

300617  
26  
24



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

---

## LA SIMPLIFICACION DE OPERACIONES EN LA PLANTA INDUSTRIAL COMO MEDIO PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

T E S I S   P R O F E S I O N A L  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
Area Principal Eléctrica  
P R E S E N T A :  
GUILLERMO L GUALINO CARDENAS

Director de Tesls:  
Ing. José Manuel Cajigas Roncero

México, D.F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1993



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

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

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

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

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. SIMPLIFICACION Y PRODUCTIVIDAD.</b>	<b>5</b>
I.1 ORGANIZACION DE LA GRANDEZA.	6
I.2 LA NUEVA ORGANIZACION DE LA FABRICA.	12
I.3 LA ADMINISTRACION DE MATERIALES.	18
I.4 JUST-IN-TIME A TRAVES DE LA SIMPLIFICACION.	24
<b>CAPITULO II. DISTRIBUCION Y SIMPLIFICACION DE FLUJOS.</b>	<b>29</b>
II.1 LA DISTRIBUCION FISICA DE LA PLANTA.	30
II.2 ORGANIZACION DE LAS SUBPLANTAS.	36
II.3 SIMPLIFICACION DE FLUJOS.	40
II.4 UBICACION DE PROCESOS.	45
<b>CAPITULO III. LA SIMPLIFICACION DE LAS OPERACIONES DE MANUFACTURA Y ENSAMBLE.</b>	<b>47</b>
III.1 EL NUEVO SISTEMA DE MANUFACTURA.	48
III.2 CENTROS FUNCIONALES.	52
III.3 CELULAS DE FABRICACION.	58
III.4 CELULAS DE ENSAMBLE.	63
III.5 CONEXION ENTRE CELULAS.	70

<b>CAPITULO IV. CONTROL DE INVENTARIOS Y ALMACENAMIENTO.</b>	<b>73</b>
<b>IV.1 INVENTARIOS Y ALMACENES.</b>	<b>74</b>
<b>IV.2 SISTEMA KANBAN.</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>92</b>

## INTRODUCCION

Un país que tiene como objetivo principal mejorar su productividad, debe de comenzar por sus unidades económicas básicas; en este contexto, la industria es el sector económico más importante en el desarrollo y crecimiento de un país. La capacidad industrial de una nación es su principal fuente de riqueza y desarrollo.

En la última década se ha observado un estado de decaimiento en las industrias occidentales, prueba de ello son las noticias publicadas sobre el tema hasta la fecha, que señalan y analizan las pérdidas de mercados (ganados por los orientales), el cierre de fábricas y el desempleo generado. Quizá la causa principal hasta ahora identificada de esta crisis, es la forma actual de operar de las empresas industriales basada en ideas erróneas y obsoletas del pasado.

Hoy en día, la industria debe de responder a las exigencias actuales de un mercado más competido, con nuevos principios y filosofías de producción. En las décadas de los 60 y 70's , la solución preferida para obtener un incremento en la productividad consistía en disminuir los costos de mano de obra directa y mantener altos niveles de existencias para poder responder a los

clientes. El problema de estas medidas es que la reducción de costos por mano de obra significaba simplemente librarse de la gente, aún cuando estos representan una pequeña parte de los costos totales, mientras que los inventarios altos no solo incurren en gastos mayores, sino que también ocultan una multitud de problemas diferentes que afectan desfavorablemente a las necesidades de los clientes

Actualmente, las industrias occidentales han sido influenciadas por los métodos y técnicas de producción experimentadas en el Japón, así, estas han logrado reducir el índice de defectos a no menos de la décima parte, han disminuido en un veinte por ciento los tiempos de fabricación y han triplicado los volúmenes de producción en la mitad del espacio dedicado a la planta; simplificando, racionalizando y automatizando las operaciones.

Las economías de los países tienden a globalizarse y a romper con las fronteras que las mantienen aisladas. Las alianzas y tratados económicos entre naciones obligarán a las industrias a buscar los mercados mundiales a través de productos de alta calidad con el mejor precio.

El precio del producto es una medida real de la productividad de una empresa, así, las variables

convencionales ( horas-hombre / unidad producida, costo / unidad producida, etc.) no son siempre válidas para evaluar la productividad y competitividad de una empresa con respecto a otra en algún otro lugar del mundo; de esta manera, un fabricante que solo ensambla un producto tiene costos de nómina más bajos que el fabricante que produce componentes y ensambla el producto terminado, y sin embargo, el primero puede colocar en el mercado un producto de precio más alto que el segundo; entonces, el cliente que tiene que decidir entre productos competitivos de igual tipo, elegirá aquel que tiene el precio de suministro más bajo sin preocuparse por el costo del fabricante. Mientras el comercio internacional no se regule y siga predominando la dura competencia mundial, el precio de mercado será la única medida práctica de productividad para los fabricantes de productos del mismo tipo.

