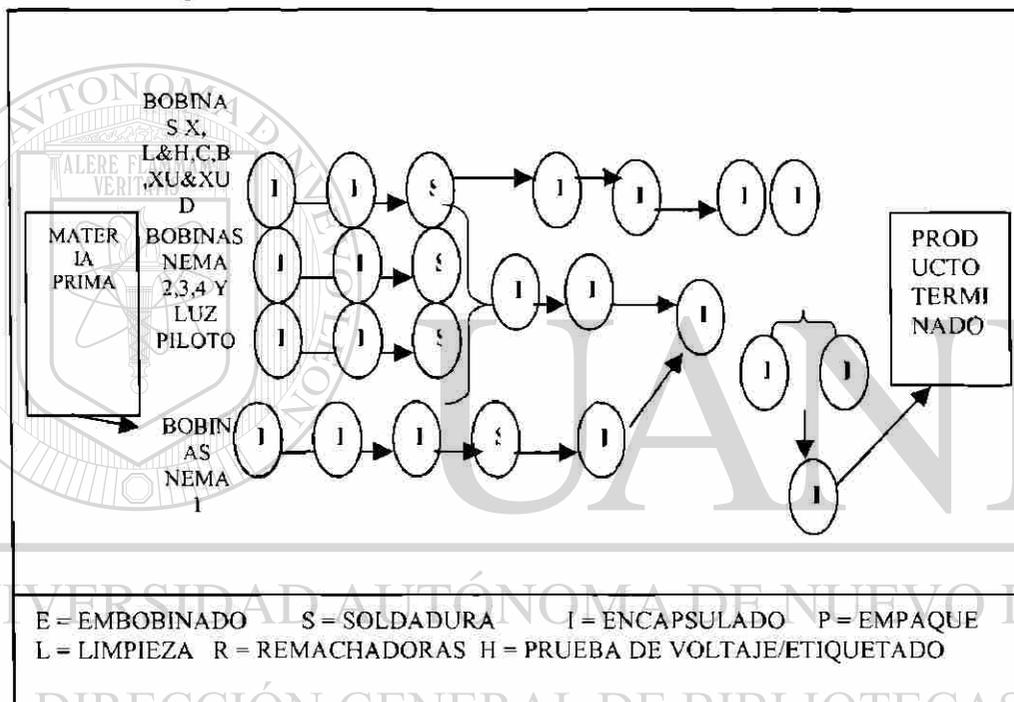


Figura 3.4 Distribución por familia de número de parte.

#### 4.2 Análisis de los tiempos involucrados en un ciclo de operación de un proceso de manufactura.

El objetivo primordial que busca cualquier sistema de manufactura es el de producir una mayor cantidad de producto con los recursos disponibles, y en forma eficiente y de gran calidad. Esta característica reflejada en los tiempos de producción es similar

a que el tiempo entre salidas del producto sea lo mas corto posible, y por tal razón incrementar el numero de **unidades o modelos** producidas por capital invertido; y por otra parte que el tiempo total empleado en la operación en proceso en la planta sea lo mas corto posible, lo cual nos va a llevar a una mejor utilización de los equipos, personal, espacios y demás recursos que se invierten en un proceso productivo, así como un mayor flujo de capital que se vea representado en el trabajo de proceso.

Todo esto me lleva a definir dos aspectos de mucha importancia en cualquier sistema de producción :

1. El tiempo de producción
2. tiempo de ciclo

El tiempo de producción es el tiempo promedio de las salidas del producto del área de operaciones y por lo general se encuentra regido por la estación de trabajo que opera mas lenta o la estación de trabajo la cual se representa por medio de una restricción de tiempo de ciclo. El tiempo entre salidas es una variable de gran relevancia en la planeación de la producción, como se puede apreciar en un problema típico de la planeación de la producción de dos productos con restricciones en el tiempo de máquina disponible, y el cual se mencionara a continuación.

El problema que se nos presenta en el diagrama de la figura 3.5, es la planeación de la producción de dos productos ( A y B ) que compiten por los mismos recursos, y los cuáles se tienen en forma limitada. De tal manera que no es posible satisfacer la demanda total esperada de ambos productos por limitaciones en el tiempo de máquina disponible, tal y como se muestra en la tabla 3.1.

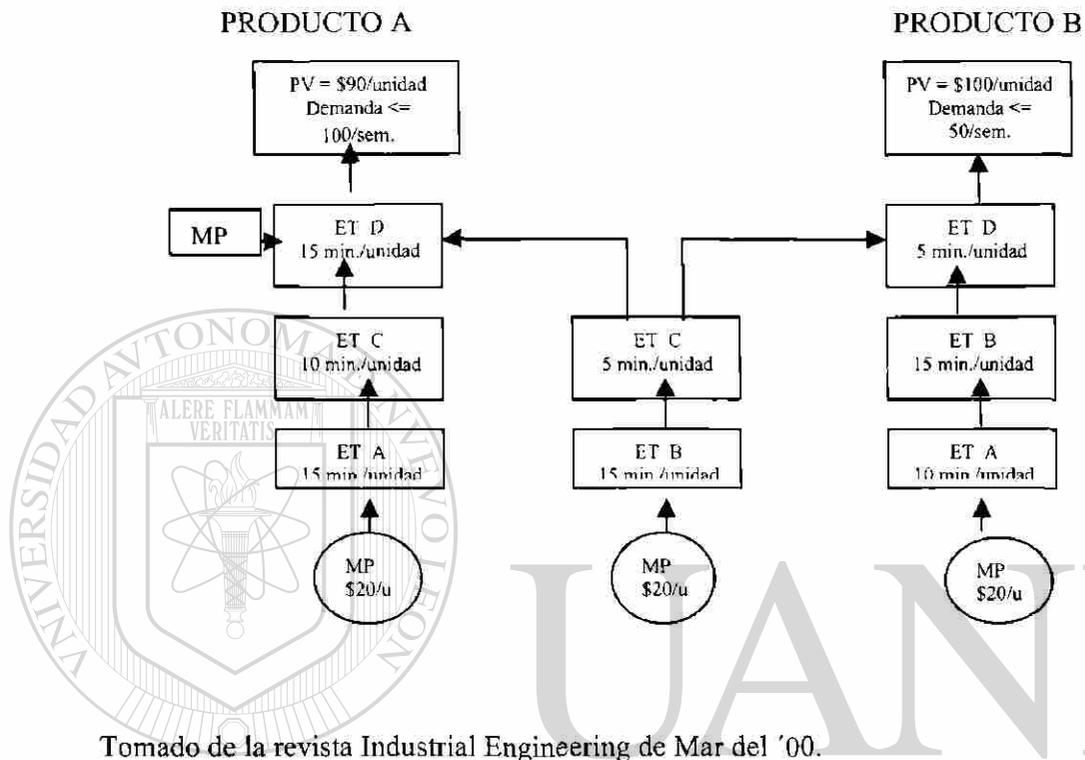
Entonces al violarse la restricción del tiempo de máquina disponible en la estación de trabajo “B”, y por lo tanto al no tenerse la capacidad para satisfacer la demanda total, surge la interrogante de cómo debe planearse la producción de los productos “A” y “B”, de tal forma que se pueda lograr un mayor beneficio en la utilidad con los recursos disponibles.

## Supuesto

Ilimitado abastecimiento de materia prima (MP);

Disponibilidad de cada estación de trabajo (ET) = 2,400 min./semana

PV = Precio de Venta



Tomado de la revista Industrial Engineering de Mar del '00.

Figura 3.5 Ejemplo de planeación de la producción de 2 productos con restricciones en el tiempo de máquina disponible.

Tiempos de Máquina (min./semana)

Maquina	A	B	TOTAL	CAPACIDAD
1	1.5	.5	2	2.4
2	1.5	1.5	3	2.4
3	1.5	.25	1.75	2.4
4	1.5	.25	1.75	2.4

Tabla 3.1 Tiempo de máquina total requerido para un volumen de producción semanal de los productos "A" y "B" de 100 y 50 unidades respectivamente.

Observando esta información desde un punto administrativo la solución a este problema se puede centrar a producir la mayor cantidad posible de aquel producto que tenga la mayor contribución marginal, entendiéndose por está, la diferencia entre el precio de venta y el costo de producción; y del otro producto tan sólo producir las unidades que sean posibles con los recursos restantes. Las contribuciones marginales de los productos “A” y “B”, de acuerdo a los datos de la figura 3.1, son de \$ 45 y \$ 60 respectivamente, por lo tanto la política de producción sería producir 50 unidades del producto “B” (demanda esperada) y el número de unidades a producir del producto “A” estaría determinado por el tiempo de máquina restante, y el cuál se obtiene de la tabla 3.2.

Tiempos de Máquina (min./semana)

Máquina	B	RESTANTE	A/unidades
1	.5	1.9	1.5
2	1.5	.9	1.5
3	.25	2.15	2.0
4	.25	2.15	1.5

**Tabla 3.2** Tiempo de máquina disponible para la producción del producto “A”, dado que se está considerando una producción “B” de 50 unidades.

De esta tabla, se observa que la restricción para el número máximo de unidades a producir del producto “A” es el tiempo de máquina restante en la estación de trabajo “2”, es decir de 900 minutos por semana. Por lo tanto, el volumen de producción semanal de “A” será la razón entre este tiempo y el tiempo de uso de la máquina “2” por cada unidad de “A” producida, es decir 60 unidades.

De esta manera la ganancia bruta esperada bajo este enfoque de planeación de la producción es:

$$\text{Ganancia bruta} = 60 \text{ unidades de "A"} * \$45 + 50 \text{ unidades de "B"} * \$60 = \$ 5,700$$

Si consideramos ahora que la planeación de la producción se enfocara a satisfacer primero la demanda del producto con menor tiempo de producción, y el resto del tiempo de máquina disponible se empleara para poder producir al máximo número posible de unidades del otro producto. De acuerdo a los datos de la figura 3.5 los tiempos de producción para los productos “A” y “B” son de 15 y 30 minutos respectivamente; de tal forma que se producirían 100 unidades de “A” (demanda esperada) y el volumen de producción de “B” estará determinado por el tiempo de máquina restante, y el cual se calcula en la tabla 3.3.

Tiempos de Maquina (min./semana)

Maquina	A	RESTANTE	B/unidades
1	1.5	.9	.01
2	1.5	.9	.03
3	1.5	.9	.05
4	1.5	.9	.05

**Tabla 3.3** Tiempo de máquina disponible para la producción del producto “A”, dado que se esta considerando una producción del producto “A” de 100 unidades.

De esta manera la limitante para el número de unidades a producir de “B”, es el tiempo de máquina disponible en la estación de trabajo “2”. Por lo tanto, tan sólo se podrán producir 30 productos de “B” ya que la razón entre este tiempo de máquina restante y el tiempo de uso de la misma máquina “2” por cada unidad del producto “B” es precisamente éste valor. De esta forma se tiene que la ganancia bruta esperada, en base a esta política de producción es:

$$\text{Ganancia bruta} = 100 \text{ unidades de A} * \$45 + 30 \text{ unidades de B} * \$60 = 6,300$$

Por lo tanto es mayor la ganancia esperada bajo este segundo enfoque, basado en el menor tiempo de ciclo, al que se obtuvo en base a considerar la mayor contribución marginal. Del resultado obtenido en la solución de este problema, se concluye la importancia de considerar un análisis en los tiempos de producción de los productos a manufacturar, al planear la producción del sistema.

El tiempo del ciclo (TC) es el tiempo total para procesar un producto a través de la planta, y comprende el lapso del tiempo desde que ingresa la materia prima al área de operaciones hasta que sale de ésta, ya como producto terminado.

El tiempo total del ciclo se define en términos de tiempos más específicos, como lo mencionan D.Salomón y J.Biegel, los cuales son:

1. Tiempo del sistema o “set-up” (TS): Es el período del tiempo en el cual una estación de trabajo se encuentra siendo preparada, y las partes o subensambles están esperando debido a que no pueden ser cargadas en la estación de trabajo.
2. Tiempo de demora o no actividad. (TNO): Es el tiempo en que la parte o subensamble se encuentra en transportación, proceso y/o inspección.
3. Tiempo de operación o fabricación (TF): Es el tiempo en el cual la parte o sub-ensamble se encuentra en proceso en una estación de trabajo.
4. Tiempo del manejo de la unidad o subensamble (TMP): Es el tiempo en que la parte de trabajo esta siendo manejada en la maquina.
5. Tiempo del manejo de las herramientas y dispositivos (TMD): Es el tiempo promedio que toma en cambiar y ajustar los herramentales y dispositivos de trabajo, mientras la unidad esta en la estación de trabajo.
6. Tiempo de operación (TO): Tiempo que una unidad gasta en una estación de trabajo. Por lo tanto el tiempo de operación es:

$$TO = TF + TMP + TMD$$

La expresión matemática para el tiempo de ciclo, en función de las variables que se acaban de definir, es:

- $T_c = \sum (T_{sui} + Q_t T_{O_i} + T_{NO_i})$ ; Para un sistema de producción en lote, donde  $Q_t$  es el tamaño del lote de transferencia e “i” indica la secuencia de operaciones en el proceso de manufactura; i: 1, 2, 3, .....nm.

- $T_c = TO_i + TNO_i$  ; Para un sistema de producción en forma secuencial, y en donde se considera que el tiempo de sistema por unidad de producción es despreciable al tener corridas de producción muy grandes en este tipo de sistemas de producción.

### **4.3 Definición de variables que intervienen en un proceso de manufactura.**

1. Tamaño del lote: de producción(Q): Es el número de partes comprometidas en cada lote de producción.
2. Tamaño del lote de transferencia(Q<sub>t</sub>): Es el número de partes comprendidas en cada lote que es transferido de una estación de trabajo a otra.
3. Inventario en proceso (WIP) : Es la cantidad de material que actualmente se localiza en la planta, que esta siendo procesada, esta esperando a ser procesado o estar transportándose a ser procesada en una estación de trabajo, o esta viajando entre estaciones de trabajo.
4. Capacidad (C) :Es la máxima razón de salida que una planta de producción es capaz de producir bajo un conjunto de supuestas condiciones de operación.
5. Utilización de recursos (U<sub>r</sub>) : Es la razón de producción de una planta relativa a su capacidad. Así, se puede hablar de la utilización de una estación de trabajo o de toda la planta.
6. Objetivo de Producción (OP): Es el número promedio de unidades por unidad de tiempo que están produciendo en el sistema o en una planta de producción.
7. Variedad de productos en el sistema (VP): Es el número de productos diferentes que se van a procesar en el sistema de producción.

### **4.4 Sistemas de Producción**

#### **4.4.1 Sistema de producción esbelta.**

El liderazgo en manufactura esbelta cuida como resultado 7 problemas importantes que impiden la manufactura de la producción a manera mas detallada y eficiente.

Los 7 problemas a eliminar y mantener fuera de un proceso de manufactura son: Sobreproducción, Inventario, Espera, Transportación, movimiento, procesamiento, defectos.

