

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**APLICACIÓN DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN EN  
EMPRESAS DE CONFECCIÓN DE GUATEMALA**

**TESIS**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**MARIO NOLBERTO FLORES PELÁEZ  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

**Guatemala, mayo de 1999**

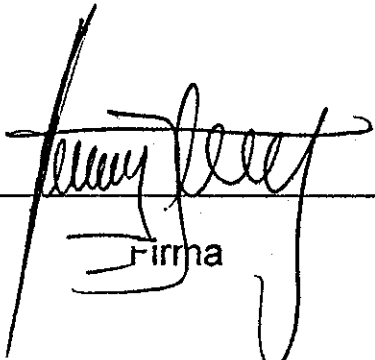


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

### APLICACIÓN DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN EN EMPRESAS DE CONFECCIÓN DE GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha 10 de abril de 1996.

  
Firma



## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

### FACULTAD DE INGENIERÍA

#### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1º.	Ing. Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2º.	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3º.	Ing. Jorge Benjamín Gutierrez Quintana
VOCAL 4º.	Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
VOCAL 5º.	Br. José Enrique López Barrios
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos B. de Illescas

#### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR	Ing. David Enrique Aldana Fernández
EXAMINADOR	Ing. Orlando Alberto Furlán Cambara
EXAMINADOR	Ing. Efraín Rodas
SECRETARIO	Ing. Edgar José Aurelio Bravatti Castro

Guatemala, 21 de Agosto de 1998

Ingeniero:

Francisco Gómez

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ciudad Universitaria, Zona 12

Estimado Señor Director:

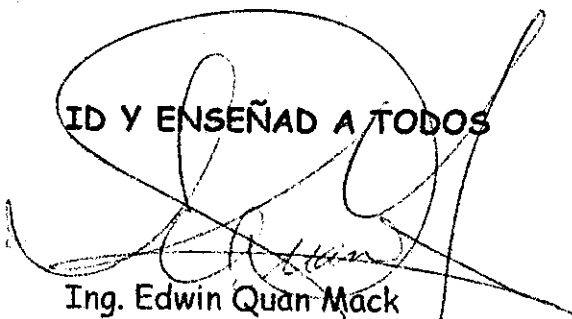
Atendiendo a la solicitud de asesorar el trabajo de tesis del estudiante Mario Nolberto Flores Peláez, sobre el tema "Aplicación del Sistema Modular en la Industria de confección en Guatemala", he procedido en conformidad con el nombramiento por lo que ha continuación presento mi dictamen.

En mi opinión, dicho trabajo reúne todos los requisitos necesarios para su discusión en el examen general público previo a otorgársele el título de Ingeniero Mecánico Industrial, ya que él mismo constituye una verdadera guía para la instalación del sistema modular en Guatemala; lo cual indudablemente coadyuva al proceso de enseñanza - aprendizaje de esa casa de estudios, pues esta tesis se puede constituir en un libro de texto para beneficio del estudiante y catedráticos de la Escuela.

Por lo anterior, y con mi opinión favorable recomiendo que sea aceptada para su graduación profesional.

Sírvase el señor Director aceptar las muestras de mi más alta consideración y estima.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Edwin Quan Mack  
Asesor



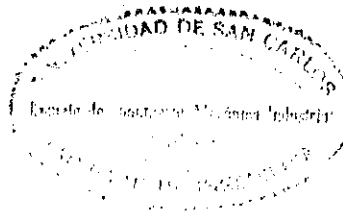
FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **APLICACION DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCION EN EMPRESAS DE CONFECCION DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Mario Roberto Flores Pelaez**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

DI Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Victor Manuel Carranza  
Catedrático Revisor de Tesis  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

Guatemala, enero de 1,999.



emds



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **APLICACION DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCION EN EMPRESAS DE CONFECCION DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Mario Nolberto Flores Peláez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

  
Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR

INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, abril de 1999.

emds

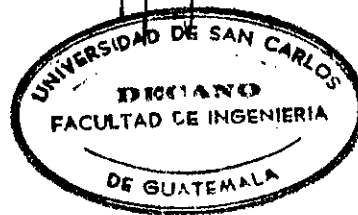


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado: APLICACIÓN DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCION EN EMPRESAS DE CONFECCION DE GUATEMALA, presentado por el estudiante universitario Mario Nolberto Flores Peláez, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, mayo de 1999

## AGRADECIMIENTOS

- A: Jesucristo Dios todopoderoso por permitirme culminar mis esfuerzos.
- A: Bernarda Flores y Ada Patricia del Cid de Flores, por su paciencia y colaboración para la elaboración de esta tesis.
- A: Vilma del Cid, por la colaboración brindada.



## DEDICATORIA

- A:** mis padres Enrique Flores Catalán (Q.E.D) y Máxima Peláez de Flores; por el ejemplo brindado a través de mi vida.
- A:** mi esposa Patricia, a mis hijas Ada Lucía y Gabriela Patricia, y a mis hermanos; por su apoyo y amor.
- A:** Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	IV
<b>GLOSARIO</b>	V
<b>INTRODUCCIÓN</b>	VI
<b>1. ¿QUÉ ES SISTEMA MODULAR?</b>	<b>1</b>
1.1 Su origen	2
1.2 ¿Como comenzó en Guatemala?	3
1.3 Diferentes estilos o formas que se han utilizado	5
1.3.1 Distribución según secuencia de operaciones	6
1.3.2 Máquinas pegadas	6
1.3.3 Bultos pequeños o prenda por prenda	7
1.3.4 Sistemas de pago	8
1.4 Ventajas y desventajas de cada tipo de aplicación Lay Out según secuencia de operaciones	8
1.4.1 Máquinas pegadas	8
1.4.2 Colocando una mesa al medio de la distribución	9
1.5 Elementos fundamentales comunes en cada estilo	10
1.6 Elementos necesarios y conocimientos básicos para poder implementar el sistema	10
<b>2. PRINCIPIOS QUE PUEDEN APLICARSE A ESTE PROYECTO O SISTEMA, DE LA FILOSOFÍA JUSTO A TIEMPO</b>	<b>12</b>
2.1 El desperdicio	12
2.2 El flujo	12
2.3 La calidad	14
2.4 Equilibrio en el proceso	14
2.5 Tiempo de alistamiento	15
2.5.1 ¿Qué se está haciendo?	15
2.5.2 ¿Por qué se está haciendo?	16
2.5.3 ¿Quién lo está haciendo?	16

	<b>Página</b>
2.6 El principio de halar	16
2.7 Visiones y estrategias	17
2.8 Valor y costo	17
2.9 Cociente de respuesta	19
2.9.1 Cociente de respuesta a nivel macro	19
2.9.2 Cociente de respuesta a nivel micro	19
<b>3. PERFIL DE LA EMPRESA COMPETITIVA</b>	<b>20</b>
3.1 Ventajas estratégicas	20
3.2 La calidad	21
3.3 Tiempo de respuesta	21
3.4 La eficiencia	21
3.5 Fechas de entrega	22
3.6 Organización de la compañía	22
3.7 Remuneración	23
<b>4. VENTAJAS DE LA MANUFACTURA MODULAR</b>	<b>24</b>
4.1 La calidad	24
4.2 La eficiencia	24
4.3 Planificación	24
4.4 Inventarios en proceso	25
4.5 La motivación	25
<b>5. PRIMEROS PASOS A SEGUIR EN LA MODULARIZACIÓN</b>	<b>27</b>
5.1 Compromiso a nivel gerencial	27
5.2 Determinación de los objetivos a alcanzar	28
5.3 Sesiones de entrenamiento con los gerentes y mandos medios.	28
<b>6. CÁLCULOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>29</b>
6.1 Nivel de trabajo en proceso	29
6.2 Procedimientos operativos	30
6.2.1 Balance de línea	30

	<b>Página</b>	
6.2.1.1	Secuencia de operaciones	30
6.2.1.2	Diagramas del proceso	30
6.2.1.3	Índice de desocupación	33
6.2.2	Distribución Lay- Out	34
6.2.3	Stock en proceso	35
6.3	Sistema de incentivos	35
6.3.1	Varias opciones	36
6.3.2	Ventajas y desventajas	37
6.4	Elección de los integrantes del módulo	38
6.5	Entrenamiento de los integrantes del módulo	42
6.6	Aspectos comunicacionales y de motivación	43
6.7	Lanzamiento de la unidad piloto	44
6.8	Expansión a otros módulos	44
6.9	Curva de rendimiento	45
<b>7.</b>	<b>EJEMPLO DE CÁLCULOS OPERATIVOS</b>	<b>47</b>
7.1	Diagrama de operaciones	47
7.2	Secuencia de operaciones	48
7.3	Balance de línea	50
7.4	Índice de desocupación	51
7.5	Cociente de respuesta	53
7.6	Distribución de maquinaria o Distribución Lay-Out	53
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>55</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>57</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>58</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

No.	TITULO	Página
1	Módulos	1
2	Si los tiempos de operación no son los mismos	4
3	Distribución de maquinaria según secuencia de operaciones	6
4	Distribución con maquinas pegadas	7
5	Distribución de maquinaria con mesa central	7
6	Línea de proceso	12
7	Analogía de rocas y problemas	13
8	Flujo hacia adelante	34
9	Curva de rendimiento	46
10	Curva de rendimiento	50
11	Distribución de maquinaria	54

### TABLAS

No.	TITULO	Página
I	Exigencia del mercado y propuestas del sistema modular	5
II	Secuencia de operaciones y tiempo estandar	48
III	Rendimiento esperado	49
IV	Balance de línea	51
V	Indice de desocupación	52

## GLOSARIO

- **Axioma** Sentencia dada y evidente por si misma, que no necesita ser demostrada.
- **Lay -out** Distribución de la maquinaria en planta.
- **Mensurable** Algo que se puede medir.
- **Polifuncional** Que puede hacer varias funciones.
- **Sistema de halar** En confección la operación posterior demanda la producción de la anterior.
- **Tiempo de alistamiento** Es el tiempo necesario para tener todos los elementos necesarios listos para iniciar una producción.
- **Tiempo estándar** Es el tiempo que un operario normal en condiciones normales y trabajando a un ritmo normal se lleva para realizar una operación.
- **Tiempos muertos** Se refiere al tiempo en el cual una operación no está produciendo.
- **Tipificar** Es estandarizar y uniformizar las características

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria de confección en Guatemala tiene mucho auge, debido a que la industria ha desarrollado niveles de productividad y calidad competitivos, así como el cumplimiento de las fechas de entrega. Estos tres elementos son esenciales para satisfacer las necesidades del mercado que, hoy por hoy, en su mayor parte pertenece a los Estados Unidos de Norte América.

Los productos confeccionados en Guatemala son exhibidos en grandes tiendas junto con otros productos de la misma clase elaborados en otras partes del mundo. Esto convierte la competencia en categoría mundial, y el propósito de este estudio, es determinar una herramienta para las empresas que están interesadas en convertir su sistema de producción a sistema modular, este sistema da la flexibilidad y características para poder competir las exigencias que nacen de las necesidades del mercado.

Esta tesis está fundamentada en la experiencia adquirida durante diez años en la industria, cinco en el sistema modular, más investigación bibliográfica y seminarios recibidos por expertos en la materia.