En este trabajo, se propone simplificar todas las operaciones inherentes al sistema de manufactura de la fábrica de productos altamente estandarizados, con el objetivo de obtener importantes mejoras en el nivel de productividad de la fábrica, eliminando o reduciendo ampliamente las tareas que no añaden valor al producto, haciéndolo altamente competitivo en precio.

La estrategia que se plantea en este trabajo es la

implementación de pequeñas "fábricas" orientadas a producto (o producto y proceso) dentro de la fábrica, con el fin de simplificar los flujos y hacer más sencillas las operaciones.

La simplificación es requisito necesario para mantener la flexibilidad en un mundo constantemente dinámico y cambiante. La capacidad de rápida respuesta a los cambios, atributo principal de la flexibilidad, permitirá a las industrias adaptar sus sistemas de producción a las nuevas exigencias del mercado consumidor

En una fábrica simplificada es en donde la tecnología y los métodos modernos de fabricación logran su máximo potencial.

## **I. SIMPLIFICACION Y PRODUCTIVIDAD**

## I.1 ORGANIZACION DE LA GRANDEZA

Los métodos de trabajo, los equipos, la organización y el entorno general de una empresa industrial, han alcanzado un alto nivel de complejidad.

Desafortunadamente, la grandeza lleva consigo la complejidad; y la mayoría de las organizaciones industriales responden a la complejidad con soluciones de la misma naturaleza, creando estructuras y sistemas confusos y dificultosos. Por otra parte, para que una organización funcione eficazmente es necesario que todo sea de fácil comprensión para las gentes que efectúan todas las funciones y operaciones. Para esto se requiere que se conserve la sencillez.

La matriz ha sido tradicionalmente, la manera de organizar entidades de gran tamaño, sin embargo, no es la solución óptima que responde a la grandeza de una industria. El problema más crítico de la disposición matricial, es poner todo de algún modo subordinado a todo lo demás, en ese momento la organización se paraliza porque no se encuentran claramente las prioridades y se entorpece el manejo logístico de los recursos.

Un sistema constituido de una estructura sencilla,

no requiere de grandes recursos integrales que centralicen sus funciones operativas como lo hace una entidad matricial. Una matriz coordina funciones comunes de una organización de gran magnitud, creando una estructura de organización complicada y de magnitudes equivalentes a la de la empresa; sacrificando de este modo:

- Eficiencia.
- Innovación periódica.
- Capacidad rápida de respuesta (flexibilidad).

La pequeñez se considera un requisito indispensable para conservar la adaptabilidad y el precio que se puede pagar es alguna pérdida ocasional de eficiencia. Sin embargo, la organización configurada de manera más simple es más productiva porque no se derrochan recursos y porque las estructuras sencillas son más fácilmente adaptables al cambio que las que son enormemente grandes y complejas. La simplificación de operaciones y de la organización en la fábrica, optimiza recursos y produce cuantificables mejoras en la productividad.

Cualquier empresa industrial tiene como objetivo: mejorar su productividad a fin que le permita ser más competitiva y crecer prósperamente. Para ello, la empresa debe cumplir con las expectativas que le exige el

mercado; fabricar los productos que el consumidor desea, en los plazos, al precio y con el nivel de calidad que requiere. Sin embargo, la industria tradicional no tiene la suficiente capacidad para satisfacer todos estos requerimientos; se derrochan recursos humanos, tiempo, materiales, espacio y maquinaria sin llegar a producir con calidad.

La industria tradicional necesita recuperar su competitividad dentro de un ambiente industrial mundialmente más agresivo. Ha sido común durante años, el tratar de combatir los efectos y no atacar las causas que originan sus desventajas.

El principal motivo que frena los objetivos de competitividad dentro de la empresa, es el grado extraordinario de complejidad que llena el entorno de su organización. Esta es la causa sobre la cual se deberá de actuar sin restricciones y cuya modificación o supresión de la misma, permitirá una mejora en la funcionalidad y en la eficacia de la empresa. La simplificación es el secreto más importante para una fabricación más productiva.

Todas las empresas industriales, independientemente de su tamaño, se ven obligadas a innovar continuamente, a renovar metodologías y a introducir rápidamente mejoras

en la productividad y calidad. Cada década tiene un espíritu cambiante dentro de la industria: En los 70's fue la obsesión por aumentar las ventas; en los 80's, por reducir los costos, y en los 90's será por lograr la calidad total.