Se debe buscar siempre eliminar o reducir desperdicio en cualquiera de las formas mencionadas con anterioridad. Desde el cambio convencional de el típico tradicional a esbelto, se debe uno de preguntar una serie de preguntas como las que aquí se mencionan:

- Estamos sobre produciendo (mas de lo que el tiempo “takt” nos permite?
  - Existe inventario en nuestro departamento?
  - Existe mas de una pieza/ensamble estando siendo preparada entre etapas de operación?
  - Existe algún miembro de a línea esperando por algo (herramientas, partes, información.)?
- 
- Acaso transportamos partes/materiales a/de un área de inventario?
  - Nos damos vuelta, giramos, agachamos, levantamos, inadecuadamente cuando trabajamos?
  - Entendemos porque estamos procesando las cosas la forma en la que lo estamos llevando acabo?
  - Producimos defectos?

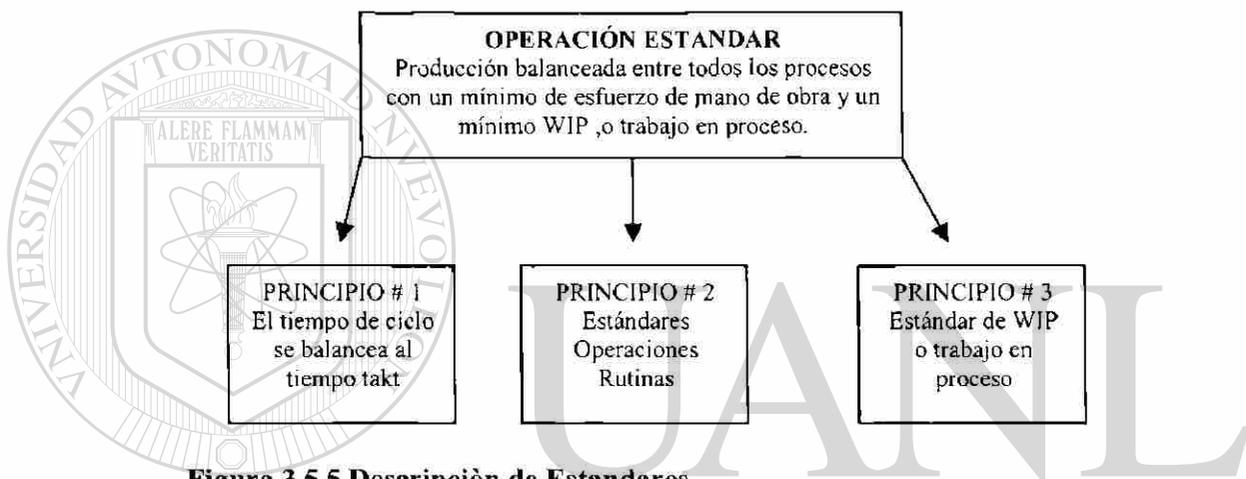
Estas son preguntas fundamentales que nos debemos de contestar en el uso diario de tal manera que podamos comprender el sistema de manufactura esbelta. Debe de mantenerse una disciplina en el uso diario de evitar barreras y juntas de inicio de turno. Si la respuesta es “si” a cualquiera de las preguntas arriba mencionadas es importante tomar medidas para resolver estos problemas. Si la solución requiere

acciones correctivas que se encuentra fuera del proceso de manufactura, debe asignarse al equipo indicado.

#### 4.4.2 Implementación de operaciones estándares

La parte mas importante de llevar acabo en una planta manufacturera es guiar, dirigir, y un mejoramiento continuo de los estándares de producción.

Los estándares de operación consta de 3 principales aspectos:



**Figura 3.5.5 Descripción de Estándares.**

#### 4.4.3 Entrega a Tiempo

Empezaremos por mencionar el principio numero 1 el cual menciona que e tiempo de ciclo se balancea al tiempo takt.

**Tiempo de ciclo:** Es la cantidad de tiempo que tarda un operador para completar una serie de pasos del proceso.

**Tiempo takt:** El indice en el cual los clientes reclaman su producto. Por ejemplo, La demanda es de 100 unidades de el producto "A" cada mes. Esto equivale a una demanda de 5 por turno (100/20 turnos por mes). Como existen 450 minutos productivos por turno, entonces el tiempo takt debe de ser 450/5 unidades por turno o 90 minutos.

En este ejemplo suponemos 8 horas por turno (480 minutos) menos 30 minutos por descansos. Esto equivale 450 minutos de tiempo de producción actual.

$$\text{Tiempo takt} = \frac{\text{Tiempo total de la operación diaria}}{\text{Total de cantidad requerida diaria}}$$

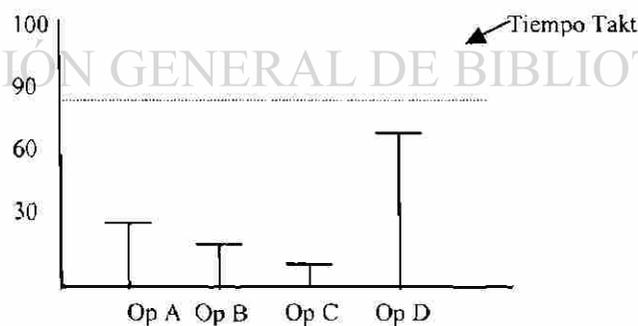
Tiempo takt =  $\frac{450 \text{ minutos del tiempo de producción}}{5 \text{ unidades por minuto}}$  = 90 unidades por minuto.

5 unidades requeridas por día

Principio # 1 aplicado a una situación actual, se asume que corremos producción con 4 operarios. De los siguientes resultados tenemos:

- Operación A toma 50 minutos para completar la operación.
- Operación B toma 40 minutos para completar la operación.
- Operación C toma 30 minutos para completar la operación.
- Operación D toma 100 minutos para completar la operación.

El primer paso es completar los 3 ciclos de tiempo de la línea de producción con el tiempo takt:



**Gráfica 1.A Takt Time**

El segundo paso es agregar al tiempo del ciclo del operador y dividir el total por el tiempo takt. Esto validará el número apropiado de operadores necesarios.

$$(55+40+30+100) / 90 = 2.5 \text{ Operadores}$$

Basado en el ejemplo se deben de accionar estándares de operación basados en el tercer paso. El tercer paso es dirigir la línea de operaciones con lo siguiente:

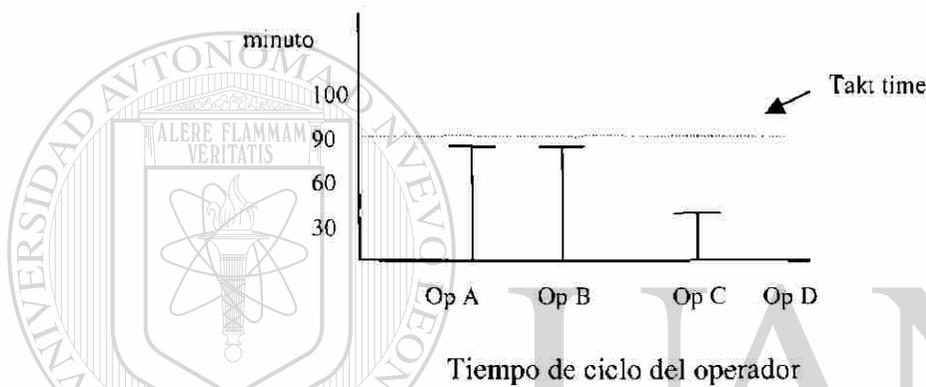
Situación Intermedia

Op A toma 90 minutos para completar la operación

Op B toma 90 minutos para completar la operación

Op C toma 40 minutos para completar la operación

Op D fue cambiada a otra área de la planta



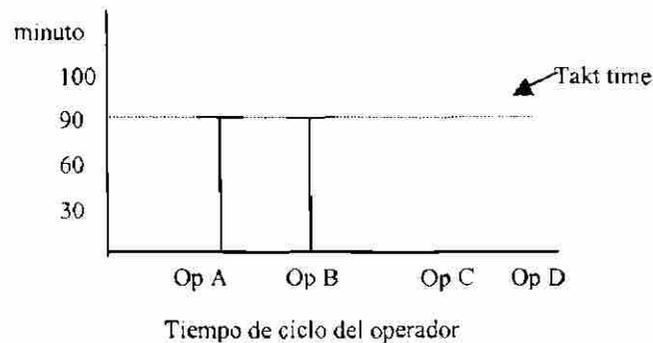
**Gráfica 1B: Takt time**

El cuarto paso es eliminar al máximo el desperdicio como sea posible para que el operador C pueda ser transferido a otra área de la línea. El llevar acabo este logro es un mejoramiento en estándares de operación.

Op A toma 90 minutos para completar la operación

Op B toma 90 minutos para completar la operación

Op C fue transferida a otra área de la línea.

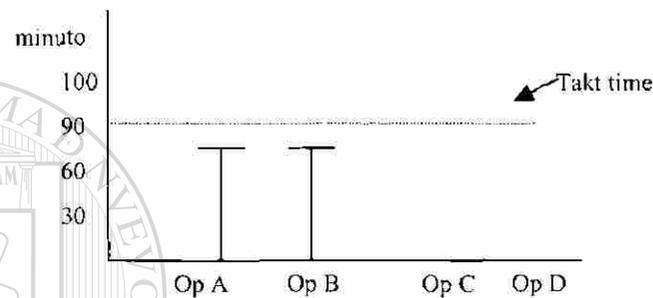


**Gráfica 1.C Takt Time**

El quinto paso es el de eliminar continuamente la merma para que el tiempo de ciclo de los operadores restantes pueda soportar pequeños y demás tiempos “takt”. Entre mas pequeños son los tiempos “takt” el negocio crece mucho mas y la planta se encuentra en mejor forma para afrontar cambios inesperados y el poder lograr en forma mas eficaz las metas establecidas en nuestros clientes. Esto debe de llevarse acabo a traves de mejoramientos de estándares de operación.

Op A toma 80 minutos para completar la operación

Op B toma 80 minutos para completar la operación



Tiempo de ciclo del operador

**Gráfica 1D: Takt Time**

Principio # 2. Estándares de operación de rutinas.

Trabajando a operaciones estándares. En esencia son los escritos o pasos pictóricos que un operador debe seguir de manera que pueda crear un producto de calidad con los tiempos de ciclo requeridos. Esto está siempre balanceado a un apropiado tiempo “takt” en un proceso de un solo flujo de la pieza (esbelto) en el sistema. En su forma más simple las operaciones de rutina se pueden mirar muy similar a este ejemplo:

Operación: Estación A  
ciclo

Tiempo de

- |   |    |
|---|----|
| • Verificar instrucciones de trabajo, BOM, dibujos “rasterex”,<br>Para instrucciones especiales | 15 |
| • Seleccionar dispositivos adecuados del modelo a correr  | 20 |
| • Colocar el dispositivos y ajustes del mismo   | 30 |

• Colocar el alambre y cintas alrededor de la carcaza	10
• Limpiar el aditamentos y mesa de trabajo	10
• Probar la bobina (resistencia y núm. De vueltas)	5
Tiempo total del ciclo	90

Asumir balanceo con 90 minutos de tiempo “takt”.

Las rutinas estándares de operación puede ser formada en cualquiera de los estilos pero siempre debe de seguir estos puntos:

- Escoger formatos fáciles de entender por los operarios
- Debe de desarrollarse con la información de los operarios
- Debe de ser claramente visible y entendible las instrucciones de trabajo.

#### 4.4.4 Controlando el flujo

##### Principio # 3

El estándar de trabajo en proceso es el número de piezas de “en proceso” de inventario necesario para mantener el flujo de una pieza en demanda. En un sistema de una pieza de flujo (esbelto) esto literalmente significa un flujo esbelto de

inventario entre operaciones. A excepción a esto es cuando existen procesos especiales como pintura, curado, enfriamiento, etc. Los cuales requieren tiempos de espera extra. Cuando una parte individual se espera por un periodo de tiempo debido a un proceso especial, debe de existir la cantidad apropiada de trabajo en proceso.

La cantidad necesaria estándar de inventario “WIP” puede determinarse por lo siguiente:

$$\text{Procesos de tiempo especial} / \text{tiempo takt} = \text{estándar de calidad del WIP}$$

Por, ejemplo si calientas partes que requieren enfriarse antes de utilizarse, es importante crear el WIP necesario para poder mantener el flujo de una sola pieza. Si toma 60 minutos para que la transferencia de calor en la pieza termine y si el tiempo takt en esta línea de ensamble tiene 2 minutos, entonces el tiempo de calidad estándar

de WIP debe de ser 60/2 o 30 piezas. Algo mas de inventario que esto se considera desperdicio.

60 minutos de enfriamiento / 2 minutos de tiempo takt = 30 piezas de WIP estándar.

#### 4.5 Clasificación de los sistemas de producción en manufactura

##### 1.-Las no líneas balanceadas presentan las siguientes características:

- Alto volumen de producción
- Producción de uno o muy pocos productos
- Emplea máquinas de uso especializado
- Distribución por flujo
- Alto nivel de trabajo en porceso
- Estaciones de trabajo no balanceadas

##### 2.-Las líneas balanceadas presntan las siguinetes características:

- Alto volumen de de producción
- Producción de muy pocas partes de producción
- Máquinas de uso especializado
- Distribución por flujo
- Bajo nivel de inventario en proceso
- estaciones de trabajo balanceadas

##### 3.-Las líneas con implemenatción de kanban presntan las siguinetes características:

- Medio volumen de producción
- Producción de una variedad de productos o numero de partes
- Máquinas de uso especializado
- Distribución por flujo
- Muy poco desperdicio
- Estaciones de trabajo no balanceadas

#### 4.-Las líneas operando como celdas manufactura:

- Poco volumen de producción.
- Proceso por familias o numero de partes
- Producción por lote
- Bajo nivel de inventario en proceso
- Estaciones de trabajo no balanceadas

#### 5.-Sistema esbelto de manufactura:

- Producción variada de número de partes o familias
- Producción por lote
- Muy bajo nivel de inventario en proceso
- Muy alto grado de automatización
- Control del proceso productivo
- Muy bajo nivel de inventario en proceso

Además, tanto las celdas de manufactura como los sistemas flexibles de manufactura se puede clasificar en sistemas abiertos o sistemas cerrados, los cuales tienen una característica:

##### **Sistema Abierto:**

- El nivel de inventario en proceso aunque es bajo, no es controlable.

##### **Sistema Cerrados:**

- El nivel de inventario en proceso es una variable bajo control.

#### 4.5.1 Sistemas de producción

Como en cualquier proceso de manufactura las partes deben fluir a través de una serie de estaciones en donde serán procesadas. Estas estaciones van a tener sus propios ciclos de operación, fallas, reparación y disponibilidad. Cuando una estación falle, el flujo normal de las piezas se interrumpirá sin embargo dada la flexibilidad de

este tipo de sistema, la estación que ha fallado puede ser remplazada temporalmente por otra que ejecute el mismo tipo de operación y que tenga disponibilidad; es decir, que no este saturada en su capacidad de trabajo. Dando como resultado , un cambio momentaneo en el ruteo de las piezas, y por lo tanto un incremento en las variaciones de los tiempos de transferencia del trabajo en proceso.

Una de las características de este tipo de sistema de producción es el alto nivel de inventario en proceso , y el cual resulta de tiempos de procesos generalmente altos, y con una gran variabilidad debido a las características propias del sistemas.

El principal problema en la administración de la producción es este medio ambiente, lo es la administración del flujo de partes.