Se inicia con una explicación del origen del sistema, la actitud necesaria y la filosofía del origen, luego en el capítulo 2 se hace referencia a los principios de la filosofía justo a tiempo aplicable al sistema, para luego tipificar las características de las empresas competitivas.

Se proponen una serie de pasos a seguir en la modularización de una planta en la cual se esta trabajando con otro sistema de producción, además se

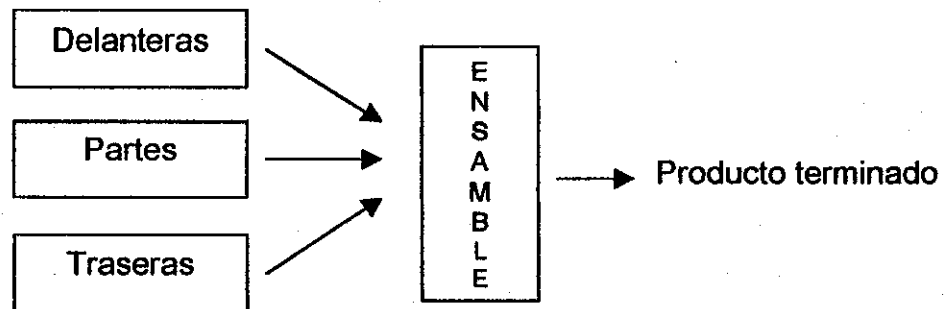
presenta la base técnica para los cálculos y diseño de una línea modular, para finalizar con un ejemplo de cálculos operativos.



## 1. ¿QUÉ ES EL SISTEMA MODULAR?

La palabra modular viene de hacer módulos, aplicándolo a confección de prendas de vestir, sería hacer módulos de costura para confeccionar una prenda; una prenda de vestir se puede descomponer en varias operaciones, que pueden ser ejecutadas sobre alguna parte de la misma, por ejemplo: delanteras, traseras, mangas, etcétera. Originalmente, sistema modular, se refería a hacer un módulo<sup>1</sup> de delantera, traseras, mangas, hasta llegar a ensamble, como da a entender el esquema siguiente:

Figura 1. Módulos



La aplicación en la actualidad es diferente; una definición actual sería la siguiente: "Sistema modular en confección industrial, es un sistema de mejoramiento continuo que persigue la reducción de costos de operación a través de inventarios bajos en proceso, mejor aprovechamiento del espacio, flexibilidad y cambio de actitud a todo nivel, que nace de las exigencias del mercado".

## 1.1 Su origen

El sistema modular tiene sus raíces en el sistema japonés **Justo a Tiempo** (Just in Time), que consiste en producir la cantidad mínima de unidades en las más mínimas cantidades hasta el último momento,<sup>2</sup> en otras palabras no producir una pieza u operación hasta el momento justo de necesitarla; eliminando de esta manera la necesidad de inventarios en proceso.<sup>3</sup>

Los aspectos principales de la filosofía Justo a Tiempo se pueden agrupar en dos categorías que son:

- Aspectos técnicos
- Aspectos administrativos

El sistema modular abarca los dos aspectos descritos, adaptándolos a la confección. Los aspectos técnicos determinan la nivelación de la carga o trabajo (inventarios) en proceso, establece los módulos o celdas de trabajo y agiliza el ajuste o preparación de la maquinaria (Set up).

Entre los aspectos administrativos, el más importante es preparar a la Empresa para el cambio de la filosofía Justo a Tiempo. Este sistema o filosofía de trabajo pretende eliminar el desperdicio en cualquier parte del proceso y de la administración.

Existen cinco elementos importantes en la filosofía Justo a Tiempo que son:<sup>4</sup>

- Calidad en la fuente
- Sistemas de halar
- Reducción del tiempo de alistamiento

- Carga fabril uniforme
- Celdas o equipos de trabajo

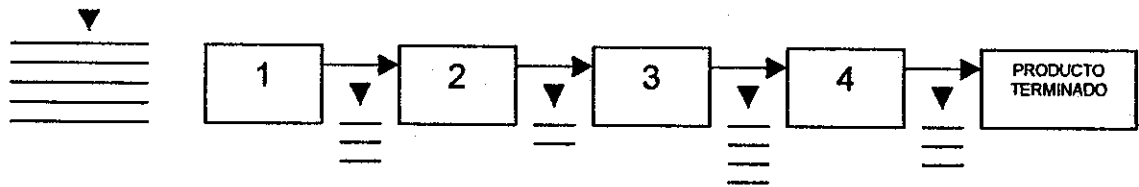
Estos elementos se explican en el capítulo 2 inciso 2.3 en adelante.

## 1.2 ¿Cómo comenzó en Guatemala?

En Guatemala, cuando inició la industria de la confección industrial a nivel maquila, comenzó con un sistema de producción basado en paquetes o bultos de diferente cantidad de piezas; cada uno de estos bultos tenía colocado un ticket con un valor asignado en tiempo y dinero, los bultos iban avanzando de máquina en máquina acumulándose en algunas partes del proceso; al procesar una operación, el operario corta el ticket y lo adhiere a una hoja de reporte que sirve para calcular el pago correspondiente ya que el sistema de pago es en forma individual, es decir, cada operario gana sobre la base de la cantidad de bultos que ejecuta en "su operación".

Este tipo de sistema permite el acumulamiento del trabajo en proceso, lo que obliga a establecer sistemas de control de éste; al haber acumulados, el tiempo que tarda un paquete en llegarse a convertir en una prenda, que es lo que realmente la empresa vende porque es lo que el cliente quiere, pasa mucho tiempo que puede variar según la administración de los inventarios entre 3 a 10 días; es decir si una prenda entra hoy, tarda hasta 10 días para que se pueda ver terminada, y si hay un problema de calidad que se detecta cuando la prenda ya está finalizada, habrán muchas prendas en el proceso con este problema, sobre las cuales hay que tomar una decisión que cualquiera que sea va a incurrir en un costo.

**Figura 2. Si los tiempos de operación no son los mismos**



Las características de este sistema son las siguientes:

- Inventarios en proceso
- Incentivación individual
- Controladores de calidad a lo largo y al final del proceso
- Poca comunicación
- Tiempo largo de respuesta o del proceso
- No se adapta a corridas cortas
- Especialización del operario por operaciones
- Se puede medir fácilmente la eficiencia individual

<sup>5</sup>Las exigencias del mercado hoy por hoy han cambiado notablemente, debido en gran parte a la segmentación de mercados: atrás quedaron los días en que la producción masiva de algunos productos a costos bajos y alta eficiencia alcanzaba a satisfacer las exigencias de éstos.

El mercado exige la mayor cantidad de productos distintos en diferentes opciones de color y tallas, en el menor tiempo y cantidades pequeñas. Alguien que tenga mucho tiempo de desempeñarse en la confección, puede dar cuenta que hace algunos años las corridas de los contratos eran comparadas con la actualidad, exageradamente grandes.

De aquí nace la necesidad del cambio para adaptarnos a las exigencias del mercado, que nos exige reaccionar con una estrategia de producción efectiva, para satisfacer éstas con "Calidad, cantidad, corto tiempo de respuesta y flexibilidad".

**Tabla I. Exigencias del mercado y propuestas del sistema modular**

<b>MERCADO</b>	<b>SISTEMA MODULAR</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Competencia</li><li>• Puntualidad</li><li>• Flexibilidad</li><li>• Calidad</li><li>• Buenas relaciones laborales</li><li>• Variedad</li><li>• Bajos precios<sup>6</sup></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buena calidad</li><li>• Flexibilidad</li><li>• Respuesta pronta</li><li>• Mejor comunicación</li><li>• Menores costos</li><li>• Exactitud en entregas</li></ul>

### **1.3 Diferentes estilos o formas que se han utilizado.**

El sistema modular no es más que una adaptación del sistema justo a tiempo para la forma de ser de los guatemaltecos; la teoría originalmente ha sido tomada de algunos consultores y conferencistas que ha venido a Guatemala, de ahí cada gerente o dueño de fábrica ha hecho sus propias adaptaciones existiendo algunas variantes de una compañía a otra. Las variaciones pueden ser en:

- Distribución de maquinaria
- Bultos pequeños o prenda por prenda

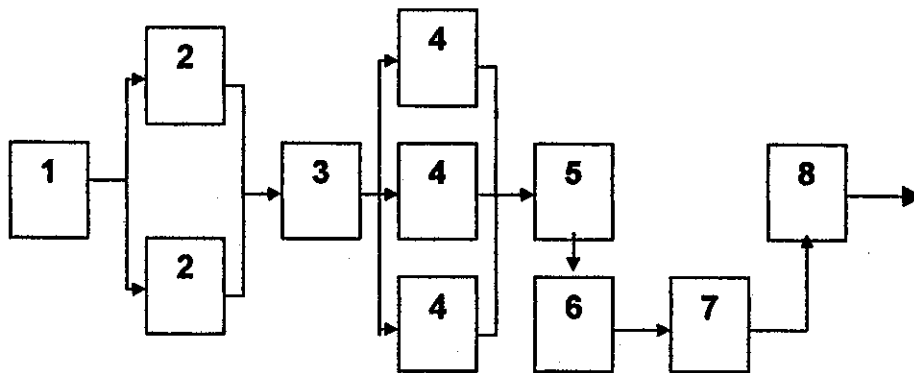
- Sistema de pago

La distribución de maquinaria puede ser de la siguiente manera:

### 1.3.1 Distribución según secuencia de operaciones

Las máquinas se colocan teniendo como objetivo facilitar el paso del trabajo mano a mano, no importando la alineación de las máquinas; el flujo de trabajo siempre es hacia adelante.

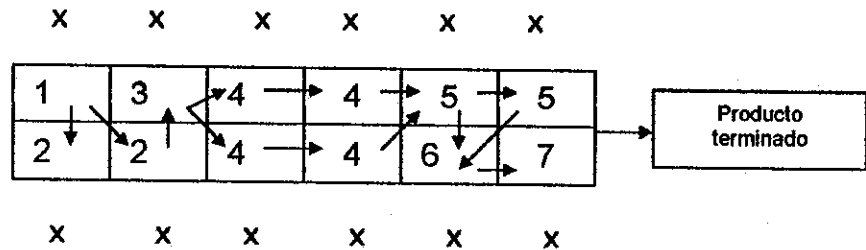
Figura 3. Distribución según secuencia de operaciones



### 1.3.2 Máquinas pegadas

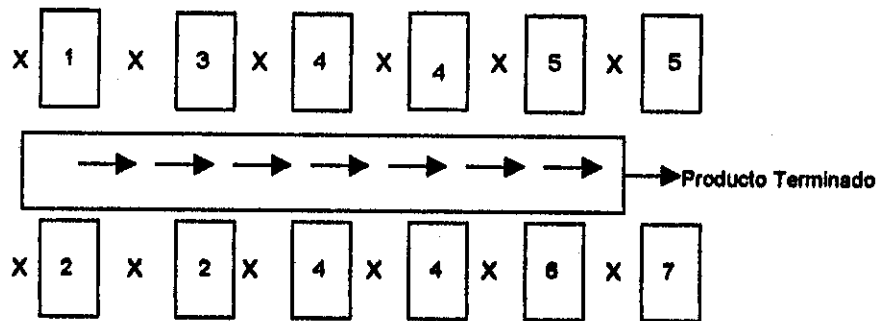
Este sistema coloca las máquinas juntas, siempre siguiendo la secuencia de operaciones; alineando las máquinas y el flujo de trabajo hacia adelante, es probable que un operario pase trabajo hacia la siguiente operación sin dar valor agregado, claro que estas situaciones hay que minimizarlas.