Actualmente, el éxito de una empresa industrial se sustenta en un conjunto de principios, conceptos, políticas y técnicas de administración que simplifican, racionalizan y automatizan sus operaciones. Se reducen el número de defectos y los tiempos de fabricación, se incrementan los volúmenes de producción en el mínimo espacio dedicado a la fábrica y se suprimen las tareas redundantes. De esta forma se obtienen mejoras sensibles en la productividad y calidad.

La competitividad ya no esta basada solo en los costos de producción y precios de ventas; también, la ventaja competitiva no será para quien disponga de más tecnología, sino para quién la utilice mejor y produzca con mejor calidad.

La calidad se puede entender como la satisfacción completa de las expectativas del cliente en cuanto a diseño, funcionamiento, servicio y atención postventa. En una empresa industrial, la calidad es el principal objetivo para ser competitivos y altamente productivos.

La calidad en el sistema productivo se comprende de tres partes:

- Calidad del diseño. Condiciones que debe reunir el producto para satisfacer las expectativas del mercado.
- Calidad de fabricación. Elaboración de productos según las características identificadas en el diseño; sin fallos ni errores.
- Calidad comercial. Relación calidad-precio y atención postventa.

En una fábrica simplificada es en donde la tecnología logra todo su potencial, y por lo tanto, es menor la inversión a realizar. Mediante la utilización de nuevas tecnologías se persigue lograr:

- Reducir el plazo de desarrollo y lanzamientos de nuevos productos.
- Mejorar la calidad.
- Reducir costos de los productos.
- Reducir costos de desarrollo de productos y

procesos.

- Reducir el costo de producción.

Los procesos de fabricación están forzados a tener menos duración para aumentar la flexibilidad, y de esta forma, adaptar la producción con un mínimo de existencias o inventarios. La simplificación dentro de cualquier estructura organizacional, tiene como principal meta, lograr la flexibilidad en la toma de decisiones que le permita alcanzar los niveles de calidad y productividad que persigue la propia organización.

## I.2 LA NUEVA ORGANIZACION DE LA FABRICA.

Cuando una fábrica se expande encuentra nuevas necesidades o exigencias, viejos requerimientos son cambiados y nuevos procedimientos y funciones son adicionadas. Como resultado de su evolución, la planta tiene la oportunidad de mejorar significativamente para lograr resultados destacados, integrando y optimizando procedimientos y procesos. Esto lleva implícito conservar la simplicidad de sus estructuras organizativas.

A partir de que las fábricas pequeñas son en la mayoría de los casos más productivas que las grandes; se reorganizarán las plantas ya existentes en múltiples y pequeñas "fábricas dentro de la fábrica" como una acción importante para lograr los objetivos de integración conservando sencillez y mejorando la productividad. En las plantas de grandes dimensiones se organizarán nuevas "fábricas" o subplantas del menor tamaño práctico posible; estas compactas unidades de fabricación se constituirán en paralelo con las familias de los diferentes productos. A través de la organización de subplantas, una fábrica grande puede ser tan productiva como una de pequeño tamaño.

Una fábrica de dimensiones reducidas que produce un solo tipo de producto, tiene una sencilla estructura organizacional que permite que las operaciones sean más simples y poco costosas. Así, las subplantas orientadas por producto serán mucho más eficientes que las orientadas según proceso, pues en una subplanta de producto, el responsable puede tener la autoridad de controlar todos los aspectos de la producción, incluyendo los costos, los planes de trabajo y la calidad; también en algunos casos, la responsabilidad por producto puede abarcar todos los procesos de la fabricación, sin embargo, a medida que crecen las fábricas, la tendencia en la organización va dirigida a integrar según proceso y no por producto. Una de las razones más fuertes de esto, es la incompatibilidad que hay en los tiempos de acabado de componentes y montajes; además, algunos procesos de fabricación dentro de la planta son costosos y por la misma razón, comunes para distintas familias de productos.

Diversos criterios determinan la formación de subplantas organizadas por producto o por proceso. Si en una fábrica grande no existen suficientes máquinas, el factor determinante para la disposición conveniente de un proceso dentro de una subplanta de producto es el equilibrio entre sus capacidades y velocidades.