#### 4.6 Líneas de Transferencia

Las líneas de transferencia tienen características opuestas a los sistemas " Lean manufacturing". Estas fueron inventadas con el propósito de producir una sola clase de partes y con un alto volumen de producción. El medio ambiente de una línea de transferencia se deriva de la producción continua de una parte, de tal forma que equipos de uso altamente especializado es colocado a lo largo de la línea de producción, en posiciones relativas que estan determinadas por la secuencia de operaciones que requieren las partes en su proceso de manufactura.

Como la mayoría de las partes se mueven a través del mismo conjunto de estaciones, el tiempo de operación en cada una de las estaciones, el tiempo de operación en cada estación debe de ser similar para asegurarnos de que la línea este balanceada, y para esto se utiliza el " takt time" para obtener estos resultados. Si el tiempo estandar es diferente en cada una de las estaciones entonces las partes se estaran llenando en una estación de trabajo ocasionando un cuello de botella en dicha estación no balanceada. Si el tipo de transferencia es asincronico y por lo tanto la capacidad de la línea entera estara determinada por esta estación. Ciertamente esta situación se puede resolver colocando WIP en areas de proceso de las estaciones de trabajo o llevando

acabo el balanceo de líneas, donde una estación de ellas llevara la batuta de ser la que mande, y poder cambiar a un sistema sincronico.

#### 4.6.1 Líneas balanceadas

Es aquella que en la cual ya se detretermino su tiempo takt y se encuentra operando bajo un tiempo estandar similar en cada una de sus estaciones. Todas las estaciones estan automatizadas y no se encuentra ninguna estación operando en forma manual o semi-automatica. Esto se debe a que una operación manual lleva una variabilidad muy alta en su operación entre una pieza y otra lo cual practicamente nos impide el que se pueda balancear una línea de producción. Una línea automatizada consiste de diferentes estaciones de trabajo que estan integradas por medio de un mecanismo de transferencia de partes en forma sincronica. La transferencia de partes ocurre automaticamente y las estaciones de trabajo llevan acabo sus funciones, altamente especializadas, en formas automatica.

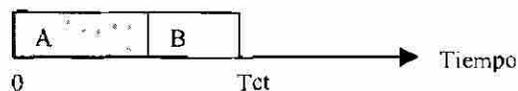
Las líneas automaticas son muy utiles cuando existe una demanda muy alta y el costo del producto avala la inversion de dicho equipo automatizado para su producción. Los objetivos de utilizar una línea automatizada son:

1. Reducción en el centro de costo.
2. Incrementar la Productividad
3. Reducción del trabajo en proceso
4. Minimizar la distancia entre estaciones para reducir el movimiento de las piezas.
5. Alcanzar una operación mas sencilla y practica.
6. Tener un conocimiento amplio de las operaciones.

Las líneas de transferencia puede ser analizado por tres medidas básicas:

1. razón de producción.
2. Tiempo de la línea en operación.
3. Costo por pieza producida.

Entonces tenemos que en una línea balanceada las partes en proceso son transferidas a las siguientes estaciones de trabajo en intervalos de tiempos regulares. Este es el tiempo entre el tiempo de ciclo de transferencia ( $T_{ct}$ ), y es igual al tiempo de operación de una estación de trabajo más el tiempo de transferencia; y el cual determina tanto el tiempo de ciclo del sistema, como el tiempo de producción. Las componentes de  $T_{ct}$  se muestran en la figura 4.1



A: Tiempo de Proceso

B: Tiempo de Transferencia

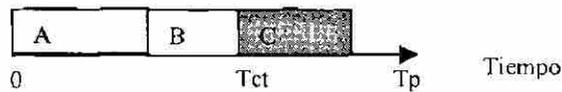
**Figura 4.1** Componentes de la variable  $T_{ct}$  para una línea balanceada

Debido a fallas en la línea de producción, el tiempo de producción será más grande que el ideal tiempo entre ciclos de transferencia. Cuando una falla ocurre en cualquiera de las estaciones, la línea entera se detiene. Si  $T_f$  representa el tiempo promedio de falla de una estación de trabajo, es decir el tiempo que ocurre desde que se da la falla hasta que es reparada, y  $F$  es la frecuencia con que para la línea, entonces el tiempo de producción para una línea balanceada está dado por la siguiente expresión, sus componentes se muestran en la fig. 4.2.

$T_p = T_{ct} + (F)(T_f)$ , el tiempo de ciclo es:  $T_c = n[T_{ct} + (F)(T_f)]$ , aquí podemos observar que “ $n$ ” es el número de estaciones de trabajo que conforman la línea de producción.

Con este dato podemos nosotros determinar la eficiencia de la línea de producción como razón entre  $T_{ct}$  y  $T_p$ , es decir el tiempo efectivo en que está operando la línea entre el tiempo total disponible para operarla, y expresada por ciclo es:

$$E = T_{ct} / T_p = T_{ct} / [T_{ct} + (F)(T_f)]$$



A: Tiempo de Proceso

B: Tiempo de Transferencia

C: Tiempo de Falla

**Figura 4.2** Componentes del tiempo de producción para una línea balanceada

La manera de mejorar la eficiencia de una línea balanceada, y de alguna forma logra que sea menos sensible a las fallas individuales de las estaciones de trabajo, es incluir una o varias zonas para almacenar en forma temporal trabajo en proceso. De tal forma que cuando ocurra una falla en alguna estación, una parte de la línea de producción podrá seguir operando; debido a que se provee de material de este buffer o depositarlo en él. En realidad con la inclusión de uno o varios buffers se estaría segmentando la línea en varias sub-líneas de producción.

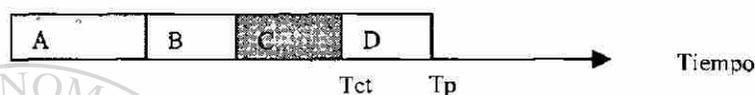
#### 4.6.2 Líneas no balanceadas

Una línea no balanceada es aquella que tiene al menos una estación de trabajo que tiene un tiempo de operación que es diferente al resto de las estaciones. Este tipo de situación se da en líneas con estaciones semi-automáticas, en donde existen estaciones operadas completamente manualmente o semi-automáticas, ya comentadas. Esto se debe a que se tiene un proceso de producción con una idea de automatizar en forma gradual, o bien ciertas operaciones requieren de este tipo de función, o bien a que ciertas operaciones no son factibles de automatizar, ya sea por limitaciones tecnológicas o cuestiones económicas.

Las estaciones que se encuentran operando en forma manual tienen como característica:

1. Tiempo de proceso mayor a los que tendrían con una estación automatizada.
2. Alta variabilidad en el tiempo de proceso.

Esto nos muestra que este tipo de estaciones sean las que generalmente determinen el ritmo de producción de la línea. Así, si la línea no balanceada se a a operar con un mecanismo de transferencia de partes en forma sincrónica, entonces el tiempo entre ciclos de transferencia va a estar determinado por el tiempo de operación de la estación manual más crítica. Lo cual implica que existan tiempos con holgura en las demas estaciones, y cuya duración de éstos, dependera de que tanto difieren sus tiempos de operación con respecto a la estación manual más lenta; tal y como se muestra en la figura 4.3



- A: Tiempo de Proceso
- B: Tiempo de Ocio
- C: Tiempo de Transferencia
- D: Tiempo de falla

**Figura 4.3** Componentes del tiempo de producción para una línea no balanceada, considerando una estación automatizada.

Para poder reducir el efecto de integración de las estaciones operadas en forma manual con el resto de la línea, se debe considerar almacenes de trabajo en proceso antes y después de cada estación de este tipo. Las expresiones matemáticas para el tiempo de producción, tiempo de ciclos y eficiencia de una línea no balanceada, suponiendo un mecanismo de transferencia en forma sincrónica, son las mismas que las de una línea balanceada. En realidad, la diferencia básica entre ambos sistemas es la eficiencia de las estaciones de trabajo, siendo estas muy uniformes en una línea balanceada; mientras que en las líneas no balanceadas van a ser muy irregulares, debido a los tiempos de holgura que se van a tener en la mayoría de las estaciones automatizadas. Dando en consecuencia, que en una línea no balanceada se tenga un mayor tiempo promedio de ciclo y una menor razón de producción. Una variable que mide la ineficiencia de la línea de transferencia debido a la no óptima distribución de la carga de trabajo entre las diferentes estaciones, es la pérdida de balance ( $P_b$ ), y se expresa de la siguiente manera:

$P_b = [nT_{ct} - T_{tp}]/nT_{ct}$ , donde  $T_{tp}$  es el tiempo total de proceso requerido por pieza, desde que entra como materia prima hasta que sale como producto terminado.

#### 4.6.3 Línea operando en kanban

La reducción de costos de producción es una de las principales mejoras en cualquier industria. Durante un período de alto crecimiento económico, cualquier empresa puede alcanzar bajos costos de producción con altos volúmenes de producción. Pero hoy en día, dado el bajo crecimiento económico que se registra a nivel mundial, alcanzar una reducción en los costos de producción no es fácil; una posible forma es la eliminación del desperdicio total generado en un proceso de manufactura, tal y como se analizó en el capítulo 2. El sistema de producción de la Toyota Motor Company, basado en la eliminación del desperdicio del proceso productivo, nació en Japón a raíz de esta necesidad.

El concepto “Kanban” es la esencia del sistema de producción de la Toyota Motor Company. La columna vertebral de este sistema lo es la filosofía de trabajo “Justo a Tiempo”. Justo a tiempo (JIT) significa que las partes lleguen a la estación correcta, en la cantidad correcta, y justo cuando se les necesita; antes de tiempo y/o en mayor cantidad correcta, y justo cuando se le necesita; antes de tiempo y/o en mayor cantidad, ocasiona que se incremente el nivel de inventario en proceso, y después de tiempo y/o en menor cantidad, ocasiona que se tenga tiempo de ocio en las estaciones de trabajo.

Cuando un producto está compuesto de miles de partes, como en el caso de un automóvil, aplicar JIT en su manera tradicional es prácticamente imposible. El flujo de producción es la transferencia de material o partes. La forma convencional como se realiza este flujo, es que un proceso anterior transfiera partes a un proceso posterior. Así, la estación anterior determina los tiempos de transferencia de material a la siguiente estación, cuando el sistema se opera en forma asincrónica. Lo que propone el sistema de la Toyota, es revertir el control de este flujo. Es decir, el sentido del

flujo de las partes seguirá siendo el mismo, de una estación anterior a una estación posterior. Pero, ahora la estación posterior marcará los tiempos de transferencia de partes de la estación anterior hacia ésta. De tal forma, que éste le indicara a la estación anterior, el tiempo en el cual le debe transferir material, en que cantidad, y las unidades que esta debe producir, para tenerlas listas en el siguiente ciclo de transferencia. Obviamente, en este sistema los ciclos de transferencia van a ser irregulares en su duración, ya que la demanda de los productos manufacturados es quien marca directamente el ritmo de la producción bajo este enfoque de producción.

Y kanban es el medio utilizado para efectuar esta operación de transferencia de material. Kanban no es otra cosa más que una tarjeta que lleva información, de una estación posterior a una anterior, y la cual se puede dividir en tres categorías:

1. Información de la cantidad a recoger.
2. Información de transferencia
3. Información de la cantidad a producir.

Las funciones de kanban, según lo establece T. Ohno, son:

1. Proveer información de los tiempos de transferencia.

Metodología: Un proceso posterior recoge el número de partes indicadas por el kanban, en un proceso anterior.

2. Proveer información de la producción.

Metodología: Un proceso anterior procesa partes, en la cantidad y secuencia indicadas por kanban.

3. Previene sobreproducción y excesivo transporte de las partes.

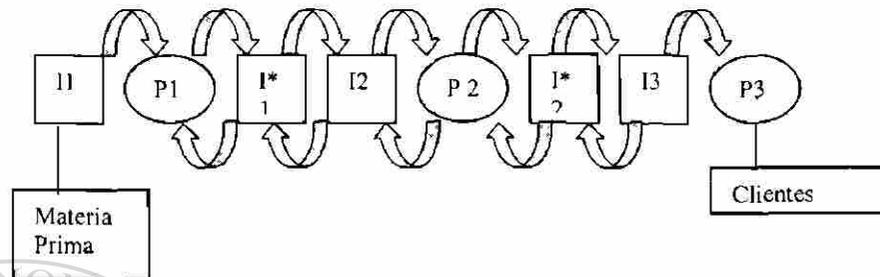
Metodología: No se procesan o se transportan partes sin un kanban.

4. Sirve como una orden de trabajo adherida a las partes.

Metodología: Siempre se adhiere un kanban a las partes.

5. Previene la manufactura de productos defectuosos, identificando el proceso que ocasiono el defecto.

Metodología: Los productos defectuosos no son enviados al proceso siguiente. El resultado es una producción libre de defectos.



$P_i$  = Proceso

$I_i$  = Invetario en proceso

$I^*i$  = Inventario Producto Terminado

Flujo Kanban: de derecha a izquierda

Flujo Partes: de izquierda a derecha

**Figura 4.4** Diagrama de flujo de una línea operando en kanban.

Kanban es una forma de alcanzar el “justo a tiempo”, su propósito es precisamente éste. Kanban es en esencia, el sistema nervioso de la línea de producción. También es una poderosa herramienta para eliminar defectos en los productos.

#### 4.7 Sistemas flexibles de manufactura

Un Sistema Flexible de Manufactura (SFM) es un grupo de máquinas de control numérico que pueden procesar en forma aleatoria a un grupo de partes, teniendo un sistema de manejo de materiales automatizado y un control central mediante un equipo de computo, para balancear en forma dinámica la utilización de los recursos; de tal forma, que el sistema puede adaptarse automáticamente a cambios en la producción de partes (Kearney y Trecker).

Este tipo de sistemas de producción es capaz de producir productos de alta calidad en lotes medios y a un bajo costo. Un SFM requiere que partes similares sean identificadas y agrupadas en familias para sacar ventaja de la similitud existente en forma, tamaño, y etapas de procedimientos requeridas.

#### Componentes básicos

Un SFM se compone de elementos de hardware y software. Los elementos de hardware son visibles y tangibles, tales como máquinas de control numérico, caruseles para pallets, equipos para manejo de materiales, equipos de computo, etc. Los elementos de software son invisibles e intangibles tales como programas de control numérico, programas para administrar el tráfico, etc. Pero en forma general se puede hablar de tres componentes básicos de un SFM, y son:

1. Estaciones de trabajo: Estas estaciones son típicamente máquinas-herramienta de control numérico por computadora (CNC), que realizan operaciones de maquinado en familias de partes. Sin embargo, los SFM también están siendo diseñados con otro tipo de estaciones, como estaciones de inspección y estaciones de ensamble.
2. Sistema de manejo de materiales y almacenamiento: Diferentes tipos de equipo de amnejo automatizado de materiales se usan para transportar las partes y subensambles entre las estaciones de trabajo, algunos incorporando la función de almacenamiento.

#### CARACTERÍSTICAS:

- I. Aleatorio.- Las partes se deben de mover en forma independiente entre sí, de una estación a otra. Esto permite hacer substituciones cuando ciertas máquinas esten ocupadas.
- II. Capacidad para manejar piezas con diferentes formas.- Dado que una de las principales características de un SFM es la de poder procesar una diversidad de partes, entonces el sistema de manejo de material debe estar diseñado para poder manjar piezas con una diversidad de formas geométricas.