**Figura 4. Distribución de maquinaria maquinas pegadas**



Colocando una mesa en medio de las máquinas, y maquinas viendo al frente: Se coloca una mesa larga entre las maquinas como muestra la figura y las prendas van corriendo a lo largo de la misma.

**Figura 5. Distribución de maquinaria con mesa central**



### 1.3.3 "Bultos pequeños o prenda por prenda"

La forma de como vamos a reducir los inventarios en proceso (se dice reducir no manejar, en el sistema modular el inventario se toma como el origen de muchos problemas) también viene determinado en si vamos a trabajar mano a mano o paquetes pequeños (no más de 12 unidades).

### **1.3.4 Sistemas de pago**

Hay varias opciones entre las cuales podemos mencionar: sueldo base según una clasificación de categorías de operarios que puede ser el mismo sueldo o escalado, con un incentivo variable de acuerdo al nivel de eficiencia alcanzado; es decir a mayor eficiencia del grupo mayor incentivo, según lo observado se obtienen mejores resultados. Cuando se alcanza una alta eficiencia (arriba del 90%), todo el equipo de trabajo gana el mismo incentivo.

### **1.4 Ventajas y desventajas de cada tipo de aplicación distribución Lay out según secuencia de operaciones.**

#### **Ventajas:**

- Mejor flujo de trabajo
- Facilita la comunicación
- El operario no pierde tiempo pasando trabajo que no es de su operación
- El trabajo siempre va en dirección del flujo
- Mejor aprovechamiento del espacio

#### **Desventajas:**

- La planta luce desordenada por el tipo de distribución de la maquinaria
- Se necesita instalación eléctrica flexible

#### **1.4.1 Máquinas pegadas**

#### **Ventajas:**

- Buen flujo de trabajo



- Estimula la comunicación
- El trabajo siempre va hacia delante
- Buen aprovechamiento del espacio físico
- No permite la acumulación exagerada del trabajo en proceso
- La planta luce ordenada

**Desventajas:**

- El operario puede perder tiempo pasando trabajo que no ejecutó
- Si la comunicación no es positiva puede distraer al operario

**1.4.2 Colocando una mesa al medio de la distribución**

**Ventajas:**

- Facilita el avance del trabajo
- La planta luce ordenada

**Desventajas:**

- Dificulta la comunicación positiva
- Facilita la acumulación de trabajo en proceso

### **1.5 Elementos fundamentales comunes en cada estilo.**

En cada una de las formas o estilos que se mencionaron antes, existen elementos para que el sistema funcione; estos elementos son: bajos inventarios del trabajo en proceso, al traslado del trabajo mano a mano, excelente comunicación entre los diferentes mandos de la Empresa, reuniones semanales, polifuncionalidad y flexibilidad de la mano de obra directa, predisposición al cambio, actitud positiva, facilidad para trabajar en equipo, competencia leal.

La comunicación positiva es aquella que se realiza para la mejor ejecución del trabajo, tanto en eficiencia como en calidad y flujo.

### **1.6 Elementos necesarios y conocimientos básicos para poder implementar el sistema:**

Lo primero que se necesita es predisposición al cambio, luego estudiar el sistema; mejor si se observan fábricas que lo estén utilizando, hacer un plan de implementación, más adelante se dan algunas sugerencias para hacer y ejecutar este plan. Los conocimientos básicos son:

- Estudios de tiempos y movimientos
- Balance de líneas
- Secuencia de operaciones
- Psicología Industrial
- Distribución de equipo en planta

Para aplicar estos conocimientos en confección industrial hoy en día, no es necesario ser ingeniero industrial; existen muchas personas en Guatemala que poseen la experiencia y el conocimiento para poderlos aplicar.

## 2. PRINCIPIOS QUE PUEDEN APLICARSE A ESTE PROYECTO O SISTEMA , DE LA FILOSOFÍA JUSTO A TIEMPO<sup>7</sup>

### 2.1 El desperdicio

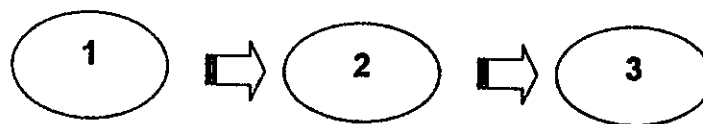
Según la definición de desperdicio que hace Toyota que es la pionera en el sistema es **“todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para agregar valor al producto”**.<sup>8</sup>

### 2.2 El flujo

Respecto al flujo existe un concepto muy importante que dice: **“Producir la cantidad mínima posible justo al último momento de necesitarla”**.

Aunque la orden de trabajo sea muy grande, por decir algo un millón de unidades, estas se van trasladando una a una por cada parte del proceso y cada parte del proceso solo tiene una unidad. En otras palabras, en una línea de proceso (ver figura) la operación 2 está lista justo al momento que la operación 3 la necesita, y si la operación 3 ya no necesita esta unidad entonces la operación 2 deja de producirla.<sup>9</sup>

Figura 6. Línea de proceso



Es necesario eliminar los acumulados en proceso pues dificultan el flujo ágil. Lo anterior se refiere al caso ideal, aunque ninguna compañía esté trabajando a un 100% de idoneidad, esta debe ser la dirección.

Para estimular el flujo hay que eliminar los acumulados en proceso o inventarios, hay que aprender a ver al inventario como el origen de los problemas; el inventario oculta los problemas ya sean estos de calidad, flujo, ineficiencia, personal, etcétera, impidiendo que alguien los resuelva.

En el sistema justo a tiempo suele hacerse una analogía utilizando rocas y agua, el agua son los inventarios que están cubriendo las rocas que son los problemas, conforme va bajando el agua, las rocas salen a flote (ver figura). “El objetivo es, primero eliminar los problemas y luego bajar el inventario”.

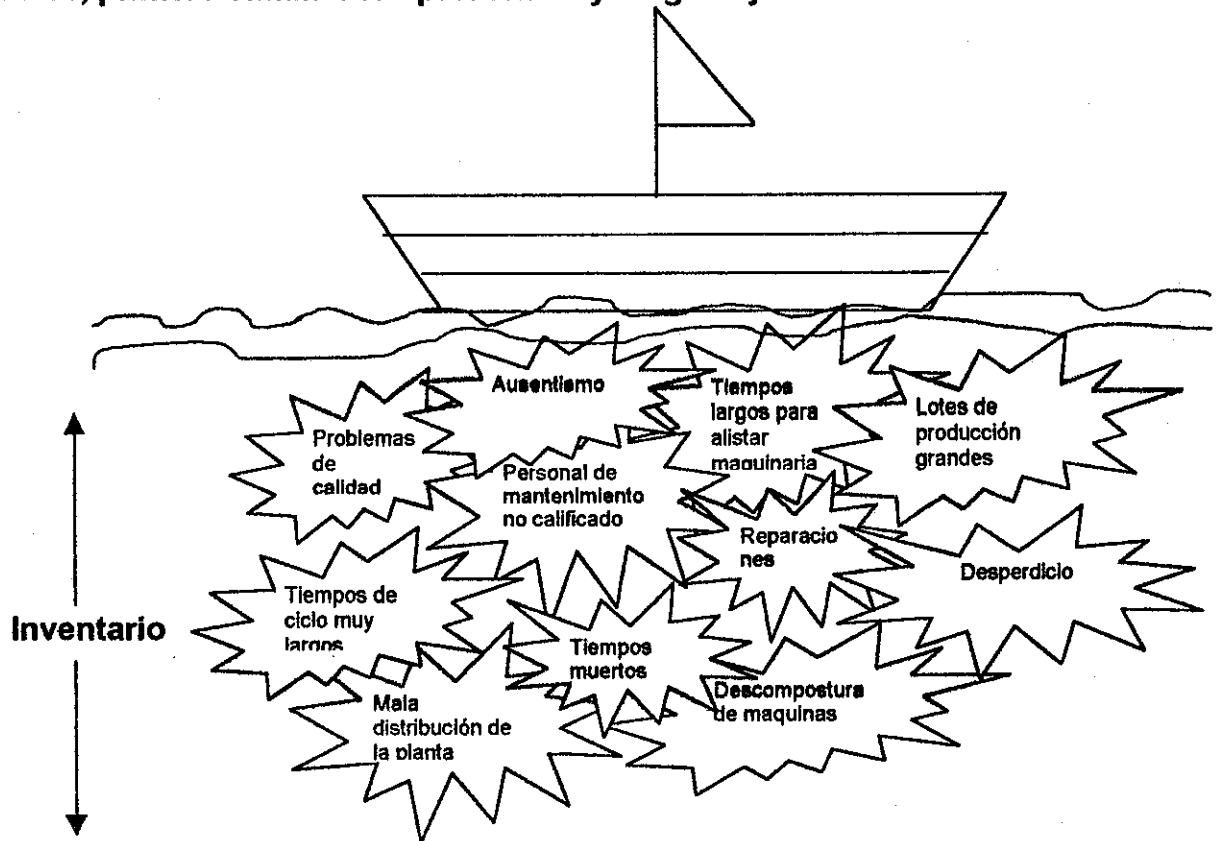
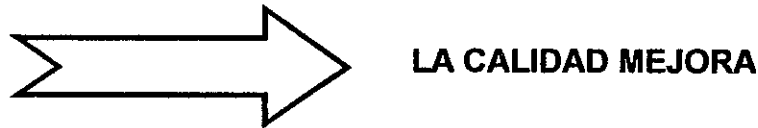


Figura 7. Analogía de rocas y problemas

### 2.3 La calidad

El concepto de la calidad, en la fuente que consiste en hacer las cosas bien desde la primera vez en todas las áreas de la organización; es de suma importancia para la aplicación del sistema:<sup>10</sup>

- Al reducir los niveles del material en proceso
- Al acercar e integrar las operaciones
- Al obtener un flujo continuo en el producto



Un axioma<sup>11</sup> en control de calidad es “que el tiempo para identificar las causas de un problema es mientras estas causas estén activas, y cualquier demora puede hacer más difícil la identificación de las causas u orígenes de un problema, y en muchos casos la identificación se hace imposible”.<sup>12</sup>

### 2.4 Equilibrio en el proceso

La filosofía justo a tiempo dice que se necesita equilibrio para que exista flujo<sup>13</sup>. El equilibrio se mantiene de acuerdo con la demanda, la demanda la satisface la última operación; la penúltima se ajusta a lo que la última demanda y así sucesivamente hasta llegar a la primera operación; el objetivo es mantener un flujo sostenido produciendo al ritmo necesario, para alimentar el siguiente paso del proceso.