Si existe compatibilidad entre los tiempos de proceso y ensamble, la integración por producto es la más factible; de otra manera, si por ejemplo, existe una máquina que tiene la capacidad de producir 10 componentes por minuto y la cadena de montaje usa dos unidades en el mismo tiempo, probablemente no será conveniente integrar la máquina y la cadena en una subplanta de producto, dado que la velocidad de la máquina es 5 veces más grande que la de la cadena, por lo tanto, la máquina tendrá un rendimiento de solo el 20 %. Si por el contrario, en la planta hay suficientes máquinas, esta demanda del 20 % podría ser única y en cuyo caso sería más práctico tener una máquina para cada familia de producto.

Tener una máquina en cada subplanta de producto representa una alta inversión para la empresa, sin embargo, existen muchos ahorros derivados de invertir en ellas, se maximiza la sincronización de cada proceso y se evita el grave riesgo de parar totalmente la actividad productiva si surge una avería en la máquina.

Cabe señalar que el tipo de industria al que se refiere este trabajo, es aquella en el que su sistema de producción se centra en la elaboración de productos altamente estandarizados, y no al de especialmente diseñados a las especificaciones y necesidades del cliente (fig 1).

## DIFERENCIAS ENTRE INDUSTRIAS ORIENTADAS A PRODUCTO Y PROCESO

PROCESO	PRODUCTO
- Organización centralizada	- Organización por producto
- Cantidad de empleados relativamente grande	- Cantidad de empleados relativamente pequeña
- Ritmo de producción relativamente bajo por unidad de espacio	- Utilización adecuada de espacio, ritmo alto de producción por unidad de espacio
- Altos costos de manejo de materiales	- Bajos costos de manejo de materiales
- Compras e inventarios centralizados.	- Compras e inventarios para cada grupo de productos.
- productos sobre diseño	

Figura 1.

Un producto altamente estandarizado es aquel que está disponible cuando se requiere y la naturaleza de su demanda (continua) hace que su disponibilidad y precio sean importantes elementos dentro de su estrategia competitiva. Las distribuciones de subplantas orientadas al producto se adopta cuando se fabrica un producto estandarizado, por lo común en gran volumen. Cada una de las unidades en producción requiere de la misma secuencia de operaciones de principio a fin; en una distribución orientada al producto los centros de trabajo y los equipos respectivos quedan por lo tanto, alineados físicamente para encadenar las operaciones que habrán de originar la fabricación progresiva del producto o familia de productos.

Un sistema orientado a proceso es más adecuado cuando los productos no son estandarizados, sino por el contrario, se diseñan de acuerdo a especificaciones particulares y por lo tanto no están disponibles siempre porque son únicos en su clase. La organización en plantas por proceso permite que el flujo de los materiales procesados en el sistema, sea determinado por los requerimientos individuales del producto sobre diseño, y que cada componente fluya de un proceso al próximo, de manera discontinua debido a su tipo de demanda (discontinua).

Una disposición de subplantas organizadas por proceso permite que el sistema orientado a proceso con demanda discontinua, sea flexible a los requerimientos de producto sobre diseño y que cada subplanta y sus facilidades sean usadas como requieran las órdenes del cliente.

Sin embargo, no se pueden dictar reglas generales para la formación del tipo de subplantas (orientadas a producto o a proceso), pues cada industria tiene requerimientos diferentes; pero sí se pueden establecer criterios que determinan la viabilidad de organizar subplantas por producto o por producto y proceso :

- Equilibrio de velocidades y capacidades entre procesos y montajes.
- Cantidad de maquinaria disponible en la planta.
- Inversión y rentabilidad de la maquinaria.
- Cantidades de materia prima común entre familias de productos.

La decisión final persiguirá acercarse a la forma más simple de producción : "La fábrica pequeña de un solo producto".

### I.3 LA ADMINISTRACION DE MATERIALES

En una fábrica pequeña, la administración de materiales tiene una manera muy sencilla de operar; el proceso de recepción, almacenamiento y expedición de materiales es poco costoso y muy simple. Inmediatamente que se reciben los materiales y componentes, se trasladan y almacenan muy cerca del proceso en que se utilizan. De esta forma los trabajadores responsables del proceso y montaje tienen los materiales a la mano, controlan su disponibilidad y comunican al jefe de planta de los posibles faltantes.

Cuando una fábrica crece, también aumenta el número de materiales y componentes necesarios para los procesos y montajes, por lo tanto, se requiere de bastante personal para controlar el inventario, hacer los pedidos y distribuir el material dentro de la planta, además, desarrollar nuevos sistemas para el control en el almacenamiento de materiales; de este modo, producción ya no tiene disponibilidad inmediata de la materia prima, ahora tiene que solicitarla al almacén, burocratizando la función del almacén. Todo esto incurre en altos costos y en un fuerte incremento de la inversión.