**III.** Capacidad para almacenar trabajo en proceso.- Dado que generalmente el número de partes en un SFM es mayor al número de partes que están siendo procesadas, entonces cada estación debe tener un almacén de partes esperando a ser procesadas.

**IV.** Facilitar la carga y descarga de partes del SFM.-El sistema de manejo de materiales debe proveer un medio apropiado para cargar y descargar partes del SFM. Para esto se coloca una o más estaciones de carga y descarga en el sistema, las cuales son operadas en forma manual, por lo general.

**V.** Compatible con la computadora central.- El sistema de manejo de materiales debe ser controlado en forma directa por la computadora central.

3. **Sistemas de control por computadora:** El control por computadora se usa para coordinar las actividades de las estaciones de trabajo y el sistema de manejo de materiales.

### **FUNCIONES PRINCIPALES**

**I.** Control de cada estación de trabajo.- En un sistema SFM las estaciones de trabajo son generalmente operadas bajo el control de una computadora.

**II.** Distribución de las instrucciones de control a las estaciones de trabajo.- Se requiere que el equipo de cómputo central coordine las operaciones de procesamiento de las diferentes estaciones.

**III.** Control de la producción.- Esta función incluye decisiones sobre mezcla de partes y razón de entrada al sistema de cada uno de los diferentes tipos de partes.

**IV.** Control de tráfico.-Regula el sistema de manejo de materiales, para coordinar los tiempos de operación de las estaciones con los tiempos de traslado de las partes. Y así, balancear la carga de trabajo en los centros de maquinados.

### 4.7.1 Flexibilidad y beneficios

El sistema SFM puede manejar una amplia variedad de partes similares, produciéndolas una a la vez, en cualquier orden, como se necesiten. Para adaptarse en forma eficiente a este modo de operación, un SFM debe tener diferentes tipos de flexibilidad. Necesita flexibilidad para adaptarse a variaciones en los requerimientos de los volúmenes de producción y cambios en la mezcla de partes, para aceptar partes nuevas, y para aceptar modificaciones en el diseño de las partes. Un SFM también requiere flexibilidad para hacer frente a interrupciones imprevistas, tales como falla en el equipo o cambios de última hora en la programación de la producción. Este tipo de flexibilidad se hace posible con el uso de un equipo de cómputo de gran capacidad y sofisticado software. Es el software tan sofisticado, que actualmente es capaz de manejar el sistema y tomar las decisiones para anticipar los recursos necesarios para la producción, la programación de la producción y responder a actividades planeadas y no planeadas en tiempo real; es decir, un SFM es un sistema de producción bajo control total.

Los cuatro principales beneficios de implementar un SFM, según Luggen, son:

1.Reducción del inventario de un 60 a 80 % debido a que las partes no pasan alrededor del 95% del tiempo esperando a ser procesadas.

2.Disminución en el labor directo de un 30 a 50 % ya un SFM implica bajos niveles de personal, dado su alto grado de automatización. Dado en consecuencia, que al disminuir el labor directo requerido, se reduzcan drásticamente el reproceso y se elimine virtualmente el desperdicio.

3.Incremento en la utilización de los recursos de un 80 a 90 %, debido al balanceo dinámico que se tiene en la distribución del trabajo. Además, es relativamente fácil operar un SFM a tres turnos, lo cual implica una mejor utilización de los equipos con respecto a la inversión efectuada.

4.Reducción en el espacio requerido en planta de un 40 a 50 % , debido a que en una misma estación de trabajo se pueden realizar diversas operaciones, reduciéndose así,

el número de estaciones de trabajo requeridas. Y por otro lado, al manejarse muy bajos niveles de inventarios en proceso, se reduce drásticamente el espacio asignado a áreas de almacenamiento temporal.

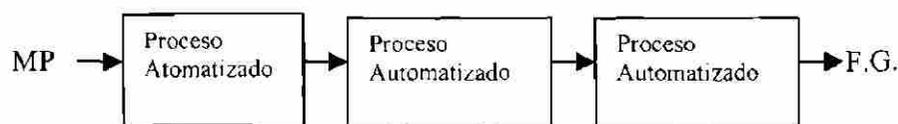
Todas estas reducciones son con respecto a un sistema de producción tradicional.

#### 4.7.2 Tipos de distribuciones

Un SFM se puede clasificar como un sistema abierto o cerrado, siendo la diferencia entre ambos, que el número de partes en el primero es variable y en el segundo es constante; y lo cuál dependerá de la topología empleada en el sistema de manejo de materiales, que es el que establece el tipo de distribución para un SFM. Los tipos de distribuciones empleados actualmente son los siguientes:

1. En línea: Este tipo de configuración, mostrado en la figura 4.5, es el más apropiado para sistemas en los cuáles las partes avanzan de una estación a otra en una secuencia muy bien definida, y en un flujo unidireccional. Su operación es semejante a una línea de transferencia, y es por lo tanto un sistema abierto.

2. En malla: Este tipo de distribución es mostrado en la figura 4.6. Las partes fluyen en una sola dirección en la malla, con la capacidad de poder detenerse en cualquier estación. Un sub-sistema de manejo de materiales es necesario en cada estación, para que las piezas se puedan mover desde la malla hacia una estación dada, o bien en forma contraria, para así evitar que las partes puedan obstruir el flujo normal en la malla. Al ser una malla una topología cerrada, el número de partes en el sistema es constante.



**Figura 4.5** Distribución de un SFM en línea

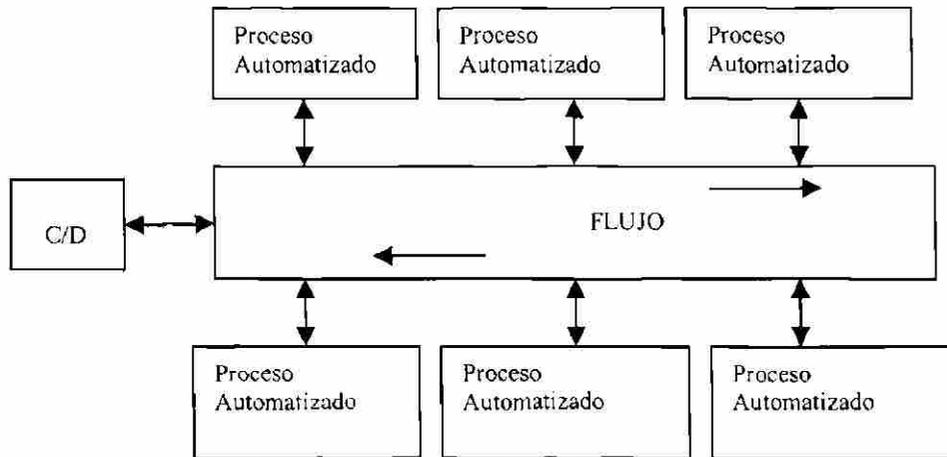


Figura 4.6 Distribución de un SFM en malla.

3. Tipo Escalera: Este tipo de distribución. Mostrado en la figura 4.7, es un refinamiento de la configuración en malla. Y permite incrementar el número de trayectorias mediante las cuales una parte puede ir de una estación a otra, reduciendo la distancia promedio viajada. De tal manera, que se pueden reducir los tiempos de transferencia entre estaciones

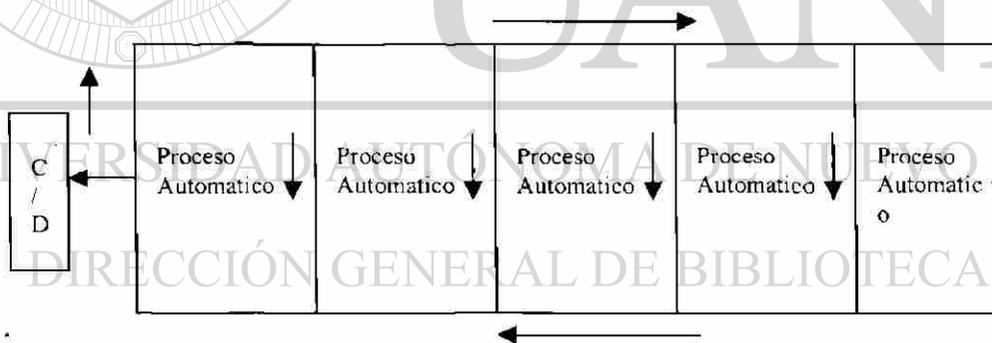
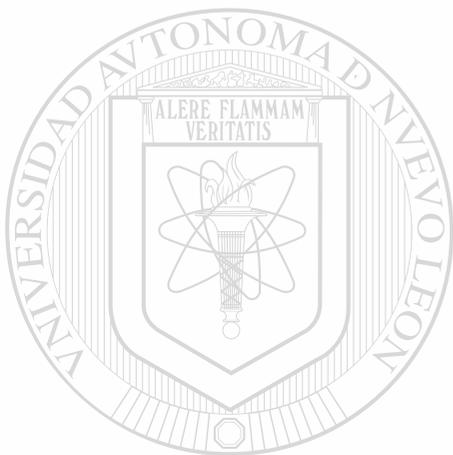


Figura 4.7 Distribución tipo escalera de un SFM.

4. De campo abierto: Este tipo de distribución es una combinación de los dos anteriores, y por lo general se utiliza para procesar una familia de números de parte grande. El cual existen varias estaciones de mismo tipo, de tal forma que las partes serán ruteadas a la primera estación, del tipo requerido que se libere primero. El número de partes en el sistema es una variable controlable en los SFM con este tipo de distribución.

### 4.7.3 Celdas de Manufactura

El termino de “ celda de manufactura “ o “ sistema esbelto de manufactura “ se utilizan con frecuencia en forma distinta. Sin embargo, existen diferencias muy significativas entre ambos sistemas de producción, todo esto debido a la falta de un control en las celdas de manufactura. Lo cual trae consigo que en una celda no se tengan las ventajas de un SFM, referentes al uso de un sistema de control centralizado, que se han analizado en los puntos anteriores.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 5. Kaizen

### 5.1 Aspectos básicos a conocer del kaizen

El significado de esta palabra japonesa viene de dos partes muy importantes:

- Kai: Romper en partes e investigar
- Zen: Mejorar en la situación existente

La palabra kaizen se define entonces como una "mejora continua". El mercado global esta constantemente cambiando y mejorando. Que productos compras y de donde vienen ?,

Donde compramos nuestros productos?. Square D es y sigue siendo una excelente compañía, pero hacer lo que estamos haciendo no nos va a llevar a donde siempre hemos estado, para estar al margen del mercado cambiante necesitamos estar comprometidos con mejoras continuas con un esfuerzo efectivo y grande obteniendo ganancias. Se puede lograr el cambio sin tener resultados positivos, pero no puedes tener resultados positivos sin cambios.

El kaizen nos ayuda a cambiar la manera de pensar, dirigir, planear, diseñar, manufacturar, y servir a nuestros clientes. Esto incluye nuevas actitudes, nuevos sistemas, y nuevas herramientas. Kaizen ofrece una gama de herramientas para una mejora continua en un alineamiento de producción.

Kaizen viene a romper algunos criterios o puntos de vista tradicionales ya obsoletos y que no llevan a obtener una mejora continua y los puntos de vista de kaizen.

Tradicional: Negocia entre calidad, costo, tiempo y seguridad

Kaizen: Simultáneamente has mejoras en las 4

Tradicional: Trabaja con resultados

Kaizen: Enfocate en como los resultados son logrados

Tradicional: Los gerentes dirigen

Kaizen: Los gerentes dirigen, entrenan, y facilitan

Tradicional: Las organizaciones tienen pocos solucionadores de problemas (ME, QE, PE, Gerentes)

Kaizen: Las ideas y soluciones vienen de todos los empleados

Tradicional: Manufactura productos que estén en especificación (ppm, scrap, retrabajo)

Kaizen: manufactura productos con un valor de objetivo sin variación (cpk)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## 5.2 Cómo implementar kaizen en una línea de producción

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Existen 7 reglas sagradas de un kaizen que se deben de tomar en cuenta desde un principio antes de ser implementado en una línea de producción.

1. Aquel que realice el trabajo lidereara
2. Aquel no tenra otras prioridades
3. Aquel debera terminar en 3o 4 dias
4. Nadien pierde su trabajo como resultado
5. Aquel debera utilizar recursos existentes

6. Todo lo que quede despues de 3 o 4 dias se combertira en la lista de prioridad del "action team"

7. La participación del staff es necesaria

Para llevar acabo en practica el kaizen es muy importante que sigas una serie de reglas basicas para poder tener una orientación de como llevar acabo dicha aplicación en la linea de producción.Lo primero que debes hacer es descartar pensamientos convencionales y rigidos acerca de la producción,piensa en "como hacerlo" y no, "porque no puede hacerse", no tengas excusas,empieza a cuestionar operaciones practicas,no busques la perfección,hazlo lo mas pronto posible,corrige un error en ese momento,no gases dinero para un kaizen utiliza tus recursos e ingenio, cuando te topas con barreras y obstaculos el ingenio resulta muy bueno,recuerda preguntar "Porque ?" cinco veces y checa la causa raiz, observa el ingenio de 10 personas en vez del conocimiento de 1 sola persona, y recuerda que las oportunidades del kaizen son infinitas.

Dentro del kaizen tenemos la aplicación de sistemas visuales para poder desarrollar un rapida forma de que el operario pueda localizar sus herramientas, partes de producción y los sistemas de comportamiento de los indicadores de producción.Dentro delos Equipos de trabajo o "action teams" los empleados tienen el poder para actuar para hacer lo que sea correcto con la información correcta.Las sugerencias son un aspecto muy importante afuera de la caja de ideas que requieren un costo muy bajo para ser implementadas (como evaluaciones positivas e impelmentadas).El conocimiento direccionado es una parte del aprendizaje de la organización el cual genera en cada empleado.Los cambios estrategicos son tambien un paso muy importante asi como las tecnicas a desarrollar en la aplicación.

Dentro del kaizen el primer paso a revisar comprende el TPM (Total Preventive Maintenance),el cual marca un legado muy importante para empezar a revisar sus criterios pero su principio es que cada maquina encierra siempre un nive de cumplimiento el cual implica lograr que la producción nunca sea interrumpida,mediante la limpieza general,inspecciona problemas de fugas, cables sueltos,coberturas excesivas,etc., pregunta 5 veces el porque del problema, resuelve

el problema raíz, no la causa, da una solución concreta, desarrolla e implementa procedimientos de limpieza e inspección, implementa programas de lubricación y aceite completos, investiga y sigue todas las causas de dichos paros y repite las preguntas de porque?, y corrige su causa raíz.