El principio de carga nivelada dice que los artículos han de producirse a la frecuencia que el cliente los pida.

## **2.5 Tiempo de alistamiento**

Un requisito básico en el sistema justo a tiempo es el alistamiento de la maquinaria, esto ayuda considerablemente a la flexibilidad y al flujo del proceso y minimiza los tiempos muertos.

Hay tres reglas básicas para agilizar el alistamiento de la maquinaria:

- ¿Qué se está haciendo?
- ¿Por qué se está haciendo?
- ¿Quién lo está haciendo?

La definición del tiempo de alistamiento es el tiempo que se requiere para cambiar de un tipo de producto a otro<sup>14</sup>.

### **2.5.1 ¿Qué se está haciendo?**

Es analizar como se está haciendo actualmente el alistamiento de la maquinaria y analizar como se acorto el tiempo de cada parte del proceso.

Ejemplos:

- Cuando pedir el tipo de aguja adecuado
- Cuando ajustar máquinas para diferente tipo de tela
- Cuando probar los accesorios de las máquinas como prensatelas, carpetas, etcétera.
- Cuando y como mover las máquinas
- Cuando ver la necesidad y disponibilidad de maquinaria a utilizarse
- Cuando y cómo ajustar las tensiones y presiones en los prensatelas de la maquinaria.

### **2.5.2 ¿Por qué se está haciendo?**

Se hace para invertir el tiempo de alistamiento en tiempo productivo, esto nos da flexibilidad para cambiar de estilo más frecuentemente, si la demanda lo requiere.

### **2.5.3 ¿Quién lo está haciendo?**

En ésta etapa se cuestiona para involucrar primordialmente a los operarios en el proceso de alistamiento, estimulándolos a dar sugerencias, esto hace que el personal se sienta más identificado con el proyecto y hará, por sentirlo suyo, que el proyecto funcione.

## **2.6 El principio de halar**

Un sistema de halar es una manera de conducir el proceso en la fábrica desde la última operación, va halando el producto necesario de la operación anterior solamente a medida que lo necesita, y si la siguiente no la necesita, la anterior deja de producirla.

Toyota le puso a este principio Kanban, uno de los significados es "Tarjeta", en la misma Toyota también le llaman sistema supermercado.

En un supermercado quien determina que tiene que haber en los estantes es el cliente, éste sabe que siempre que va de compras encuentra de todos los productos en pequeñas cantidades, y como sabe que en su próxima visita encontrará siempre variedad lleva un poco de lo que necesite; un empleado del supermercado pasa revisando qué productos se ha llevado y los



sustituye en la misma cantidad, esto es un sistema de halar en el cual el cliente ha establecido la necesidad al negocio al dar a conocer la demanda.<sup>15</sup>

## **2.7 Visiones y estrategias**

Al prepararse la Empresa para implantar la nueva filosofía, la meta es llevar a todo el personal las razones del cambio; para una mejor preparación, las directivas deben tener una visión de cómo se verá la compañía cuando esté instalado el sistema y como le ayudara éste a mantenerse en el mercado.<sup>16</sup>

Como en la mayoría de cambios en los sistemas implica o afecta a seres humanos con su natural resistencia al cambio, hay que tener ideas por parte del impulsador del sistema a vender, además de un plan estratégico de introducción y seguimiento.

Durante la implantación se podrían encontrar problemas de organización, ya que en el nuevo sistema se requiere de una con pocos escalones jerárquicos, para estimular la comunicación. La motivación que se le dé a todos los empleados a cualquier nivel es parte fundamental para el buen desarrollo del sistema.

## **2.8 Valor y costo**

Para entender este concepto es necesario definir la diferencia entre agregar valor y agregar costo. Agregamos valor a un producto, cuando efectuamos una operación que va transformando la materia prima en lo que desea comprar el cliente; por ejemplo:

- Operaciones de corte
- Operaciones de costura

- Operaciones de empaque

Las operaciones de costura como unir traseras, delanteras, coser bolsas, etcétera, son operaciones que van transformando las piezas cortadas en la prenda que comprará el cliente en la tienda.

Las operaciones de empaque agregan valor porque transforman el producto para la presentación ante los ojos del cliente. Cualquier operación que se desarrolle en el producto que no agregue valor, añade costo; algunos ejemplos de operaciones en donde se adhiere costo son:

- Contar
- Mover
- Inspeccionar
- Numerar
- Almacenar
- Cargar contenedor
- Descargar contenedor (contenedor se refiere a recipientes donde se guarda producto, pudiendo ser cajas, bolsas, etc.)

Inspección nos dice si realmente alguna operación que le agrega valor se realizó correctamente, pero en sí la inspección no agrega valor. Con esto no se quiere decir que el sistema elimina el 100% de las operaciones que agregan costo, pero sí nos indica que debemos identificar estas operaciones para minimizarlas.

## **2.9 Cociente de respuesta**

Este cociente muestra la rapidez o la calidad del flujo de una línea o módulo, muestra si existe algún problema durante el proceso o si la cantidad de trabajo en proceso está muy alto.

El índice de respuesta se puede calcular a nivel macro o a nivel micro.

### **2.9.1 Cociente de respuesta a nivel macro**

Es la división del tiempo que una prenda es procesada completamente, dándole un trato normal entre la suma de los tiempos de cada una de las operaciones.

### **2.9.2 Cociente de respuesta a nivel micro**

Es el mismo concepto anterior aplicado a una estación de trabajo. El objetivo de éstos índices es revelar el desperdicio en cualquier parte del proceso, para así eliminarlo a través del trabajo en equipo.

Índices de Respuesta: <sup>17</sup>

- Ideal 1 ó 2
- Bueno 4, 5, 6
- Malo 10, 100, 1000



### **3. PERFIL DE LA EMPRESA COMPETITIVA**

#### **3.1 Ventajas estratégicas**

En términos generales, una empresa competitiva posee ventajas estratégicas sobre la competencia cuando tiene un acercamiento o fácil acceso de materias primas, además de cercanía con el mercado para poderlo satisfacer de una forma inmediata<sup>18</sup>. Es capaz de producir lotes pequeños y diversos con buena calidad en forma eficiente.

La estructura organizacional es de pocos niveles. Es innovadora en cuanto a sus sistemas y la forma de motivar a su equipo de trabajo; las empresas competitivas no cesan de innovar<sup>19</sup> con obstáculos y deben estar preparadas con posibles soluciones a éstos; entre los obstáculos pudieran solicitarse:

- Sistemas de medición y recompensa
- Polifuncionalidad de operarios
- Organización de la empresa
- Motivación

La empresa puede hablar de cómo medir la producción, la calidad, el balance, tiempos de desocupación, pero si no hay un cambio en la recompensa, la actitud de los empleados difícilmente va a cambiar, además las mediciones deben ser congruentes con las que tome la Gerencia para sus decisiones.

La polifuncionalidad o flexibilidad de los operarios no es un gran problema en Guatemala debido a que existe bastante habilidad y experiencia en

los operarios del país, sin embargo hay que fomentar e incentivar la polifuncionalidad.

Un operario es polifuncional, cuando puede desempeñar varias operaciones o funciones dentro del desarrollo del trabajo.

La Junta Directiva o dueños, si se ha tomado la decisión de implantar el sistema, debe estar comprometida a apoyar incondicionalmente, principalmente en el inicio, si algo tiene buen inicio lo más probable es que tenga buen final.

Debe programarse y prever qué obstáculos pueda presentar la organización actual, debido al cambio de estructura de la misma.

### **3.2 La calidad**

Una empresa competitiva es productora de calidad y posee una estrategia para el mejoramiento continuo de la calidad. La calidad es conveniencia y es responsabilidad de todos los niveles de la producción, debe ser medida y controlada, cada uno de los participantes en todo el proceso es responsable de inspeccionar su operación como la operación anterior, se sugiere tener una inspección final al final del proceso.

### **3.3 Tiempo de respuesta**

Las empresas competitivas buscan una reducción rápida del tiempo de respuesta, reduciendo sus inventarios o stock en proceso, haciendo la proyección de fechas de entrega bastante exactas, siendo este un requisito muy importante para dar un buen "Servicio al Cliente".

### **3.4 La eficiencia**

La eficiencia en las compañías es notable tanto en los niveles de producción, en sus líneas, como en la administración de suministros; la eficiencia es el producto de una buena planificación de materiales, trabajo (carga de la línea), así como de la distribución de la maquinaria y la distribución de los operarios como la habilidad de éstos, y un buen trabajo de métodos sumados a un balance de línea con bajo índice de desocupación.

### **3.5 Fechas de entrega**

En el mercado internacional, cumplir con las fechas de entrega es un requisito fundamental para ser competitivo, un producto a tiempo y de calidad es la mejor carta de presentación de cualquier empresa.

Teniendo bajos inventarios en proceso, buen flujo de trabajo, producto terminado en corto tiempo, en el sistema modular es más cómodo calcular las fechas de entrega que en un sistema convencional de bultos.

### **3.6 Organización de la compañía**

La organización de la empresa en todos sus niveles, tiene como objetivo común dar un buen servicio al cliente para satisfacer sus necesidades y requerimientos.<sup>20</sup>

La empresa ve al cliente como objetivo de su operación y no como un fastidio. El servicio, la calidad y la confianza son estrategias para ganar la clientela y asegurar el mantenimiento y progreso de la compañía.<sup>21</sup>

### **3.7 Remuneración**

La remuneración está basada en los conocimientos y habilidad y no en la antigüedad, de esta forma un operario con apenas una semana de trabajo, si es hábil, polifuncional y disciplinado, puede devengar igual o mejor que un operario con varios meses o años con la compañía.

## **4. VENTAJAS DE LA MANUFACTURA MODULAR**

### **4.1 La calidad**

Como se mencionó en el capítulo 2 inciso 2.3:

- Al Bajar los niveles de trabajo en proceso, acercar las operaciones, concientizar al operario y obtener flujo continuo, la calidad es mejor<sup>22</sup>.

Este sistema propone una rápida identificación de los problemas debido a la rapidez con los cuales se obtiene producto terminado, y cuando se identifica un problema la causa aún existe y de esta manera es detectada para poderse eliminar<sup>23</sup>; es decir, se identifica la unidad cuando ésta se esta produciendo, la retroalimentación del problema con su acción correctiva se da en la etapa de error; esto es cuando el error se esta cometiendo y no después, para evitar que estos se vuelvan defectos generalizados en la producción.

### **4.2 La eficiencia**

Un sistema modular bien implantado es en general más eficiente que el sistema tradicional de producción e incentivación individual,<sup>24</sup> además de obtenerse un promedio de eficiencia mayor, la eficiencia obtenida es más fácil de medir y más conveniente porque es con producto terminado.

### **4.3 Planificación**

Una buena planificación es la base para cumplir con los programas de entrega, al ser planificada la producción según metas grupales que todo el



grupo tiene como objetivo diario y alcanzados, la planificación se hace más sencilla y más exacta.

#### **4.4 Inventarios en proceso**

Los inventarios en proceso es un costo en sí, dado por el valor en dinero de la materia prima, el espacio que ocupan, costo de oportunidad, este sistema exige un bajo nivel de trabajo en proceso disminuyendo así estos costos, mejorando el flujo y mostrando los problemas para que éstos sean resueltos.