A través de la organización de la fábrica en

subplantas es posible volver a las sencillas y económicas operaciones de administración de materiales de la fábrica pequeña. En una fábrica como se muestra en la figura 2 , cada subplanta tiene una area de recepción y almacenamiento de materiales, de expedición, y de recepción de componentes y materiales comunes. En Japón no hay necesidad de esta última area, pero en Occidente, por el momento es difícil que el productor negocie con su proveedor entregas de componentes comunes a cada subplanta de producto sin incurrir en costos adicionales.

En una fábrica grande que centraliza todas las funciones e integra procesos comunes para diferentes productos; la administración de materiales llega a tener una estructura muy compleja. En la figura 3 se muestra la forma tradicional en la que se organiza la administración de materiales de una empresa industrial. Este tipo de estructura tiene inconveniente que la responsabilidad del rendimiento total de la fábrica está dividida entre operaciones de la planta y la administración de materiales.

Para cada uno de estos departamentos es muy difícil establecer un perfecto control entre sus subdepartamentos, y más aún en llegar a tener una perfecta coordinación entre ambos; requerimiento importante para que cada uno pueda cumplir con sus tareas

# DESCENTRALIZACION

---

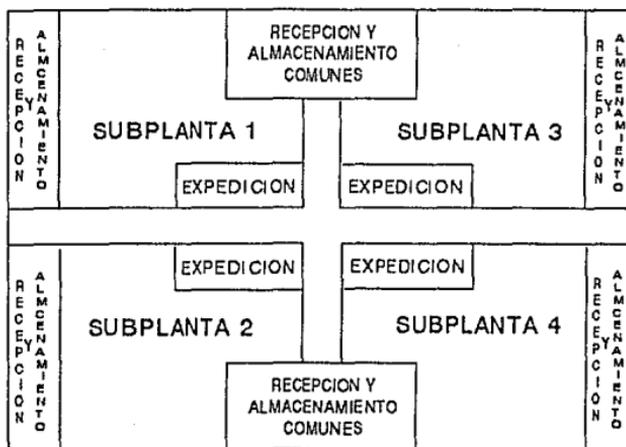


Figura 2. Modelo conceptual de subplantas

# ORGANIZACION TRADICIONAL

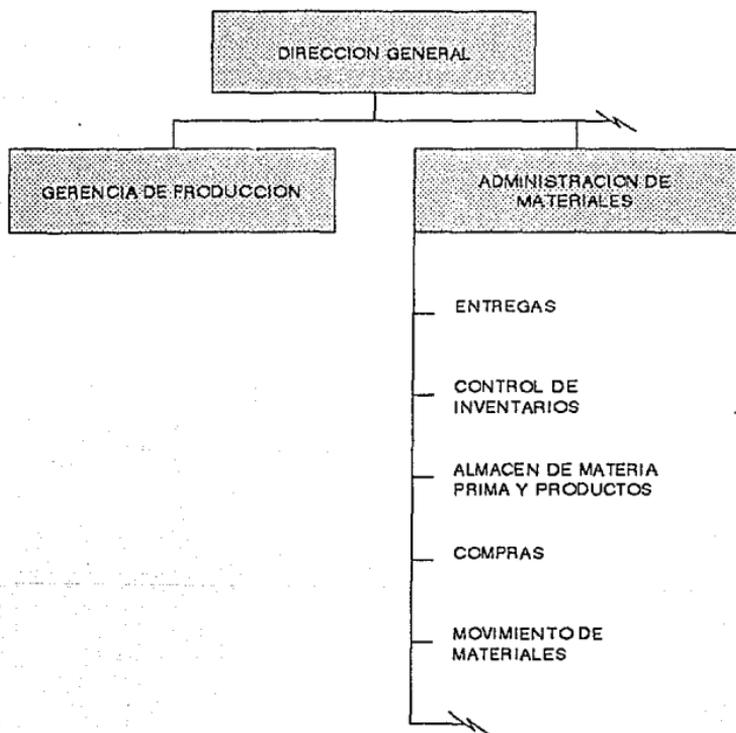


Figura 3.

programadas y la fábrica como conjunto sea capaz de alcanzar sus fines de productividad.

En una fábrica organizada por subplantas, las operaciones y la administración de materiales se encuentran conjugadas. Este tipo de organización como lo muestra la figura 4 , no elimina la necesidad de una estructura de administración de materiales.