Otro aspecto importante es el de utilizar el SMED (Single minute Exchange of Dies)

● SMED el set up consiste de dos componentes:

1. Interno: Que debe de hacerse mientras la maquina esta apagada (ejemplo remover un molde de la encapsuladora)

2. Externo: Que puede hacerse mientras la maquina esta siendo operada (ejemplo preparar herramental para la proxima corrida)

Es muy importante tomar en cuenta los cambios necesarios de cualquier cambio, por lo mismo debemos de considerar 3 elementos:

1. Organización de herramientas, herramientas y materiales del tiempo tomado	30-60	%
2. Cambio de herramientas físicamente del tiempo tomado	20-30	%
3. Ajuste	30-50	% del tiempo tomado

### 5.3 Resultados generales del kaizen en la linea de S-coils.

Vista general al pizarron de kaizen

Numero de eventos : 38

Numero de ideas generadas : 345

Numero de ideas implementadas 46

Distancia de transporte reducida ( pies por dia) 1,234

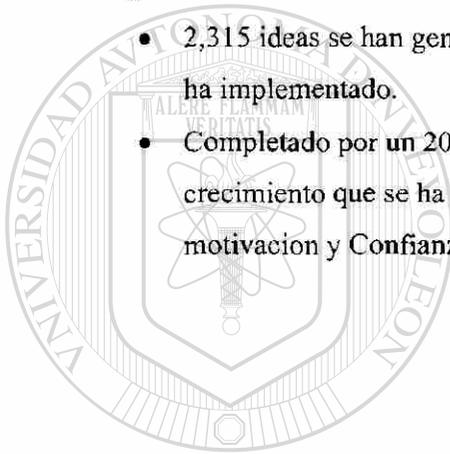
Tiempo de distancia reducido (minutos por dia) 231

Reducción del espacio en piso (pies cuadrados)	998
Reducción de WIP o trabajo en proceso	3K
Tiempo de reducción de setup (min. Por día)	29
Tiempo de ciclo de de reducción (min. Por día)	876
Reducción de cargas pesadas (libras por día)	1453

**Logros:**

El Kaizen Blitz inicial a generado a impacto fuerte positivo en la motivacion del empleado.

- 2,315 ideas se han generado desde Mayo de 1999, 1,645 (70%) de lo cual se ha implementado.
- Completado por un 20% del empleado en la planta a demostrado el crecimiento que se ha logrado en tres grandes areas: Impacto de Operaciones, motivacion y Confianza.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## 6. Simulación y análisis de una línea de producción

### 6.1 Introducción.

Una vez analizado un sistema de producción de flujo de una pieza, se procederá en el siguiente capítulo a simular y analizar el mismo modelo prototipo pero ahora bajo un enfoque de líneas de producción.

Un sistema de producción en línea es un conjunto de estaciones de trabajo en forma secuencial, de acuerdo al proceso del producto o productos a manufacturar en éste. Los principales objetivos que se busca en este tipo de sistemas productivos, son:

- 1.- Desarrollar un proceso esbelto y del flujo de una sola pieza.
- 2.- Contar con líneas flexibles que permitan procesar una alta variedad de productos.
- 3.- Utilizar de manera efectiva los equipos, debe de enfocarse a balancear los recursos.

### 6.2 Aspectos importantes a considerar.

Después de realizar un análisis de un sistema en general, éste se lleva a cabo en base a ciertas consideraciones del sistema. Por eso mismo es importante establecer cuales serían los supuestos bajo los cuales se efectuará la simulación del sistema en línea, y

por lo tanto las conclusiones a las que se llegue, en base a los resultados obtenidos serán únicamente validos dado que se cumplan las consideraciones efectuadas.

1. El volumen de producción mensual, que se considera mensualmente es de 3214 bobinas por los diferentes modelos de producción, llegando a una producción total de 3780 bobinas de s-coils.
2. Se supone que el tiempo de sistema, es decir el tiempo de preparación de máquina, es despreciable al tenerse corridas muy grandes.
3. las diferentes operaciones a realizar en cada una de las estaciones de trabajo, son efectuadas en forma manual; es decir, los diferentes centros de fabricación son operados semi-automaticos. De tal forma que se debe considerar una variación natural en las operaciones de moldeo. Ya que se han observado que los eventos en donde existe aleatoriedad y el ser humano esta involucrado se distribuyen en forma exponencial.
4. El análisis se efectuará en estados estables de operación, para lo cual la simulación se divide en dos partes:
  - Etapas de transición, con una duración de 160 horas (20 turnos laborales con 8 horas cada uno.)
  - Etapas en estado estable de operación con igual duración de tiempo a la anterior, y en la cual se obtendrán los estadísticos de las variables de interés en analizar.
5. En cada corrida se obtienen tres réplicas en estado estable de operación. De tal forma que los resultados que se reporten, serán el promedio matemático de éstas.
6. Se procurará que las utilizaciones de los diferentes centros de fabricación no sean mayores al 90 % en todas las simulaciones a efectuar.
7. La tasa de entrada de materia prima al sistema se considera constante para evitar perturbaciones en el comportamiento de las variables de interés. Para así, poder aislar efecto en el sistema de la variable que sea analizando, al

tenerse las mismas condiciones de carga en las diferentes estaciones de trabajo en cualquier corrida bajo las mismas características de operación.

8. Aunque el equipo utilizado en líneas de producción son de una muy superior velocidad de procesamiento a las que se utilizan generalmente en los sistemas de manufactura esbelta, se supondrán los mismos tiempos de moldeo por operación considerados en el capítulo 4.
9. El tiempo de transferencia de material en proceso, entre una estación de trabajo y otra en las líneas de producción, se considera en forma asincrónica.
10. No se consideran fallas en el sistema.

### 6.3 Configuración general del sistema

Una característica, por lo general invariable, es que todas las partes a ser procesadas en una línea de producción tengan la misma secuencia de operaciones, difiriendo en tiempos de proceso y/o tipo de herramienta utilizada. De acuerdo a la tabla anexa 6.3.1 se tiene que hay ciertas partes que tienen exactamente la misma secuencia de operaciones, y son: 11 y

21; las 12, 22, 32 y 42.

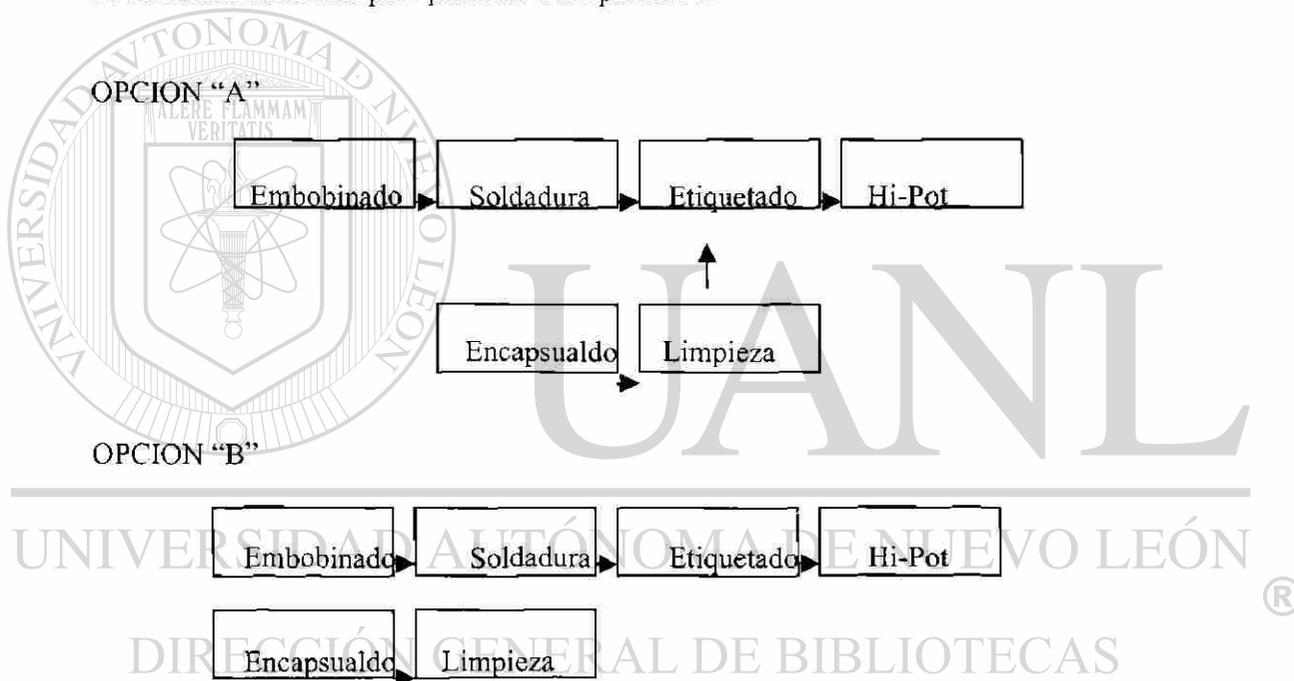
PROCESO	11	12	21	31	32	33	41	42
EMBOBINADO	*	*	*		X		*	*
SOLDADURA			*					*
ENCAPSULADO	*	*	*		X		*	*
LIMPIEZA								
ETIQUETADO								
HIPOT					X			

**Tabla 6.3.1 Similitud en la secuencia de procesos requeridos por las diferentes partes.**

Así se puede considerar que las partes 11 y 21 sean procesadas en forma alternada, en una misma línea de producción. Las partes 12 y 42, con casi idénticos tiempos de

proceso, se procesarán en una segunda línea de producción y de igual forma para 32 y 42.

Las partes restantes 31,41 y 33, tienen diferentes secuencia de fabricación. Sin embargo las partes 31 y 33 deben ser ensambladas al final del proceso, por lo que se debe ser cuidadoso al decidir en que línea se instalará la estación de ensamble. Para tratar de reducir el tiempo promedio de espera del inventario en proceso en esta estación, y por lo tanto tratar de reducir al mínimo posible el tiempo de ciclo del producto terminado, correspondiente al ensamble de estas dos partes. En la figura 6.4 se muestra un diagrama de tiempos para las dos opciones viables en la configuración de las líneas utilizadas para procesar a las partes 31.



**Tabla 6.4 Alternativas para configurar las líneas de producción correspondientes a las partes 31 y 33.**

De la figura anterior se observa que en la alternativa "A" la estación de ensamble se localiza en la línea de producción que procesa a la parte No. 31, dando esto como resultado que el tiempo de ciclo para el producto terminado (ensamble de las partes 31 y 33), en base a considerar la alternativa "B" como modelo para configurar el sistema de producción en línea.

## 7. La implementación de 5's en una línea de producción

### 7.1 Conceptos generales de las 5's.

Las técnicas de las 5's es una importante parte del sistema de control visual. Ayuda a exponer los desperdicios mediante la separación de cosas innecesarias del área de trabajo. Este sistema requiere de un lugar para todo y todo en su lugar. También requiere limpieza diaria como parte de nuestra rutina de trabajo.

5's tiene como significado y reglas las siguientes definiciones:

SEIRI (Separar): séparate de lo que no necesitas.

SEITON (Ordenar): organiza herramientas, materiales, información necesaria de uso diario.

SEISO (Limpiar): limpia el entorno de trabajo, incluidas máquinas y herramientas.

SEIKETSU (Sistematizar): mantener la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes y zapatos de seguridad.

SHITSUKE (Estandarizar): es el hábito de hacer de estas actividades parte de su trabajo diario, adquirir autodisciplina.

### 7.2 Implementación de 5's en la línea de producción

Los aspectos claves en la línea de producción al aterrizar 5's va desde cuestionamientos básicos para ser respondidos por los operarios.

Que hay de especial en un lugar de trabajo visual :

- --Un lugar para para todo y todo en su lugar
- Nada extra o no necesario
- Almacena areas identificado y marcado
- Desperdicio y otros problemas son inmediatamente reconocidos por cualquiera

Aplicados los 5 conceptos a piso de producción quedo definido asi:

Organiza, Ordena, limpia, Estandariza, Manténlo.

### 7.3 Evaluar resultados antes y después de 5's e la línea de producción.

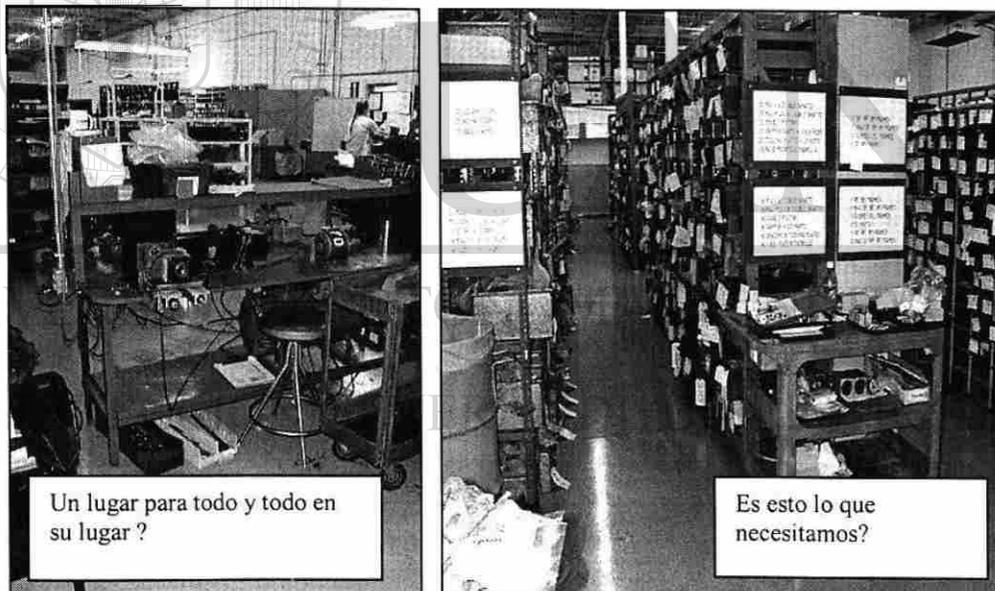
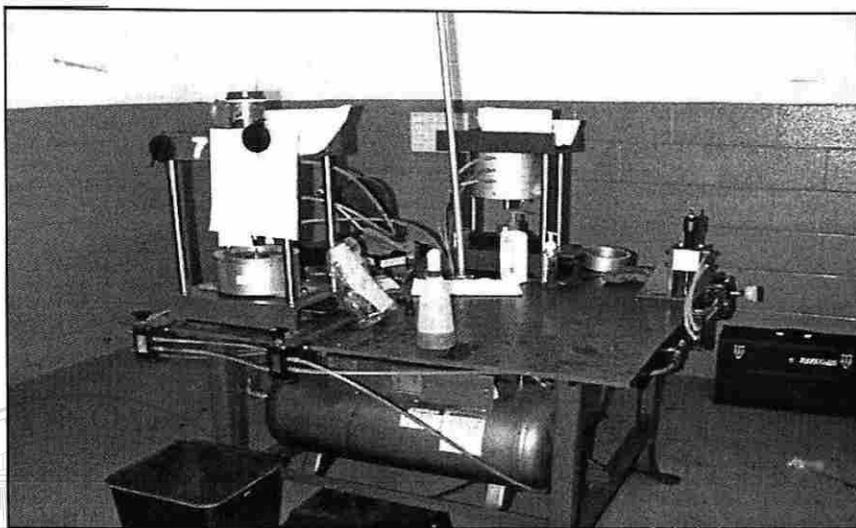