#### **4.5 La motivación**

La motivación en este sistema es de suma importancia porque a través de la motivación grupal el equipo de trabajo o módulo está estimulado a vencer los problemas cotidianos de la producción y los ayuda a trabajar juntos para el logro de sus metas diarias.

El gerente y la administración tienen que ser creativos para buscar las situaciones que motivan a los diferentes módulos de producción, no solo económicamente sino que además su autoestima. Un investigador de nombre Elton Mayo<sup>25</sup>, trató de demostrar que las condiciones e higiene del trabajo tienen un efecto directo y positivo en la eficiencia del trabajador, para esto mejoró la iluminación en la fábrica Western Electric y tal como lo esperaba el rendimiento mejoró, luego cuando iba a dedicarse a otro asunto, maquinalmente bajó la intensidad de la luz y sorpresivamente el rendimiento volvió a mejorar, el mensaje que nos da este experimento es que la atención a los empleados y no las condiciones de trabajo por si mismas son las que más nos ayudan a mejorar el rendimiento.

El sistema modular facilita que a través de la comunicación constante y la satisfacción de las necesidades de los trabajadores, la motivación de la fábrica sea positiva.

## **5. PRIMEROS PASOS A SEGUIR EN LA MODULARIZACIÓN**

### **5.1 Compromiso a nivel gerencial**

Antes de iniciar con la implementación del sistema, la gerencia debe estar convencida de las virtudes del sistema; esto se adquiere a través de investigación, cursos, visitas y entrevistas con otras empresas que ya tienen el sistema; el por qué del compromiso es para apoyar a los mandos medios y entender el por qué de los cambios, así como los nuevos parámetros de medición (coeficiente de respuesta, calidad, eficiencia, índice de desocupación, etcétera).

Asimismo la gerencia debe entender la filosofía del sistema para poder guiar la fábrica por el camino correcto; a través del conocimiento y la experiencia hay que promover cambios continuos, aunque éstos sean pequeños, pero hay que avanzar<sup>26</sup>.

Desarrollar un espíritu de competitividad leal entre los equipos de la fábrica y mantener informados a los módulos de su desempeño respecto a los otros, colocar éstos resultados en lugares visibles por todos los integrantes de los diferentes módulos y premiarlos. La gerencia tiene el compromiso de promover la participación del operario en las soluciones a los problemas, los operarios la mayoría de las veces tienen ideas de cómo hacer mejor y eficientemente su trabajo, esta fuente de creatividad puede ser canalizada beneficiosamente, si se estimula y premia, la gente participa de buena gana a dar sugerencias para la solución de los problemas de la Empresa.

## **5.2 Determinación de los objetivos a alcanzar**

Luego de tener el compromiso de la gerencia hay que definir los objetivos a alcanzar, éstos objetivos deben ser mensurables para poder medir el avance o no del plan de implementación.<sup>27</sup>

Entre los objetivos podrían estar, entre otros, dependiendo de las necesidades de la fábrica:

- Reducir inventarios en proceso
- Bajar el coeficiente de respuesta
- Mejorar el tiempo de alistamiento
- Optimizar el índice de desocupación
- Mejorar la calidad
- Mejorar la eficiencia
- Cronograma para la instalación del sistema

## **5.3 Sesiones de entrenamiento con los gerentes y mandos medios**

Teniendo el compromiso de la gerencia y fijado los objetivos hay que pasar al entrenamiento de los mandos medios, esto puede ser desde conferencias por parte de la Gerencia, seminarios, programas videograbados, libros, artículos, revistas y visitas a plantas que ya tienen el sistema; algo muy importante para desarrollar o afirmar el liderazgo, son los recursos de motivación y relaciones humanas.<sup>28</sup>

## 6. CÁLCULOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Se da por entendido que la persona o empresa que está interesada en el sistema ya tiene conocimientos sobre estudios de tiempos y movimientos, y en los procedimientos no se explica el cálculo de los mismos; vale la pena mencionar que el concepto y principio de éstos no varía respecto a los sistemas convencionales, tal como fue creado por Taylor y los esposos Gilbreth.

### 6.1 Nivel de trabajo en proceso

Esto es determinar la cantidad de prendas que se quiera tener en un módulo de producción, esto está relacionado con el cociente de respuesta:

NTP = Nivel de trabajo en proceso

CR = Cociente de respuesta

TE = Tiempo estándar

TP = Tiempo en proceso

E = Eficiencia

$$NTP = \frac{TP * E}{TE}$$

## **6.2 Procedimientos operativos**

### **6.2.1 Balance de línea**

Primero se define la secuencia de operaciones y el diagrama de proceso:

#### **6.2.1.1 Secuencia de operaciones**

Teniendo la prenda que se va a confeccionar, se procede a descomponerla en operaciones aplicando el principio de la división del trabajo<sup>29</sup>, esta se hace basándose en tipo de maquinaria, tipo de operación, tipo de puntadas, color de hilo, etcétera.

En Guatemala existen bastantes supervisores que sin tener el entrenamiento académico de estudios de tiempos y movimientos y análisis del proceso, pueden hacer la secuencia de operaciones con un poco de orientación.

#### **6.2.1.2 Diagramas del proceso**

Las primeras gráficas del proceso de los esposos Gilbreth tenían 40 símbolos para graficar las actividades, desde entonces la simbología ha venido disminuyendo; a continuación los símbolos básicos que se pueden aplicar:



Operación. Algo se hace que va transformando la materia prima.



Transporte. Movimiento de la materia prima durante el proceso en el sistema a tratar, hay que reducirlos al mínimo. Y siempre que se pueda debe ser mano a mano.



Inspección. Un examen para determinar la calidad. Los operarios hacen la inspección durante todo el proceso.

No se incluye la simbología de demora y almacenaje porque en el sistema modular ideal, no existen.

Después de haber ejecutado la secuencia<sup>30</sup> de operaciones se hace el diagrama de proceso, según la simbología anterior. Junto con la secuencia de operaciones se pone la siguiente información para cada operación:

- Número de operación
- Nombre de la operación

Con la información anterior podemos calcular el balance del módulo. Para éste cálculo se puede utilizar dos criterios:

- Calcular la producción sobre la base de un número de integrantes de módulo con pequeñas variaciones.
- Calcular la cantidad de operarios y máquinas basándose en una producción diaria establecida.

Se recomienda la primera porque ayuda a que los integrantes del módulo se conozcan mejor y están más unidos, esto favorece el trabajo en equipo.

Procedimiento:

En la tabla II (página 50) sumamos los Tiempos Estándar de todas las operaciones (**Tet**)

Tenemos la cantidad de operarios (**OP**)

Tenemos los minutos de la jornada de trabajo (**JT**)

**JT \* OP = Minutos disponibles**

$$\text{Producción Al 100\% de Efic.} = \frac{\text{JT * OP}}{\text{Tet}}$$

Proyectando una eficiencia para la producción (afecto a variables)

$$\text{Producción} = \frac{\text{JT * OP}}{\text{Tet}} * E$$

**Tet = Tiempo estándar total**

**OP = Cantidad de operarios**

**JT = Minutos jornada de trabajo**

**E = Eficiencia**

Esta producción es la que se utiliza como base para el cálculo de operarios por máquina como sigue:



Tenemos:

**TE = Tiempo estándar de la operación**

**P = Producción de Unidades esperada**

**E = Eficiencia esperada de la operación**

$$\text{Máq} = \frac{P * TE}{JT * E}$$

### **6.2.1.3 Índice de desocupación**

Al hacer el cálculo de puesto por operación raras veces nos da un número entero, esto quiere decir que queda un tiempo de ocio al asignar los puestos de trabajo.

La relación que existe entre el tiempo necesario para ejecutar una operación y los minutos sobrantes se le llama **índice de desocupación**, que depende de las siguientes variables:

- Cantidad de operarios asignados
- Producción diaria programada
- Eficiencia
- Combinación de operarios

Al variar los valores de éstas, el índice de desocupación aumenta o disminuye; el objetivo es tener un índice de desocupación mínimo.

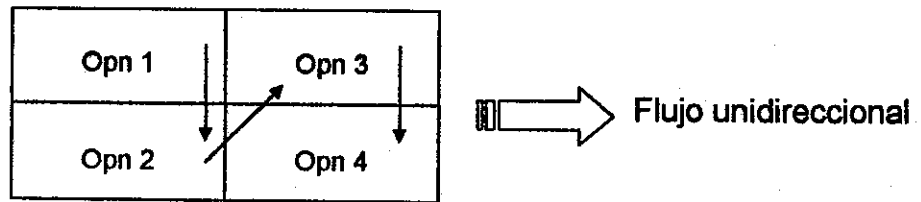
$$\text{Indice Desocupación (ID)} = \frac{\text{Minutos sobrantes}}{\text{Minutos Necesarios}} * 100$$

### 6.2.2 Distribución Lay-Out

La distribución de la maquinaria en planta debe ser tal que facilite el avance de las partes de la prenda mano a mano; es decir, máquinas pegadas, este tipo de distribución ayuda también al mejor aprovechamiento del espacio de la planta.

Las partes de la prenda deben seguir en la distribución de la maquinaria el Diagrama de Proceso, evitando el regreso del trabajo; el flujo debe ir siempre hacia delante, es decir hacia el producto terminado.<sup>31</sup>

**Figura 8. Flujo hacia adelante**



La distribución trata de maximizar el flujo de la producción y la eficiencia de la mano de obra, debe diseñarse para un esfuerzo mínimo y una conveniencia máxima; el producto y las herramientas deben colocarse de tal forma que el operario las tome con facilidad.

### **6.2.3 Trabajo en proceso**

Con el nivel de trabajo en proceso NTP (cantidad de prendas), para saber cuantas unidades se deben tener por máquina, se divide el NTP por el Número de máquinas.

### **6.3 Sistema de incentivos**

Existen varias opciones para el pago en el sistema modular, cualquier que sea el sistema adoptado debe ser basándose en conocimientos y polifuncionalidad.<sup>32</sup>

Una clasificación por categorías que pueden ser A, B, C, D, es recomendable, los criterios aplicados en esta clasificación por el autor es la siguiente:

#### **Operario Categoría A**

Es aquel que trabaja arriba de un 80% de eficiencia, dos o más tipos de máquinas, (polifuncional), trabaja con buena calidad, es colaborador y puntual.

#### **Operario Categoría B**

Es aquel que trabaja arriba de un 80% de eficiencia, una maquina en especial y no es muy eficiente en otra, trabaja con buena calidad, es colaborador y puntual.

### **Operario Categoría C**

Es el que trabaja arriba de un 60% de eficiencia, un tipo de máquina, trabaja con buena calidad, es colaborador y puntual.

### **Operario Categoría D**

Es aquel empleado que solamente sabe ejecutar operaciones de tipo manual con calidad, es colaborador y puntual.

A cada categoría se le asigna un sueldo base diferente, la clasificación no debe hacerse por afinidad ni por antigüedad, además del sueldo base se sugiere dar un incentivo a cada uno de los integrantes del módulo que esté en función del desempeño y las metas alcanzadas.