La responsabilidad del manejo de materiales pertenece a la subplanta de producto, sin embargo, los productos terminados se almacenan en la planta y por lo tanto, debe de existir un departamento de administración en el que se deposite esta responsabilidad, dado que existirán muchos clientes que soliciten varios de los productos que se fabrican en distintas subplantas. Este departamento de administración de materiales es más funcional que el tradicionalmente conocido, pues las tareas de control de inventarios y compras se conjugan, en otras palabras, se simplifica y acelera el proceso de la producción.

# ORGANIZACION POR SUBPLANTAS

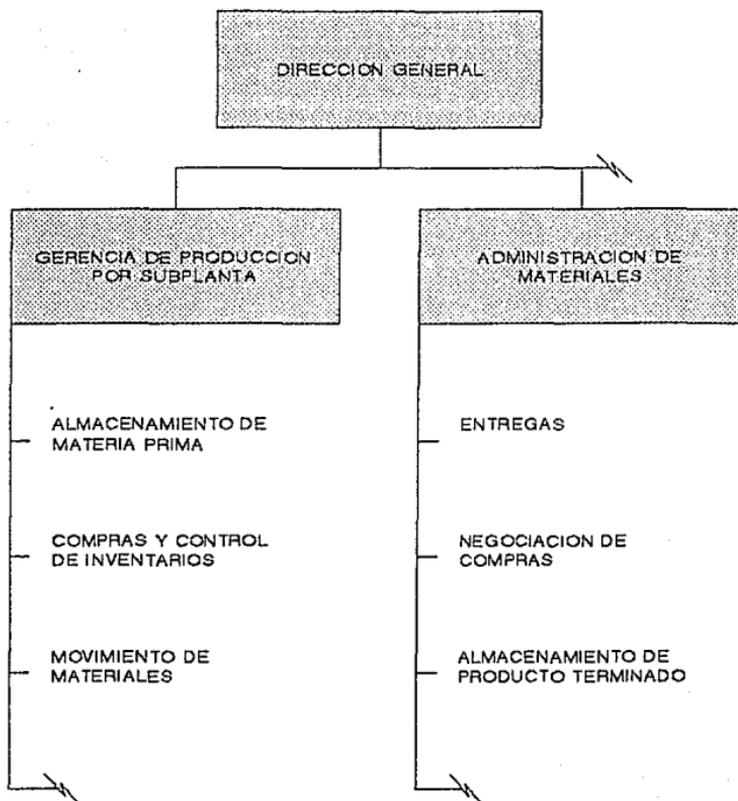


Figura 4.

#### I.4 "JUST IN TIME" A TRAVES DE LA SIMPLIFICACION

Comenzar por simplificar las operaciones en una empresa industrial puede permitir invertir menos para alcanzar a largo plazo, un nivel dado de eficacia. La simplificación facilita el éxito de la modernización tecnológica que resulta indispensable a mediano y largo plazo.

La simplificación conduce a aproximar entre sí las máquinas , a encadenar las operaciones de producción, a clarificar los flujos en las fábricas, se facilita la planificación de la producción, se gana mucho espacio y los almacenes y plazos de producción se reducen considerablemente.

La acción de simplificar lleva consigo un incremento de la productividad a través de la priorización de actividades, eliminando de esta forma, las tareas de producción que no crean valor añadido. Este es el principio de la filosofía "Just in Time", que tiene como propósito mejorar la habilidad de la empresa industrial para responder a los cambios haciendola más productiva al mismo tiempo.

La filosofía JIT enfatiza la eliminación de

actividades "desperdicio" sobre todo el sistema de producción. En JIT una actividad desperdicio es definida como cualquier actividad que no añade valor para el cliente; en otras palabras, es el uso de recursos en exceso del teórico mínimo requerido, (mano de obra, equipo, tiempo, espacio, etc.) que únicamente incrementa los costos sin añadir valor al producto. Una actividad desperdicio puede ser el exceso de inventario, inspección, tiempos de espera, movimiento y traslado de materiales. Escencialmente, cualquier recurso que está activamente involucrado en un proceso que no añade valor, es una actividad "desperdicio" (figura 5).

La supresión de estas actividades "desperdicio" puede mejorar significativamente la eficiencia, la flexibilidad, la calidad y la productividad de todas las operaciones involucradas en el proceso de fabricación.

En terminos JIT, lo que se considera como el desperdicio más importante es el exceso de inventario. Si en la planta existe gran cantidad de inventario que se necesita guardar; se requerirá de un almacén, de mano de obra y probablemente de un equipo de transporte para llevar los bienes al almacén. Una vez que se almacenan, los bienes deberán de ser inventariados regularmente, esto requiere del empleo adicional de trabajadores.