Foto 1.- Primera S: Sortea – Etiqueta Roja

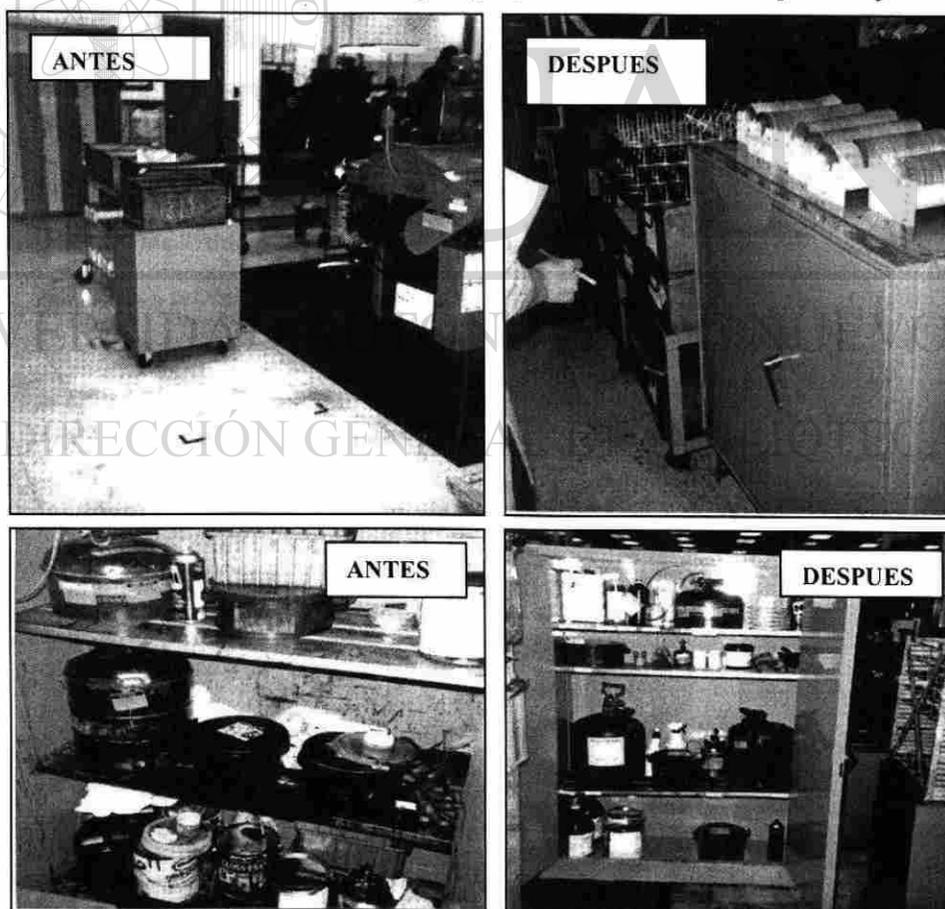
Una forma visible para identificar los herramientas necesarios unicamente

- Establece las reglas
- Identificación innecesaria, colocación de herramientas adecuado
- Coloca etiquetas rojas

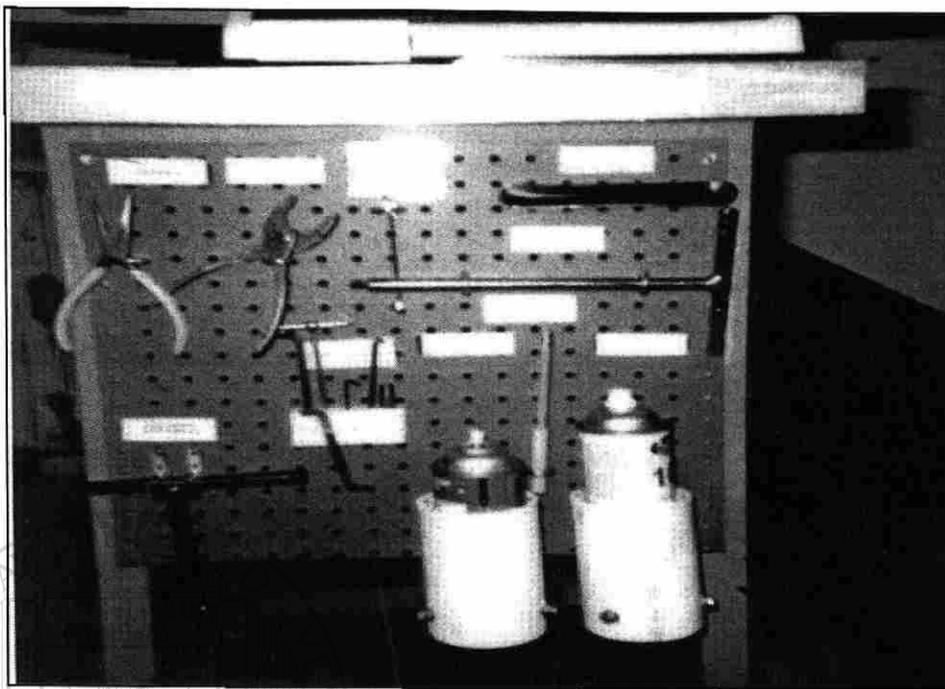
- Muevelo al area de Prueba
- Etiquetas rojas de Identificación



**Foto 1.1 : Antes de 5s. Existe algo aqui para marcar con etiqueta roja?**



**Foto 1.1.1.- Fotografía de mejora de “antes” y “despues”.**



**Foto 1.1.2 .- Organizar ( parte de las 5 s.)**

Para crear un ambiente visual en la línea de producción es necesario el sistema a piso de visualización de ideas. Tomar en cuenta los pasos del proyecto de identificación, Detalle de los pasos, Implementación de hojas o instrucciones de trabajo. Establece un área de identificación para poder organizar los detalles de piso, revisa los problemas de la gente en la fabricación de las bobinas, percibe los problemas generados por los procesos.

#### **IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

<b>Area de Objetivo</b> Identifica el area para su implementacion	<b>Area Propositos y Funciones</b> Identifica actividades, operaciones y Procesos
<b>Gente</b> Identifica la gente para hablar de los Detalles claves de mejoras	<b>Equipo</b> Identifica el equipo de implementacion
<b>Area de Base de la línea : Area de mapeo de de informacion</b>	

### 7.3.1 Desarrollo de estandares

La primera forma importante de la estandarización es desarrollar etiquetas, signos/lugares, inspección, área de inspección y recibo, retrabajos.

Cintas de marcar/Etiquetas :

Parte de Inventario = Blanco solido para las esquinas

Carros de transportación = Blanco solido en las esquinas

Etiquetas rojas = solido color rojo

Altos de emergencia = solido naranja

Tamaño : 3" x 3" Ancho: ½"

Que se va a etiquetar : Tablas, lotes de material , contenedores.

Línea 1 : Num. De parte

Línea 2 : Num. De descripción

Signos y lugares : Área delimitada(H), Dos lados(H), maquinas(W), área de movimiento (W o F)

H=colgado W=pared F= Piso

## 8.PROYECTOS EN LA LÌNEA DE PRODUCCIÒN EN BASE A UN BCFE.

### 8.1 Implemetaciòn y analisis de un BCFE.

Existen herramientas básicas entre manufactura y calidad para poder recolectar informaciòn dentro de la línea producciòn o para un analisis mas completo de cada estaciòn o porceso involucrado asi como su comportamiento a través del tiempo.Dentro del analisis esta el analisis de un BCFE para la línea de s-coils.

Proyecto de Mejora en la línea de producciòn.Equipo de prueba .

Sumario Ejecutivo  
Build One Tester Machines (S-Coil 236 Line)

Apodaca,Nuevo Leon, Mexico December 5, 2000

#### DESCRIPCÌON DEL PROYECTO:

Monterrey utiliza un equipo de prueba para probar las bobinas al 100 % el la línea de s-coils,esto significa que cada bobina fabricada en la línea debe de ser probada y revisar su funcionalidad,esta operaciòn critica es requerida porque cada bobina debe llegar a los requerimientos de UL,CSA,NOM.

El equipo de prueba actual no esta funcionando adecuadamente y no nos esta dando una buena lectura en el nùmero total de vueltas asi como la resistencia.El equipo de prueba Wabash no tiene unamanufactura y partes de repuesto en tiempo.Es un equipo

obsoleto de prueba.El nuevo equipo de prueba modelo TC-5<sup>a</sup> "Turn count for bobbin coils" esta diseñado para verificar el número de vueltas de la bobina o bobinas lastimadas.Puede medir con una precisión de hasta un 99.9 % de una en 1000 vueltas por bobinas o menos de 10,000 vueltas.Cuando se usa una varilla de calibración,todas las bobinas pueden ser medidas con un punto de acercamiento al 99.5 %

#### COSTO DEL PROYECTO:

Una salidad de capital de 3.5K US \$ es requerido para tener control al 100 % para la línea de s-coils esto incluye una referencia interna para reducción de bobinas en la temp. Desde 2 % a .1 % por 10 grados F.Tambien tiene un auto-rango y conteo de vueltas de 64,000 en certeza arriba de 10,000 vueltas que puedan ser afectadas por un inter-embobinado.

#### NARRACIÓN:

Todo Los probadores en la línea de s-coils viene de Asheville En Carolina del Norte Todos tienen ahí como 5 años todo este tiempo de prueba al 100 % en las bobinas,despues de este periodo de tiempo la linea de producción y todos los equipos de este fueron enviados a la planta Monterrey,aquí los equipos fueron instalados en buenas condiciones y tienen por lo menos un año de continuo uso incluyendo los fines de semana,en estos momentos se esta trabajando a toda su capacidad para auditar otros parametros requeridos para este tipo de producto,despues de todo este trabajo del control de prueba es necesario agregar mas esfuerzo a la línea si el pronostico indica incremento en el volumen de ventas,esto resolveria un de nuestros cuellos de botella.

Actualmente el valor en libro de este equipo es de prueba Wabash es de : \$ 1,500 US  
Currently the value books for these testers are: Tester Wabash \$ 1,500 US\$

ALTERNATIVAS : 3 Opciones revisadas

### Opción 1:

Reconstruir o mejorar el equipo de prueba actual, esto significa que tendríamos que agregar más partes para trabajar con opciones para auditar el producto, pero de cualquier manera el producto, no tiene la capacidad para abastecer bobinas a tiempo, esto significa que nuestra capacidad estará en el límite, y también tendremos que gastar más en auditar y tomará más tiempo para embarque y afectar a nuestro cliente, y además el fabricante de Wabash es obsoleto y no existen partes de repuesto.

### Opción 1: bajo riesgo

Recomendaciones: Toma demasiado tiempo para actualizar el equipo de prueba y tener las partes de repuesto en su lugar no nos garantiza operarlo apropiadamente.

### Opción 2

“No hacer nada” con el equipo de prueba existente se va a requerir más atención de Monterrey y partes de calidad se espera deteriorar.

La opción 2 no es considerable como una alternativa viable debido al extremo riesgo

De no hacer nada. Además, si uno de los equipos falla en temporada de altas ventas vamos a tener algunos problemas para lograr con los rangos de producción.

Opción 2: considerada “extremadamente riesgosa”

### Opción 3:

Comparar un Nuevo equipo de prueba va a aumentar a mayor capacidad la línea, y servirá para prevenir riesgos que afecten el funcionamiento del mismo, y también despliega las lecturas de corriente al momento de prueba. Estos beneficios no se han incluido en los números del BCFE ya que el valor no se ha determinado.

Opción 3 : considerada de bajo riesgo.

Opción 3 es la mas viable a tomar.

#### BENEFICIOS:

- Mantiene la línea trabajando y ayuda a soportar el incremento de producción
- Esta protegido contra cortos en prueba
- Entrega de todos los productos revisados al 100 %.
- Se pueden auditar bobinas al corto de bobina
- Mucha capacidad para soportar grandes ventas
- Medición de una variedad de bobinas sin recalibración con un 99.5 % de precisión. El capital justifica basado primeramente en reemplazar el equipo existente crítico y considerando un incremento de producción.

#### LANZAMIENTO DEL PROYECTO:

COMPLETAR EN 4 SEMANAS PARA SE UTILIZADO

Problemas presentados el línea de producción, análisis de la bobina con problemas de fractura después de ser encapsulado como se muestra en la figura 1.

Desarrollo : Se desarrollo instrucción de aplicación de epoxy en la bobina y se presento el problema y su solución.

## 8.2 Ejemplo de desarrollo de Instrucciones de Operación.

### INSTRUCCION PARA LA PREPARACION Y APLICACION DE EPOXY EN BOBINAS

Herramientas :

1.- Espatula ( o cualquier herramienta delgada y comoda para colocar el epoxy)

Nota : Asegurate de que la espátula este limpia una vez terminado de usarse.

2.- Epoxy-Patch A

Nota : Cuando hayas vaciado el epoxy en el carton, asegurate de cerrar el bote para que evites se seque el material.

3.- Epoxy-Patch B

Nota : Cuando hayas vaciado el epoxy en el carton,asegurate de cerrar el bote para que evites se seque el material.

4.- Pedazo de carton (para area de mezcla)

Nota : Asegurate de vaciar el epoxy en una area limpia y resistente como carton para poder mezclar el epoxy.

Procedimiento :

1er. Paso

Abre el bote identificado con Epoxy-Patch "A",y coloca una linea de material en el carton de aproximadamente 3 pulgadas de largo.

2do.Paso

Continua abrir el bote identificado con Epoxy-Patch "B",y coloca una linea de material en el carton cerca de la linea de epoxy A,de igual tamaño.

3er.Paso

Mezcla con la espátula los dos epoxys "A",y "B". hasta que queden completamente mezclados y de un solo color.

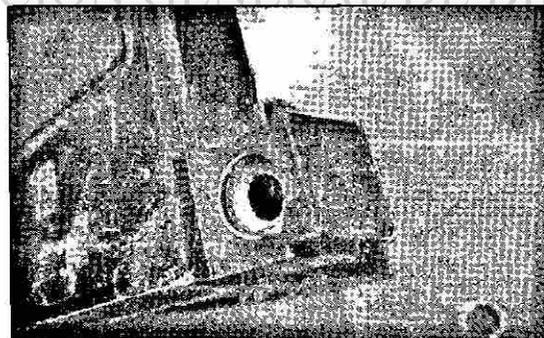
4to.Paso

Listo el epoxy para ser usado asegurate de que la pieza este caliente para que ayude adherir mas el epoxy a la parte fracturada o hueca en la bobina.

Nota : Es muy importante aplicar el epoxy en areas huecas o con fracturas en las bobina que estan recien sacadas de la prensa o recien encapsuladas.

- Es muy mportante que pongas epoxy UNICAMENTE en las areas huecas o a recubrir.