La cantidad monetaria para cada una de las partes del pago depende de cada empresa.

#### **6.3.1 Varias opciones**

- Salario base uniforme más incentivo variable según categoría del operario
- Salario base diferente según clasificación de categoría más incentivo uniforme
- Salario base uniforme más incentivo uniforme

### **6.3.2 Ventajas y desventajas**

#### **Salario base uniforme más incentivo variable según categoría del operario**

##### **Ventajas:**

- Existe incentivo para que los operarios mejoren de categoría.
- No existen variaciones en el salario base, para los cálculos de planilla.

##### **Desventajas:**

- El premio por meta alcanzada no es el mismo para cada uno de los integrantes del módulo.
- El diferente incentivo puede causar división entre los integrantes del módulo.

#### **Salario base diferente según clasificación de categoría más incentivo uniforme**

##### **Ventajas:**

- Existe incentivo para mejorar de categoría en los operarios.
- El incentivo es el mismo para todos los integrantes del módulo por meta alcanzada.

##### **Desventajas:**

- No permite el cambio de categorías hacia abajo.
- Los diferentes salarios base pueden causar división entre los integrantes del módulo.

## **Salario base uniforme más incentivo uniforme**

### **Ventajas:**

- Todos los integrantes del módulo devengan el mismo salario.
- Fácil cálculo de la planilla.

### **Desventajas:**

- No existe incentivo económico para los mejores operarios.
- No hay clasificación de categorías.
- No existe motivación económica para sobresalir entre los operarios.

El sistema de pago anterior es recomendable cuando el grupo de trabajo alcanza excelentes niveles de eficiencia (entre el 90% y 100%).

## **6.4 Elección de los integrantes del módulo**

El éxito que se tenga con la primera célula de trabajo facilitará la expansión del sistema a las demás áreas de la empresa, por lo cual es de suma importancia proveer de los mejores recursos y elementos a esta célula, hay que escoger a la mejor gente, algunos criterios para la selección del personal son:

- Puntualidad
- Responsabilidad
- Flexibilidad y actitud positiva
- Eficiencia
- Polifuncionalidad
- Habilidad

- Facilidad para trabajar en equipo
- Calidad con que realiza su trabajo

Además es conveniente proporcionar al módulo comodines o volantes para apoyar, balancear y cubrir ausencias, etcétera. Se recomienda poner un volante por cada 15 máquinas; las funciones y características de los volantes son las siguientes:

- **Poseer calidad**

El comodín debe poseer calidad en costura, esto quiere decir que no deberá haber en su trabajo costuras añadidas, costuras caídas, costuras torcidas, flojas, muy apretadas, etc.

Igualmente la calidad de trabajo en general deberá ser ejemplar cuidando la forma ordenada del flujo de trabajo, poniendo especial cuidado en la numeración correlativa al terminar su operación, cambios de tonalidad, etc.

- **Tener habilidad mayor de la normal**

Esto significa que su velocidad deberá ser mayor que la de un operario común, en cualquier operación a la que sea asignado, y en cualquier máquina: over lock, plana, collaretera, atracadora, ojal, etc.

La velocidad no deberá ser obstáculo para hacer mala calidad en su trabajo.

- **Saber ensamblar prendas completas**

El comodín deberá tener la capacidad de ensamblar su propia prenda, sea esta: vestido, falda o pantalón. Esto se requiere por varios motivos, entre estos: tener la capacidad y flexibilidad de moverse a cualquier operación y tener plena conciencia de las consecuencias de cualquier acción sobre la prenda.

- **Manejar todas las maquinas, especialmente plana y “over lock”**

La maquina más importante es la máquina plana, por lo que es imperativo que un comodín sepa a perfección su uso. Deberá tener capacidad y habilidad para el manejo de las demás maquinas: over, collaretera, ruedo invisible, ojal, atracadora, etc.

- **Deberá ser flexible para cambios inmediatos, cuando el supervisor lo requiera**

Tener la mentalidad abierta para cuando se le indique que debe movilizarse para otra máquina u operación. Es cualidad indispensable que todo comodín debe poseer sin argumento.

Se le recuerda que la mentalidad positiva para los cambios que el supervisor le asigne, es cualidad muy importante a ser tomada en cuenta por la supervisión.



- **Deberá saber las tolerancias y especificaciones con que se esta trabajando**

Informarse con el supervisor acerca de las tolerancias del estilo en proceso; es necesario que tenga la inquietud de conocer a perfección las tolerancias de trabajo con el objeto de mantener un estándar de calidad aceptable. Se le recuerda que un comodín debe tener la mejor calidad, de lo contrario de nada servirá la cantidad producida debido a su velocidad.

El comodín deberá asegurarse de estar trabajando bajo especificaciones cuando sea asignado a otra operación.

- **Deberá colaborar con el supervisor para hacer muestras**

Ya sea sábado, o después de la Jornada de trabajo.

En momentos en que el supervisor tenga mucho trabajo o no tenga tiempo para hacer una muestra, se le estará solicitando al comodín que avance o realice completamente la muestra.

Por la urgencia en que las muestras son solicitadas, muchas veces se tienen que realizar las mismas día sábado en la mañana o después del horario normal, por lo que se le solicitará al comodín que colabore con el supervisor para la elaboración de las mismas. El caso mencionado anteriormente es poco común, pero se hace la aclaración de que se necesitará la ayuda del comodín en estas situaciones.

- **Deberá ayudar al supervisor a balancear en puntos críticos**

El supervisor de la línea pedirá la ayuda del comodín que cambie de operación, ya sea porque las personas en esta operación no tengan la eficiencia o destreza necesaria para cumplir con el ritmo de producción o bien por falta de algún operario (despido, abandono, permiso, suspensión, etc.)

Es necesario que el comodín tenga la plena consciencia de que estará en el punto crítico de la línea o modulo, esto quiere decir que en la operación en que haya problemas el supervisor deberá movilizar al comodín para balancear con la línea.

- **Sustituirá la ausencia de un operario (faltas, bajas, suspensión o permiso)**

El comodín deberá sustituir al operario que por cualquier razón haya faltado, cubriendo o haciendo la operación que el operario faltante estaba haciendo.

**Nota:**

Todo cambio deberá hacerse a criterio del supervisor de línea, le dará la orden al comodín, el lugar u operación a donde se habrá de mover.

## **6.5 Entrenamiento de los integrantes del módulo**

Ya habiendo sido seleccionada la mejor gente hay que proceder al entrenamiento de ésta, explicar los objetivos del cambio, el porqué y los principios de la filosofía; Esto se realiza a través de conferencias participativas, carteles en la planta y reuniones periódicas de instrucción y de resolución de

problemas que se vayan presentando, se les explica que es lo que se espera de ellos y que es lo que pueden esperar de parte de la empresa.

Es importante que el proyecto cuente con un facilitador de tiempo completo que se dedique a asegurarse que se van alcanzando los objetivos planteados.

Para lograr que el grupo de trabajo funcione, los integrantes deben recibir instrucciones en equipo, y los supervisores en el área de liderazgo, relaciones interpersonales, manejo de reuniones, destrezas para negociar e influir y como promover el trabajo en equipo.<sup>33</sup>

## **6.6 Aspectos comunicacionales y de motivación**

Como se menciona en el capítulo 4, inciso 4.5, la motivación grupal de los integrantes del módulo, es importante para que estén unidos para enfrentar los problemas cotidianos.

Es importante conocer las necesidades de los empleados para así evaluar la creación de los satisfactores que sirven de motivación, éstos pueden ser de tipo: fisiológico, de seguridad, aceptación, de reconocimiento y de autorrealización.

La comunicación es adecuada y periódica utilizando los canales que mejor haga comprender el mensaje a enviar, la comunicación en su mayoría es verbal y en ambas vías (bilateral) entre los integrantes del módulo y el facilitador, éste debe tener la habilidad de hacer participar a la mayoría de los trabajadores para que expresen sus problemas y necesidades y sugieran soluciones.

La comunicación escrita es importante para establecer: metas u objetivos a alcanzar, así como el progreso diario del equipo de trabajo, también es importante tener por escrito la forma de pago, los criterios para evaluar al personal, y los compromisos de la gerencia tanto generales como los específicos que surgen en las reuniones grupales.

### **6.7 Lanzamiento de la unidad piloto**

Luego que los integrantes del módulo han sido entrenados e instruidos sobre conceptos como mejorar o hacer flujo, administración visual, el desperdicio, inventarios de trabajo en proceso, estimulados a trabajar en equipo para un mejoramiento continuo se hacen los cálculos técnicos según el tipo de prenda a confeccionar (Capítulo 6), y se pone en marcha el módulo piloto; hay que tomar en cuenta que la atención del resto de trabajadores estará puesta en el módulo, gran parte del éxito del sistema está en esta fase, por lo tanto no hay que escatimar esfuerzos para el éxito de éste módulo<sup>34</sup>.

### **6.8 Expansión a otros módulos**

La buena experiencia adquirida durante el montaje del primer módulo, la información y soluciones obtenidas de las reuniones periódicas con los integrantes del módulo, origina una mejor predisposición al cambio, facilitando la transición al nuevo sistema productivo.

La expansión ya es más fácil dado que tenemos la primera experiencia además de mostrar con resultados las ventajas, algo muy importante es que durante el cambio ambas partes, patrono y trabajador, salen ganando.

El hacer otro módulo se hace siguiendo los pasos que se dieron con el primero, fortaleciendo las áreas donde tuvimos buenas experiencias y desechando los errores.

## **6.9 Curva de rendimiento**

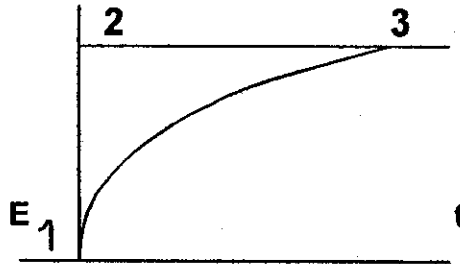
Los módulos de producción van mejorando su eficiencia desde que comienzan un contrato de producción hasta que lo terminan, este mejoramiento en la eficiencia puede ser influenciado por:

- Métodos eficientes
- Balance de línea bien calculado
- Dificultad de la prenda
- Tipo de material que se está trabajando
- Polifuncionalidad
- Habilidad de los operarios
- Conexión del trabajo en equipo
- Condiciones de trabajo
- Incentivos

Este es un proceso normal en el aprendizaje, los integrantes del módulo pueden aprender técnicas de labor en conjunto que incrementan la producción y pueden influenciar de forma radical el tiempo de terminación de una orden.

La eficiencia va mejorando conforme va pasando el tiempo, hasta alcanzar un nivel óptimo y estable como se puede observar en la siguiente gráfica:

**Figura 9. Curva de rendimiento**



El tiempo con que se alcance el nivel óptimo depende de cómo la fábrica maneje las variables anteriormente mencionada.