## ACTIVIDADES "DESPERDICIO"

- Desperdicios por sobreproducción.
- Desperdicios por espera
- Desperdicios por transporte
- Desperdicios por inventarios
- Desperdicios por movimientos
- Desperdicios por defectos de fabricación
- Desperdicios por sobreprocesamiento

Figura 5. Las siete actividades desperdicio definidas por Shingeo Shingo

Cuando la situación alcanza cierto nivel, algunas veces se considera la compra de equipo de cómputo y software para el control del inventario. Si las cantidades de inventario no están completamente controladas, puede surgir una escasez, así, a pesar de la planeación diaria de la producción se puede llegar a pensar que la escasez es un reflejo de la capacidad de producción. Un plan para incrementar la producción es consecuentemente puesto dentro del plan de inversión de equipo o maquinaria del próximo año; con la compra de este equipo es muy probable que se incremente el inventario aun más.

La filosofía JIT busca cambiar el proceso de producción, en el cual el inventario que no es inmediatamente requerido por la producción es eliminado. Esto puede se puede lograr a través de un proceso de simplificación de operaciones y distribución en la planta:

- Simplificación en la disposición física de la planta para reducir el movimiento de materiales.
- Reducir los tiempos de operación y así, los productos pueden ser fabricados en pequeños contenedores.
- Sincronizar el proceso de manufactura para que los

subensambles y componentes estén disponibles justo cuando son necesitados y no antes o después.

El objetivo del JIT no es simplemente reducir los inventarios; JIT es una filosofía industrial global de la que la reducción de inventarios no es más que uno de sus efectos.

Tener una ventaja competitiva implica ser más eficiente, tener un mejor producto, o proveer un mejor servicio que el competidor; JIT persigue cada uno de esos objetivos para desarrollar una ventaja competitiva a través de la mejor dirección del sistema de manufactura.

## II. DISTRIBUCION Y SIMPLIFICACION DE FLUJOS

## II.1 LA DISTRIBUCION FISICA DE LA PLANTA.

La disposición física y el flujo de materiales de la gran mayoría de las fábricas no son perfectos. La mala ubicación de las actividades resulta un problema para los propósitos de productividad de la planta, esto es generalmente, resultado de un enorme crecimiento poco controlado.

Cuando una fábrica crece, se construyen nuevas áreas de trabajo de tamaño y forma irregular, y a medida que los procesos nuevos o modificados se instalan en el espacio disponible, la disposición física de cada uno de los espacios resulta más productiva.

Otro motivo de la mala ubicación física de los centros de trabajo, es que en las fábricas de gran tamaño las actividades suelen organizarse de modo funcional o por proceso. En una disposición funcional, las máquinas que llevan a cabo el mismo tipo de proceso se encuentran agrupadas en un mismo sitio, de esta forma, la fabricación de componentes se encuentra separada del montaje. La recepción de las materias primas se lleva a cabo en un lugar único, de igual manera que ocurre con la expedición de producto terminado.

La disposición por proceso durante mucho tiempo obedeció a los criterios de organización tayloriana de la producción. Esta disposición permite que exista personal de trabajo dedicado a un solo proceso, realice tareas repetitivas muy especializadas y que se haga uso de una mano de obra poco calificada; también se facilita la supervisión del trabajo dado que, cada responsable de proceso necesita conocer solo un tipo de tareas o máquinas. Sin embargo, las implantaciones funcionales complican el flujo al incrementar la longitud del traslado de los materiales y productos. (figura 6).

Los largos recorridos de los materiales a través del proceso de producción hacen necesaria la fabricación por lotes; esto con el fin de economizar en las tareas de transporte entre procesos involucrados; sin embargo, la fabricación por lotes alarga los plazos de producción (fig 7) y eleva los niveles de almacenamiento intermedios mucho más de lo que permitiría una disposición que encadene secuencialmente las operaciones de manufactura de un producto.