**Asegurate de no dejar demasiado tiempo el epoxy sin usar para evitar se seque.**

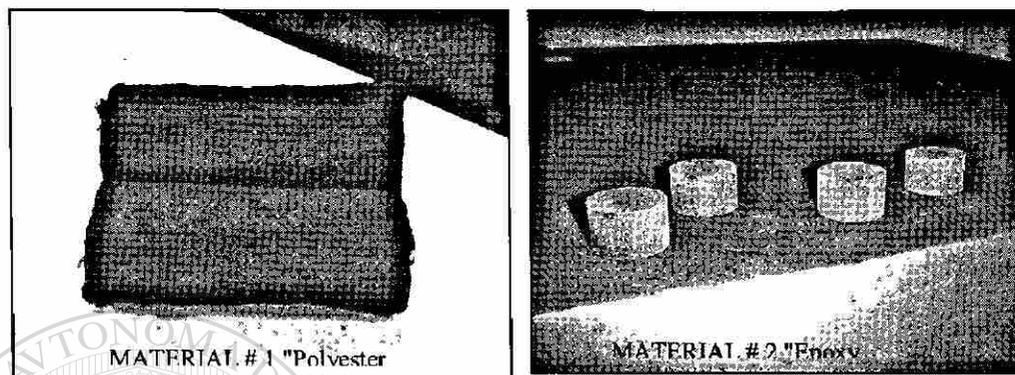


**Foto 2. Area con problemas de fractura presentados en la parte frontal de la bobina s-coil**

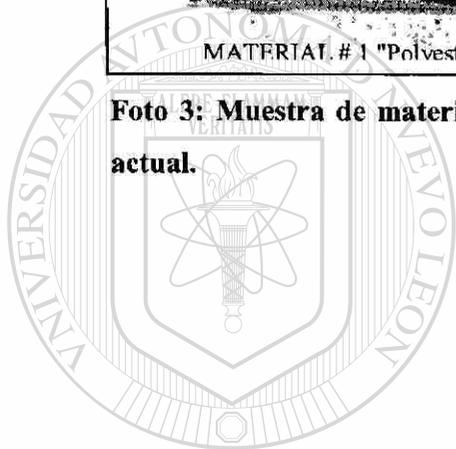
### **Cambio del formado del poliester de las bobinas.**

Historial actual de el costo de las partes poliester en medidas muy porarriba del uso por encapsulado.

Aquí se muestra el poliester anterior y el actual utilizado para encauslar bobinas.



**Foto 3: Muestra de material poliester para encapsulado del diseño anterior al actual.**



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## 9.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Comparación de las diferentes herramientas de manufactura y

#### Calidad.

Corrida piloto.- Sección 1 Documentación.

Número de proyecto de Ingeniería.-

Número De Manufactura : Monterrey

Fecha Iniciada : 2/5/2000

Núm. De parte sujeto a la corrida piloto

Masterizar a mas de una pieza (1) Nombre del producto tipo s-coils 31041-400-42

Tamaño del lote : 5000

Configuración Aplicable Capturada :

Especificación final en prueba y ensamble : 31041-400-42

Rev.: AR

Estatus de documentación de Ingeniería :

1. Estan todos los dibujos especificados actuales? Si.
2. Tiene todo los cambios de Ingenieria se han iniciado? Si
3. Enlista todo los cambios que existen en el proceso? Ninguna.
4. Lista de prototipos,desviaciònnes,o partes modificadas.?Ninguna.

Enrutar a 1. Ingeniero de Manufactura: Jose Ramos

Ingeniero de Calidad : Steve Honeycutt

Ingeniero de Producto: Mario Gutierrez

Nombre del producto : S-coils

Tipo :S

Record de cambios de ingenieria durante la corrida piloto.

### 9.1.1 Tabla de recolección de datos estadísticos:

Vueltas	Resistencia Visual	Hí Pot	# Orden
1326	31.1 ok	ok	808514D
1326	30.9 ok	ok	
1326	31.3 ok	ok	
1326	31.1 ok	ok	
1325	31 ok	ok	
1326	31.2 ok	ok	
1326	31 ok	ok	
1326	31.2 ok	ok	
1326	31.2 ok	ok	
1325	31.1 ok	ok	
1326	31.2 ok	ok	
1325	31.1 ok	ok	
1326	31 ok	ok	
1326	30.9 ok	ok	
1326	31.1 ok	ok	

1325	31	ok	ok
1326	30.7	ok	ok
1325	30.9	ok	ok
1326	31.1	ok	ok
1326	30.9	ok	ok
1326	31	ok	ok
1325	31	ok	ok
1325	30.8	ok	ok
1326	31	ok	ok
1326	31.1	ok	ok
1326	31.3	ok	ok
1325	31	ok	ok
1326	31	ok	ok
1325	31	ok	ok
1325	31.1	ok	ok
1325	31.1	ok	ok

**Tabla de recolección de datos estadísticos:**

Vueltas	Resistencia. Visual	Hi Pot	# Orden
1325	31.2 ok	ok	808514D
1326	31.3 ok	ok	
1324	31.2 ok	ok	
1324	31.6 ok	ok	
1325	31.4 ok	ok	
1325	31.2 ok	ok	
1325	31 ok	ok	
1325	31 ok	ok	
1324	31.1 ok	ok	
1325	31.3 ok	ok	
1324	31.2 ok	ok	
1324	31.2 ok	ok	
1320	31 ok	ok	

1325	31	ok	ok
1324	31.4	ok	ok
1325	31.1	ok	ok
1325	30.9	ok	ok
1325	31.1	ok	ok
1325	31.3	ok	ok
1325	31.2	ok	ok
1314	30.8	ok	ok
1325	30.8	ok	ok
1324	30.9	ok	ok
1325	31.1	ok	ok
1325	30.9	ok	ok
1324	30.9	ok	ok
1325	31.5	ok	ok
1325	30.9	ok	ok
1324	31.4	ok	ok
1324	30.8	ok	ok
1325	31.5	ok	ok
1324	31.3	ok	ok

Resultados estadísticos de la corrida piloto despues de los cambios a proceso.Ver

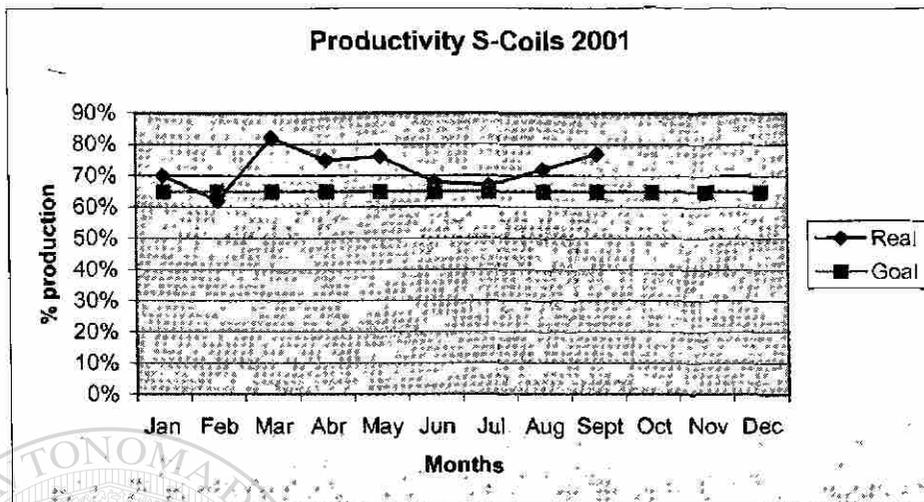
Grafica 1.

## 9.2 Evaluación y resultados de las diferentes herramientas de SPC, Kaizen, Productividad y Scrap.

Los datos obtenidos de la corrida piloto realizada despues de los cambios en las diferentes areas del proceso de manufactura, nos llevan a definir los resultados mostrados en cada mes, el cual nos demuestra un comportamiento favorable a dichos sucesos.

La siguiente gráfica nos muestra el comportamiento logrado atraves del año 2001 en productividad, el cual esta dentro de la meta estbalecida como Planta. Los indicadores de meta estan establecidos en base a la producción total producidad y la

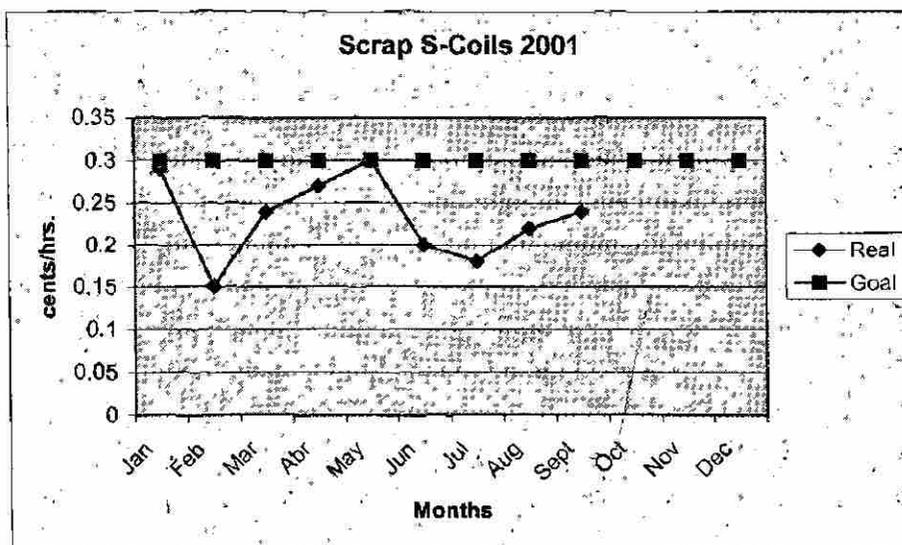
capacidad de la línea a producir basados con los números de pedidos de Interplantas de Square-D.



Productivity scoils

	Real	Goal
Jan	70%	65%
Feb	62%	65%
Mar	82%	65%
Abr	75%	65%
May	76%	65%
Jun	68%	65%
Jul	67%	65%
Aug	72%	65%
Sept	77%	65%
Oct		65%
Nov		65%
Dec		65%

Gráfica 9.2 Reporte de Productividad de la línea de s-coils con objetivos hasta el mes de Sept. Del año 2001



## Scrap S-Coils

	Real	Goal
Jan	0.29	0.30
Feb	0.15	0.30
Mar	0.24	0.30
Abr	0.27	0.30
May	0.30	0.30
Jun	0.20	0.30
Jul	0.18	0.30
Aug	0.22	0.30
Sept	0.24	0.30
Oct		0.30
Nov		0.30
Dec		0.30

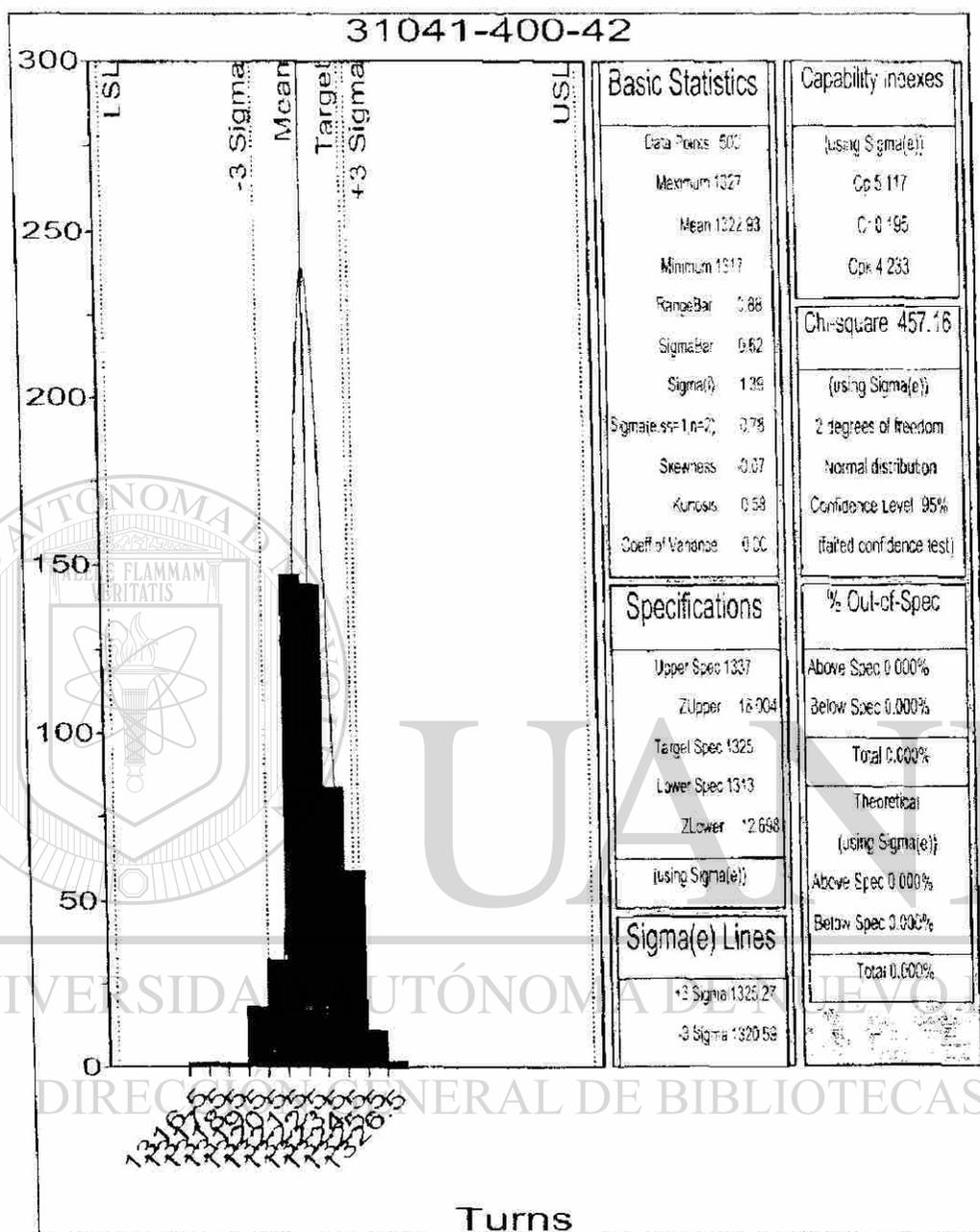
**Gráfica 9.3 Reporte de Scrap de la línea de s-coils con objetivos hasta el mes de Sept. Del año 2001**

Indicadores Estadísticos de el modelo 31041-400-42, analizados durante el periodo de corrida piloto para s-coils. Una vez recabados los datos el anteriores, se muestra el analisis de la prueba.

El analisis nos muetsra el comportamiento 3 sigma del modelo de mayor producción y de mayor costo en su fabricación, las muestras fueron tomadas por el In. De Calidad en colaboración con Manufactura y Producto.

El comportamiento es aceptable dentro del muestreo que se realizo a dicho producto antes de embarcarse.

A continuación se muestra la gráfica del estudio de la recolección de datos del modelo 31041-400-42 de la familia Nema Tamaño 1.



**Gráfica E1.- Muestra del comportamiento 3 sigma del modelo 31041-400-42 de la línea de producción de S-coils.**

### **9.3 Conclusiones y beneficios de Aplicación de herramientas y teorías en la línea de producción.**

1. La eficiencia en este tipo de sistema de producción es una función del tiempo de sistema ( $T_s$ ) y del tamaño del lote de transferencia. Sin embargo, no sería apropiado considerar tamaños de lotes de transferencia grandes para efecto de reducir el  $T_s$ , ya que daría como resultado el tener muy altos niveles de inventario de trabajo en proceso, y también unos tiempos de ciclo muy elevados. Entonces, la forma más adecuada de lograr una adecuada eficiencia de los recursos disponibles en una celda de manufactura, es el tratar de reducir el  $T_s$ , es decir el tiempo de preparación, de máquina cuando se da un cambio en el tipo de lote a procesar. Y esto en última estancia, es una función del tipo de tecnología empleada en el sistema productivo.