El área del triángulo 1 - 2 - 3 formado en la curva de aprendizaje representa una pérdida de producción al inicio, esto representa costo extra de mano de obra por unidad producida. Al aplicar la curva de aprendizaje o rendimiento, hay que tomar en cuenta que no todos los operarios comienzan en el mismo punto de la curva.<sup>35</sup>

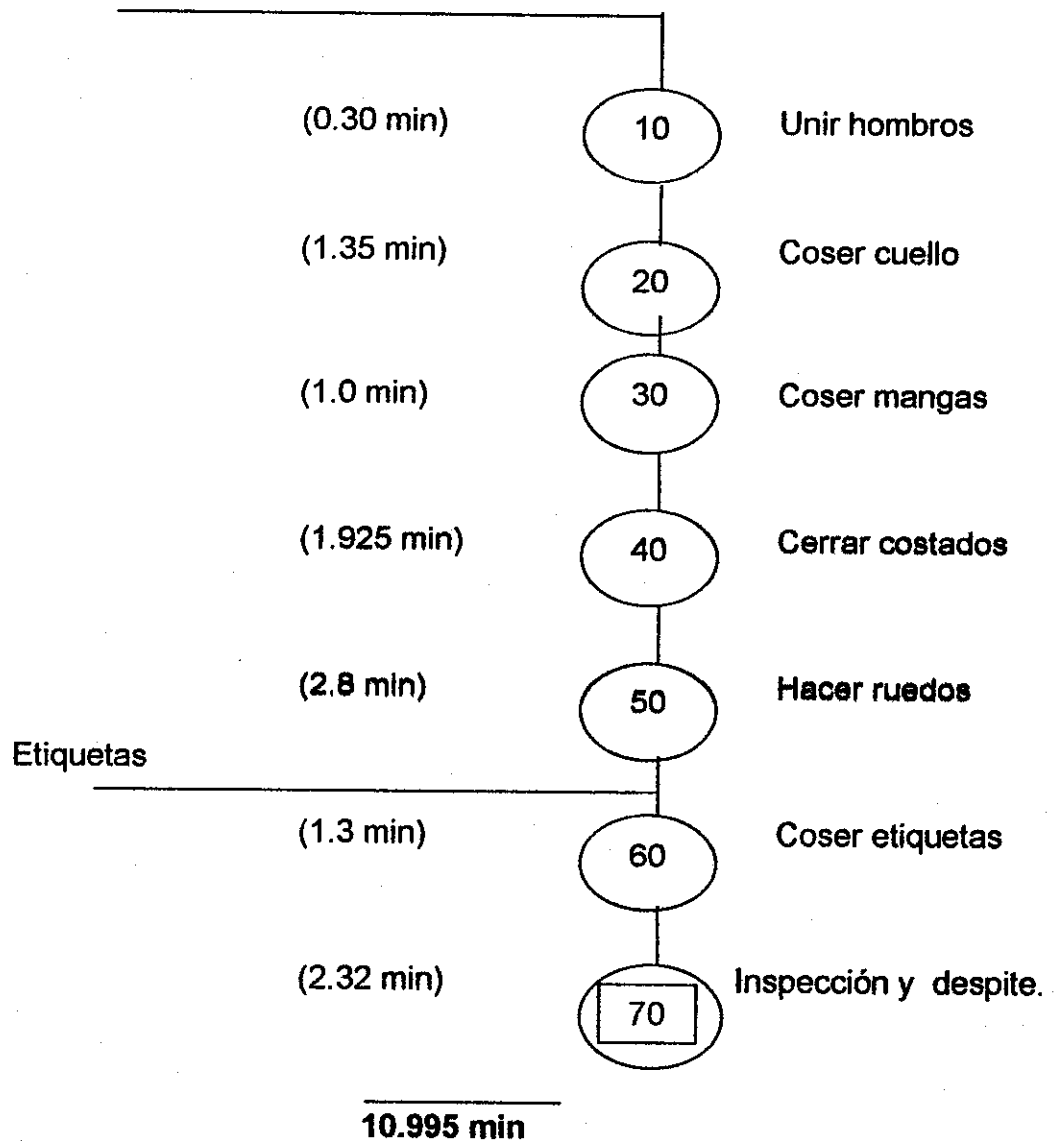
Las curvas de rendimiento nos ayudan a anticipar los niveles de producción, cuando éstos van mejorando debido a la experiencia y mejora de métodos.

## 7. EJEMPLO DE CÁLCULOS OPERATIVOS

### 7.1 Diagrama de operaciones

Estilo MNFP

Corte



## 7.2 "Secuencia de operaciones"

Estilo: MNFP

Descripción: Playera

**Tabla II. Secuencia de operaciones y tiempos estándar**

#	Operación	Máquina	T. Estándar
10	UNIR HOMBROS	OVER	0.3
20	COSER CUELLO	COLLARETE	1.35
30	COSER MANGAS	OVER	1
40	CERRAR COSTADOS	OVER	1.925
50	HACER RUEDO DE FONDO Y MANGAS	PLANA	2.8
60	COSER ETIQUETAS	PLANA	1.3
70	DESPIETE Y REVISION	MANUAL	2.32
<b>TOTAL</b>			<b>10.995</b>

Si la cantidad de integrantes de este modulo es de 10 operarios y la jornada de trabajo es de 495 minutos entonces tiene  $495 * 10 = 4,950$  minutos disponibles. Los 495 minutos se calculan de la siguiente forma: en una jornada ordinaria de 9 horas con un horario de 7:00 a 16:00 horas, concediendo un tiempo de almuerzo de 30 minutos y de 15 minutos para la refacción, entonces convirtiendo las 9 horas a minutos es igual decir  $9 \text{ hrs} * 60 \text{ min/hora} = 540$  minutos, restando los tiempos de refacción y almuerzo quedan  $540 \text{ min} - 30 \text{ min} - 15 \text{ min} = 495$  minutos.



La producción a un 100% de eficiencia sería de  $4950 / 10.995 = 450$  unidades. Se proyecta una eficiencia del 75% para el balance  $.75 * 450 = 338$  unidades / día para la operación 10 sería:

TE = 0.3 minutos

P = 338 unidades

E = 0.75 (la eficiencia puede ser variable en cada operación según sea la dificultad de la operación y habilidad del operario, en este ejemplo será considerada constante). La eficiencia debe mejorar con el tiempo según una curva de rendimiento, como se menciona en el capítulo 6 inciso 6.9. Para este ejemplo se utiliza la tabla siguiente:

**Tabla III. Rendimiento esperado**

<b>Día</b>	<b>Eficiencia</b>
1	30%
2	40%
3	50%
4	60%
5	65%
6	70%
7	75%
8	80%
9	85%
10	90%
11	95%
12	100%
13	100%
14	100%
15	100%
16	90%
17	95%
18	100%
19	100%
20	100%

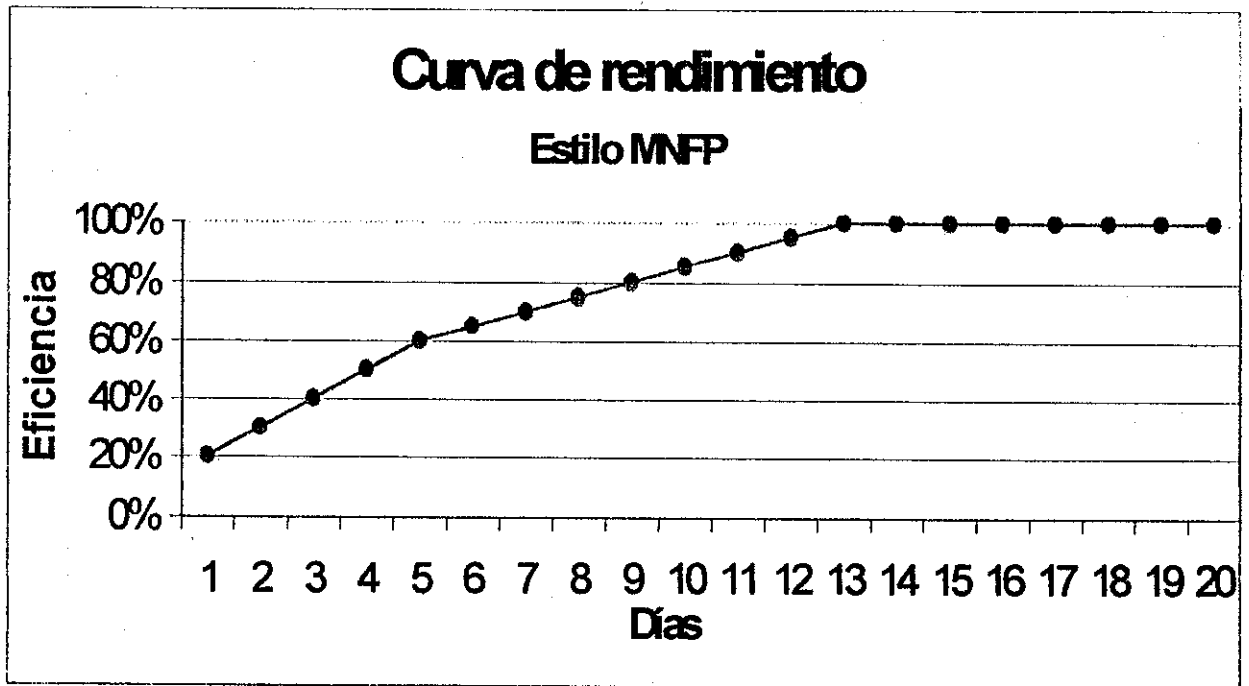


Figura 10. Curva de rendimiento

$$Q = P * TE / JT * E = 338 * 3 / 495 * 0.75 = 0.2731$$

Siguiendo el mismo procedimiento con las otras operaciones y agregándolas al cuadro.

### 7.3 Balance de línea

P = 338 unidades / día

0.75 eficiencia.

**Tabla IV. Balance de línea**

#	OPERACIÓN	MAQUINA	T. ESTD	PUESTOS TEORICOS	PUESTO REALES	CANTIDAD MAQUINAS
10	UNIR HOMBROS	OVER	0.3	0.2731313	A	1
20	COSER CUELLO	COLLARETE	1.35	1.2290909	1 + 1 A	2
30	COSER MANGAS	OVER	1	0.9104377	1	1
40	CERRAR COSTADOS	OVER	1.925	1.7525962	2	2
50	HACER RUEDO DE FONDO Y MANGAS	PLANA	2.8	2.5492256	2 + 1B	3
60	COSER ETIQUETAS	PLANA	1.3	1.183569	1 + B	2
70	DESPITE Y REVISION	MANUAL	2.32	2.1122155	3	3
	<b>TOTAL</b>		<b>10.995</b>	<b>10.010263</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

El balance nos da un total de doce operarios, la letra indica en la operación 10, que uno de los operarios de la operación 20 también hace la 10, la cantidad de producción para esta cantidad de operarios al 75% de eficiencia sería:  $495 \times 12 = 5,940$  minutos disponibles /  $10.995 = 540$  unidades \*  $0.75 = 405$  unidades. (Notar que la producción esperada varia debido a la cantidad de operarios asignados y la eficiencia proyectada)

#### 7.4 Índice de desocupación

Antes de hacer la distribución Lay-out de la planta, se procede a calcular el índice de desocupación, se calculan los minutos necesarios por operación: operación 10,  $0.3 \times 405 / 0.75 = 162$  minutos y luego los minutos sobrantes; en este caso como la operación esta combinada con la operación 20, los minutos necesarios en la operación 20 son:  $1.35 \times 405 / 0.75 = 729$  minutos, el total de minutos necesarios es:  $162 + 729 = 891$  minutos y como se asignó dos operarios  $2 \times 495 = 990$  minutos,  $990 \text{ min} - 891 \text{ min} = 99$  minutos, de la

misma forma para las otras operaciones, el índice de desocupación se calcula dividiendo los minutos sobrantes entre los minutos necesarios y multiplicado por 100, para la operación 20 sería  $99/(162+729)*100=11.1111$  como en la siguiente tabla:

**Tabla V. Índice de desocupación**

ESTILO: MNFP

405 UNID/DIA

No.	OPERACIÓN	MAQUINA	T. ESTAND	MIN.	PUESTOS	PUESTOS	MIN.	CANT.	INDICE
				NEC.	TEORICOS	REALES	SOBRAN- TES	MAQ.	DESOCUP.
10	UNIR HOMBROS	OVER	0.3	162	0.327273	A	0	1	0
20	COSER CUELLO	COLLARETE	1.35	729	1.472727	1+1A	99	2	11.111111
30	COSER MANGAS	OVER	1	540	1.090909	1	-45	1	-8.333333
40	CERRAR COSTADOS	OVER	1.925	1039.5	2.100000	2	-49	2	-4.713805
50	HACER RUEDO DE FONDO Y MANGAS	PLANA	2.8	1512	3.054545	3	-27	3	-1.785714
60	COSER ETIQUETAS	PLANA	1.3	702	1.418182	1+B	0	1	0.000000
70	DESPITE Y REVISION	MANUAL	2.32	1252.8	2.530909	2+1B	25.2	1	1.289134
	<b>TOTAL</b>		<b>10.995</b>	<b>5937.3</b>	<b>11.994545</b>	<b>12</b>	<b>124.2</b>	<b>11</b>	<b>2.091860</b>

El índice de desocupación total para este balance es de un 2.09% el cual es bueno si se toma como criterio que un índice de desocupación debajo de un 10%, es aceptable.

Para mejorar el balance tenemos las siguientes opciones:

- Trabajar métodos especialmente en las operaciones 30, 40, 50, para mejorar la eficiencia en la operación 30 a un 82%, 40 a un 78% y la 50 a un 77%.
- Turnarse con los volantes a la hora de almuerzo o refacción para cubrir las prendas que faltan.

- Hacer nuevas combinaciones de operaciones donde sea posible.
- Agregar maquinas con operario pero ésto aumenta el índice de desocupación.

En este caso se asume que sí es posible mejorar la eficiencia en las operaciones mencionadas.

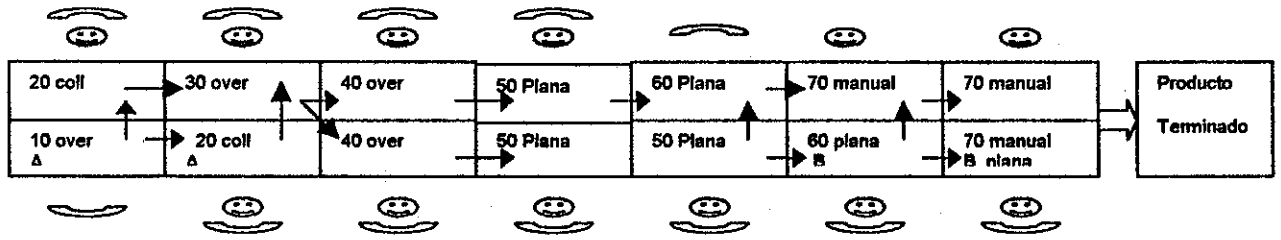
### **7.5 Cociente de respuesta**

Si el tiempo estándar de la prenda es de 10.995 trabajando a un 75% de eficiencia el tiempo necesario para confeccionar una prenda es de  $10.995 / 0.75 = 14.66$  minutos ya teniendo la línea produciendo y si el tiempo desde que una prenda ingresa a la primera operación, hasta que esta es totalmente confeccionada; dándole un proceso normal este sería de una hora, entonces el cociente de respuesta es de  $60 / 14.66 = 4.09$ . Que según el criterio expuesto en el Capítulo 2, inciso 2.9 páginas No.20, cae en la categoría de bueno.

### **7.6 Distribución de maquinaria o distribución LAY - OUT**

Estilo:	MNFP
Línea modular:	Ejemplo
Producción esperada al 75% de eficiencia:	405 prendas
Producción esperada al 100% de eficiencia:	540 prendas
Dotación:	12 operarios
Índice de desocupación:	4.08%

**Figura 11. Distribución de maquinaria**



## **CONCLUSIONES**

1. **Es sistema modular se adapta mejor a las exigencias actuales del mercado.**
2. **Se cuantifican suficientes elementos para valuar el cambio de sistema convencional a sistema modular. Estos elementos son:**
  - **Mejor eficiencia**
  - **Mejor calidad**
  - **Cumplimiento de fechas de entrega**
  - **Flexibilidad**
  - **Respuesta rápida**
3. **Se presentan las herramientas necesarias como son: análisis de operaciones, secuencias de operaciones, balances de línea, índice de desocupación, cociente de respuesta, distribución de maquinaria en planta, las cuales son suficientes para servir de apoyo a la Industria que ya está trabajando en el sistema.**
4. **Las empresas de confección con perfil competitivo, en la actualidad, son las que trabajan con calidad, cumplen con fecha de entrega, son eficientes, flexibles, tienen buena práctica de las relaciones humanas y se adaptan a las exigencias del mercado.**

5. Para las empresas que instalarán el sistema modular, deben considerar los lineamientos técnicos y filosóficos indicados en la conclusión No. 3 para el buen funcionamiento del mismo.
6. El tener un cociente de respuesta bajo es índice de una respuesta rápida de la línea, además de indicarnos que no hay acumulaciones en el proceso, el módulo es eficiente.
7. Los inventarios en proceso originan problemas de calidad, entrega y control.
8. Hay que ver los inventarios en proceso como un problema, no como una solución.
9. La comunicación es parte importante del sistema modular.
10. La producción modular es más flexible que la tradicional.



## RECOMENDACIONES

1. Que las empresas que estén proyectando instalar el sistema modular, se preparen en todos los aspectos: forma de pago, definición de categorías, reuniones grupales, sistema de producción, índice de desocupación, estimular la polifuncionalidad y motivación para no fracasar en la instalación.
2. Seleccionar para el primer módulo a la mejor gente y equipo.
3. Que se capacite a los mandos medios antes de iniciar la instalación del sistema.
4. Planificar la producción a los módulos por familias de estilos; es decir, en lo posible asignar a un módulo solo pantalones, a otro playeras, a otro faldas, etcétera.
5. No iniciar el sistema si no se está seguro de su funcionamiento y de los resultados que se obtendrán.
6. Llevar registros de calidad y producción que muestren el progreso.
7. Establecer mejoras aunque sean pequeñas pero siempre continuas.
8. Mantener la comunicación con todos los niveles de la compañía.
9. Ver al operario como fuente de soluciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 De Galiana Mingot, Tomás. **Pequeño Larousse de ciencias y técnicas.** (México; Editorial Larousse, 1,990) Pág.696
- 2 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo.** (Cuarta Impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Pág. 30
- 3 H.L.R. Consultores. **Manufactura Modular.** (Corrientes 4149 – 126 (1195), Buenos Aires. República Argentina) Pág. 3
- 4 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo.** (Cuarta impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Pág. 6
- 5 H.L.R. Consultores. **Manufactura Modular.** (Corrientes 4149 – 126 (1195), Buenos Aires. República Argentina) Pág. 7
- 6 Idem. Pág. 10
- 7 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo.** (Cuarta Impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Pág. 29
- 8 Idem. Pág. 20
- 9 Ibidem. Pág. 30-31
- 10 Ibidem. Pág. 34
- 11 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial**(Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 El Paso, Texas 79902) Pág. III-22
- 12 Statical Quality Control Handbook. Pág. 217
- 13 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo.** (Cuarta impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Pág. 51
- 14 Idem. Pág. 59
- 15 Ibidem. Pág. 116
- 16 Ibidem. Pág. 197

- 17 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial** (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 El Paso, Texas 79902) Pág. II-21
- 18 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial** (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 El Paso, Texas 79902) Pág. II-36
- 19 Peters, Thomas J. y Waterman, Robert H., Jr. **En busca de la excelencia.** (Séptima reimpresión, Colombia; Editorial Norma, 1,984) Pág. 13
- 20 Idem. Pág. 154
- 21 Ibídem. Pág. 155
- 22 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial.** (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 el Paso, Texas 79902) Pág. III-22
- 23 Idem. Pág. III-23
- 24 H.L.R. Consultores. **Manufactura Modular.** (Corrientes 4149 - 126 (1195), Buenos Aires. República Argentina) Pág. 33
- 25 Peters, Thomas J. y Waterman, Robert H., Jr. **En busca de la excelencia.** (Séptima reimpresión, Colombia; Editorial Norma, 1,984) Pág. 5
- 26 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial .** (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 el Paso, Texas 79902) Páginas III-44 y III-47
- 27 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo.** (Cuarta impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Pág. 230
- 28 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial.** (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 el Paso, Texas 79902.) Pág. IV-4
- 29 Riggs, Hames L. **Sistemas de producción, planeación, análisis y control.** (Tercera edición, México; Editorial Limusa, 1,997.) Pág. 289
- 30 Idem. Pág. 294
- 31 Ibídem. Páginas 260 y 263
- 32 Idem. Pág. III-50

- 33 Hay, Edward J. **Justo a Tiempo**. (Cuarta impresión, Colombia; Editorial Norma, 1,991) Páginas 218-229 y 230
- 34 Villeda, Ramiro. **Manufactura de clase mundial**. (Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 el Paso, Texas 79902)Pág. IV-2
- 35 *Ibidem*. Páginas 526 y 530

## BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA Pelayo, Ramón y Gross. **Pequeño Larousse Ilustrado**. Décimo Novena Edición. Cuarta impresión, México: Editorial Larousse, 1,995
2. HAY, Edward J. **Justo a Tiempo**. Cuarta impresión, Colombia: Editorial Norma, 1,991
3. H.L.R. Consultores. **Manufactura Modular**. Corrientes 4149 – 126 (1195) Buenos Aires. República Argentina
4. PETERS, Thomas J. y Waterman, Robert H., Jr. **En busca de la excelencia**. Séptima reimpresión, Colombia: Editorial Norma, 1,994
5. RIGGS, Hames L. **Sistemas de producción, planeación, análisis y control**. Tercera Edición, México: Editorial Limusa, 1,997
6. SCHONBERGER, Richard J. **Manufactura de categoría mundial**. Segunda impresión, Colombia: Editorial Norma, 1,992
7. VILLEDA, Ramiro. **Manufactura de clase mundial**. Ph. D., CPIM 4171 N. Mesa, Building B, Suite 263 El Paso, Texas 79902