2. Se observó que el nivel del inventario en proceso se incrementa en forma lineal con respecto al nivel de producción, en este tipo de sistema de manufactura. Por lo que no sería conveniente diseñar una celda de manufactura para muy altos volúmenes de producción, sino más bien considerar dentro de la misma área de manufactura, un mayor número de celdas de manufactura, pero con un bajo o medio nivel de producción en cada una de ellas.

### 9.3.1 Conclusiones: Sistemas de Manufactura

1. Bajo un conjunto de consideraciones bajo las cuales se realizó el análisis de los tres sistemas básicos de producción, el sistema de producción de manufactura esbelta sigue el mismo comportamiento que las celdas de manufactura, en términos del inventario de trabajo en proceso existente en el sistema, a bajos volúmenes de producción. Mas no así, para volúmenes de producción medios, en donde se tiene una ventaja en las celdas de manufactura con respecto a los sistemas de manufactura esbelta.

2. El tiempo de ciclo de las diferentes partes a procesar, fue mucho mayor en este tipo de sistema a los que se obtuvieron en el sistema de producción en línea, pero ligeramente inferiores a los que se observaron en un sistema de producción mediante celdas de manufactura. Sin embargo, la distancia que necesita ser desplazado el trabajo en proceso para ser transferido de una estación de trabajo a otra, es mucho mayor en los sistemas de manufactura esbelta que en las celdas de manufactura,

dadas las topologías muy propias de cada uno de estos dos sistemas de producción. Y lo cual va a dar en consecuencia, que los tiempos de ciclo en el sistema de manufactura esbelta se incrementen en forma notable, esperándose por lo tanto, que los valores nominales de éstos sean mayores a lo que se tendrían en una celda de manufactura.

Ahora bien, cuando se trata de determinar el tipo de sistema de producción a implementar en la manufactura de ciertos artículos, es necesario no ver solo las ventajas y desventajas del modo operativo de cada uno de estos sistemas básicos de manufactura. Sino, es fundamental analizar todo el sistema productivo en su conjunto.

En la actualidad hay dos aspectos básicos que se deben de procurar en toda industria para efecto de reducir sus gastos operativos y poder responder a las exigencias del mercado, y son:

1.Reducción de los niveles de inventario.- Se tiene un alto costo por manejo de inventarios ( principalmente de producto terminado ), ya sea por obsolescencia, material dañado, gastos administrativos, costo de oportunidad, etc. Y dada las características de operación de una línea de producción, se tiene que las corridas son muy grandes. Y por lo tanto, cuando en la línea de producción se van a manufacturar una diversidad de productos, es necesario manejar niveles de amortiguar la demanda de estos artículos en cualquier momento. Neutralizando, en cierta forma, la ventaja de este tipo de producción con respecto a los de producción en lote, en terminos del inventario promedio total en el sistema;es decir, tanto de trabajo en proceso, como de producto terminado.

3. Flexibilidad del sistema de producción.- Cada vez son más altos los requerimientos de flexibilidad en el sistema productivo, para poder tener un menor tiempo de respuesta a las cambiantes necesidades del mercado. Y esta flexibilidad en el sistema de producción, mucho va a depender de la tecnología implementada en éste, así como del grado de integración que se de entre los diferentes departamentos involucrados con el proceso productivo y administrativo de una industria en general. Pero bien es cierto, que la estructura de las celdas de manufactura permiten una mejor adecuación de las tecnologías de punta, de los nuevos enfoques operativos y de integración de

los sistemas de información. Y por lo tanto, presentan una gran ventaja sobre los sistemas de producción en línea, con respecto a este enfoque. Y que es válido, cuando la naturaleza del producto a manufacturar, está en constante evolución y con una amplia diversidad de modelos.

Entonces, cuando se tenga la interrogante de cuál es el sistema de producción más óptimo a implementar en un proceso de manufactura y como operarlo en forma eficiente, para efecto de incrementar la productividad, es necesario:

1. Analizar el entorno en el cual se desarrolla el sistema productivo, para obtener información sobre el comportamiento de la demanda de los productos. Y poder conocer con mayor certeza, los niveles de producción que se tendrán, de acuerdo al porcentaje del mercado que desea acaparar.
2. Determinar el peso relativo de las diferentes variables que interactúan en un sistema de manufactura, de acuerdo a las políticas de la empresa. Y poder contar de esta forma, con un patrón de referencia de decidir sobre las condiciones óptimas de operación del proceso de manufactura, cuando existen dos o más variables en conflicto en la región sub-óptima.
3. De acuerdo a los niveles de producción y al grado de flexibilidad requeridos en el proceso productivo, determinar si es más conveniente un sistema de producción en línea o uno por lotes, ya sea manufactura esbleta o por celdas de manufactura.
4. Si se optó por un sistema de producción en lotes, determinar si éste será por manufactura esbleta o por celdas de manufactura, de acuerdo a los siguientes factores:
  - Tiempo de respuesta en el sistema a cambios en la mezcla de productos, variedad de producto, el diseño de los productos.
  - Variedad máxima de productos a procesar.
  - El monto máximo de la inversión que se desea realizar.
5. Para el sistema de producción elegido, analizar el comportamiento de las diferentes variables involucradas en el proceso productivo, para efecto de determinar las condiciones óptimas de operación de éste.

#### **9.4 Recomendaciones : Sistemas de Producción por celdas de manufactura**

En síntesis se pueden hacer las siguientes recomendaciones para cada uno de los sistemas de producción analizados a lo largo del presente trabajo:

Sistema de producción en línea

1. Este tipo de sistema de producción son altamente eficientes en términos de la utilización del tiempo de máquina disponible, para efecto de realizar operaciones propiamente de maquinado. De tal forma, que para iguales capacidades instaladas en los tres sistemas bajo consideración, se debe esperar un más alto volumen de producción en el sistema de producción en línea.

2. Los niveles de inventario de trabajo en proceso, así como los tiempos de ciclo de las diferentes partes a procesar, son muy bajos en este tipo de sistemas. E inclusive éstos se reducen significativamente entre mayor sea el volumen de producción. De tal forma, que esta característica los hace muy apropiados cuando los requerimientos en los niveles de producción sean muy altos.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# BIBLIOGRAFÍA

Berggren Christian

Alternative To Lean Production

ILR Press

1999

Kochan A. Thomas, Kochan Lansbury MacDuffie

After Lean Production

Rembert Studies

1998

Kalpakjian, Serope, Schmid Steve

Manufacturing Engineering and Technology

Prentice Hall

2001

Kanban: Just in Time at Toyota

Japan Management Association

Association Co.

1988

Nelson, Donald H.

Applied Manufacturing Process Planning

Cloth Format

2001

Riggs James L., Glenn H. Felix

Productivity by Objective

Prentice Hall

1998



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

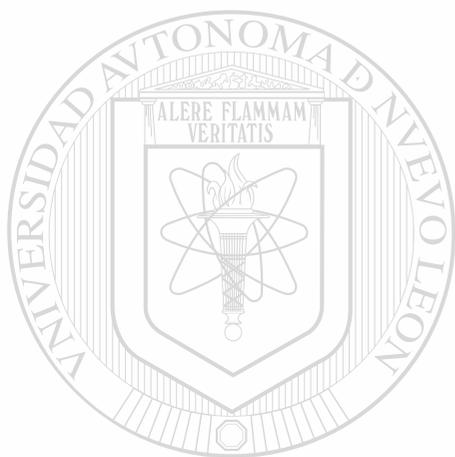


Womack P. James, Jones T. Daniel

The Story of Lean Production

National Bestsellers

1998



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTADO DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 3.1 Tiempo de máquina total requerido para un volumen de producción semanal de los productos “A” y “B” de 100 y 50 unidades respectivamente,21

Tabla 3.2 Tiempos de máquina disponible para la producción del producto “A” dado que se están considerando una producción “B” de 50 unidades,22

Tabla 3.3 Tiempo de máquina disponible para la producción del producto “A” dado que se está considerando una producción “B” de 50 unidades,23

Tabla 6.3.1 Similitud en la secuencia de procesos requeridos por las diferentes partes,55

Tabla 6.4 Alternativas para configurar las líneas de producción correspondientes a las partes 31 y 33,56

Tabla 9.1.1 tabla de recolección de datos estadísticos, 69

Gráfica 1A Takt Time,28

Gráfica 1B Takt Time,29

Gráfica 1C Takt Time,29

Gráfica 1D Takt Time,30

Gráfica 9.2 Reporte de productividad de la línea de s-coils con objetivos hasta el mes de Sept. Del año 2001,72

Gráfica 9.3 Reporte de Scrap de la línea de s-coils con objetivos hasta el mes de Sept. Del año 2001,73

Gráfica 9.4 Conclusiones y beneficios de aplicación de herramientas y teorías en la línea de producción.,75

# LISTADO DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

Figura 3.1 Distribución por posición fija,16

Figura 3.2 Distribución por porceso,17

Figura 3.3 Distribución por flujo del producto,18

Figura 3.4 Distribución por familia de número de parte,19

Figura 3.5 Ejemplo de planeación de la producción de 2 productos con restricciones en el tiempo de máquina disponible,21

Figura 3.5.5 Descripción de Estandares,27

Figura 4.1 Componentes de la variable Tct para una línea balanceada,36

Figura 4.2 Componentes del tiempo de producción para una línea balanceada,36

Figura 4.3 Componentes del tiempo de producción para una línea no balanceada considerando una estación automatizada,38

Figura 4.4 Diagrama de flujo de una línea operando en kanban,41

Figura 4.5 Distribución de un SFM en malla,45

Figura 4.6 Distribución de un SFM en malla abierta,46

Figura 4.7 Distribución tipo escalera de un SFM,46

Fotografía 1 Primera S:Sortear-Etiqueta roja,58

Fotografía 1.1 Antes de 5s.,59

Fotografía 1.1.1 Fotografía de mejora antes y despues,59

Fotografía 1.1.2 Organizar (Parte de las 5s),60

Fotografía 2 Area con problemas de fractura presentados en la parte frontal de la bobina s-coils,66

Fotografía 3 Muestra de material poliester para encapsulado del diseño anterior al actual,67

# APÉNDICE

## Conceptos básicos de formación del encapsulado de la bobina.

Los procesos básicos de la fabricación de la bobina son ocho: embobinado, soldadura, encapsulado, limpieza, remaches, prueba, etiquetado, empaque.

En todas las operaciones es importante distinguir las diferentes etapas de fabricación de la bobina, el tiempo de curado es el mas importante ya que nos define el tiempo o ciclo optimo de curado del epoxy en la bobina sin dañar su soldadura a las terminales, el cual esta expresado en (Lbs./In).El avance del material epoxy dentro de su formación esta constituido por una presion (Lbs.) asi como una temp (C ) para su curado total.

### Embobinado

Los embobinados estan dados por el calibre del alambre, calibre # 16-# 62 como rango para embobinar.El embobinado consta de las siguites variables a considerar:

Vueltas: Es la direcciòn del girador ya sea "+" o "-" antes de empezar el conteo de vueltas.Pitch: Es el tamaño o espesor del alambre a embobinar se define en decimal en pulgadas.Alambre de espesor de .010" sera puesto como .01.Longitud:La longitud de movimiento para cada capa por pulgada.Este parametro no utiliza un punto decimal. Aceleraciòn:un rango comun esta entre 1 a 100.RPM:Rev. Por minuto del girador al hacerlo girar para embobinar.

Servo del girador: 9 lb/in. @ 3500 RPM

Resoluciòn del Pitch: .000001" (.0001mm).

X-Y-Z Vel.Axis: 3.250" (82mm)

### Soldadura

La soldadura es de estaño/plomo 40/60 porciento a una temp. De 120 C. Para soldadar terminales al alambre. En un tiempo de 5 segundos.

## **Encapsulado**

El encapsulado esta basado en la temp. Del material epoxy,el cual esta compuesto de una resina de poliester y fibra de vidrio el cual llega a una temp. De 15 grados centigrados para contener su formaciòn misma. Despues se realiza un pre calentamiento a 75 grados centigrados para tomar una temp. Ideal con la bobina.

El encapsulado se mide por : Presion,velocidad y temperatura.

A mayor presion menos temp. De trabajo, y mayor velocidad es necesaria.

## **Limpieza y Remaches**

La limpiza se realiza con presion de aire solamente para quitar la rebaba, se utiliza un remaches SS-r tratado de 1/16" para cada terminal.

## **Prueba y etiquetado**

La prueba que se le realiza es de hi-pot o alto voltaje el cual se da 4000 volts en 1 segundo a .10 mA. Y la prueba de continuidad para revisar que este completamente sin ningun alambre o fractura del embobinado.

## **Glosario de Terminos**

SPC: Control estadistico de Proceso

SQC: Control estadistico de Calidad

DPM: Defectos por Millon

FO: Producciòn Especial

Takt Time : Tiempo de respuesta

WIP : Traajo en Proceso

FG: Producto terminado

Kanban: Sistema de Tarjetas o señales

Lean Manufacturing: Manufactura esbelta

JIT: Justo A Tiempo

SFM: Sistema Flexible de Manufactura

CNC: Control nùmerico por Computadora

MP: Materia prima

**Kaizen:** mejora continua

**Action team:** Equipo de Trabajo productivo

**ME:** Ing. De Manufactura

**QE:** Ing. De Calidad

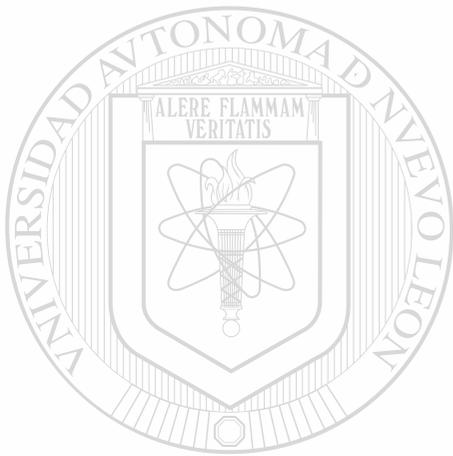
**PE:** Ing. De Producto

**TPM:** Mantenimiento total preventivo

**SMED:** cambio rapido de moldes

**BCFE:** Estudio costo-beneficio (Bussiness Case Financial Evaluation)

**UL:** Underwritten Labloratories,CSA y NOM norma de estandarización electrica.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Esta tesis aplica para obtener el grado de Maestro en ciencias de la administración con especialidad en producción y calidad, el cual lleva como título “ Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio.” Mi trabajo ha estado dedicado en el area de manufactura dentro de la Industria Automotriz y eléctrica como lider de proyectos,nací en Monterrey Nuevo Leon el 19 de Marzo de 1974,mis padres son el el Ing. Constancio Ramos Rodriguez y el nombre de mi madre es Orfelinda González de Ramos.

Termine mis estudios universitarios en la Facultad de Ingenieria Mècnica y eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon,Obteniendo el titulo de Ingeniero Mecánico Administrador, desempeñado labores desde hace 4 años, en las cuales he

laborado para empresas como United Technologies Automotive,Prolec GE y actualmente en Square-D.

Seminarios a los que asisti “Catia V4 Basic 3D Design” en Auburn Hills,Michigan, así como “Requirement of the Automotive Industry (PPAP,FMEA,APQP y CP)” en Iowa City, así como alineación de negocios y sequencia de operaciones en Monterrey N.L.