La introducción de mejoras en la disposición física dentro de la planta se basa en la organización de la fábrica en subplantas; agrupando todas aquellas que participan en la fabricación de un producto o familia de productos alrededor de la subplanta de proceso final para

# CENTROS FUNCIONALES

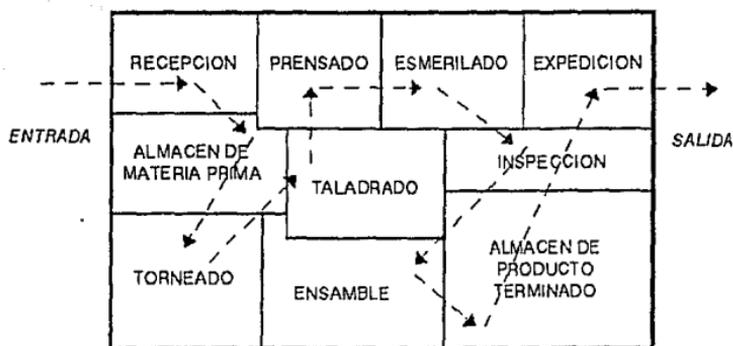


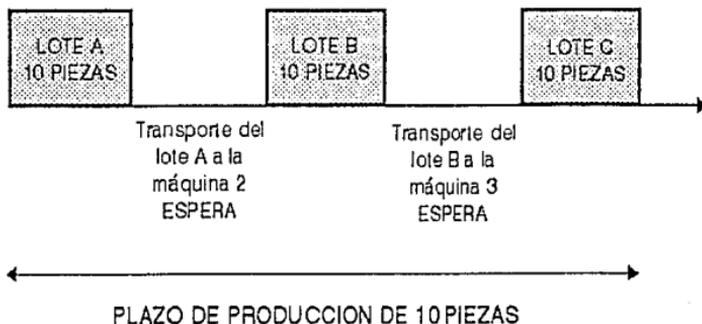
Figura 6. Flujo en un arreglo de centros funcionales

# PRODUCCION POR LOTES

Producción  
del lote en  
la máquina 1

Producción  
del lote en  
la máquina 2

Producción  
del lote en  
la máquina 3



# PRODUCCION SECUENCIAL

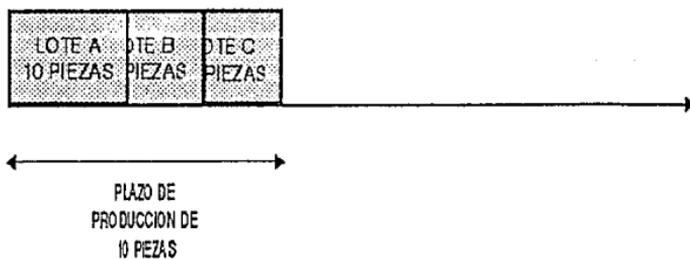


Figura 7. La producción por lotes alarga los plazos de fabricación.

ese producto o familia. Los objetivos más importantes dentro de esta distribución en planta son:

- Simplificar el flujo de materiales.
- Eliminar los almacenes centralizados e intermedios entre procesos.
- Para cada subplanta, encadenar de manera secuencial las operaciones de recepción, fabricación, montaje y expedición de producto.
- Reducir al máximo el tamaño de la fábrica con el fin de hacerla más eficiente.
- Minimizar la proporción de espacio entre pasillos/procesos en la planta.
- Reducir los costos de transporte de materiales.
- Hacer menos sensible la distribución actual a los cambios futuros de la organización.

Las mejoras en la disposición de todo el conjunto de la fábrica, pueden aumentar en forma importante su productividad, acortar los plazos de producción y disminuir sus costos.

## II.2 ORGANIZACION DE LAS SUBPLANTAS.

La organización de subplantas orientadas a producto es el concepto más importante en el plan de distribución de la fábrica. Para poder simplificar los flujos de materiales es necesario poner en línea todas las operaciones de producción relativas a un mismo producto con el fin de permitir una secuencia más sencilla.

En una subplanta de producto se encadenan de manera secuencial las operaciones de recepción, fabricación, montaje y almacenamiento; así, recepción y almacén estarán situados en el punto de consumo, que como resultado de esto, se eliminarán los costos de transporte innecesario y las complejidades de control relacionadas con la recepción y almacenamiento centralizado. Además, el proceso de fabricación y montaje se verá altamente beneficiado porque cada proceso que utiliza un componente procedente de un proceso de abastecimiento estará perfectamente sincronizado con él.

Los procesos que no pueden ser factiblemente integrados a las subplantas de productos, se dispondrán agrupados junto con todas las subplantas de familias de producto que participan en ese proceso. Esta proximidad de las subplantas usuarias y suministradoras facilita su

comunicación, reduce al mínimo los inventarios y se disminuye considerablemente la distancia de recorrido de materiales desde el proceso inicial hasta el proceso final.

El fundamento en el que se basa la distribución perfecta de una subplanta, es la disposición de células o módulos de proceso de dimensión común (fig 8). Uno de los objetivos de este tipo de organización, es lograr una distribución simétrica del area de trabajo para cada tarea; de esta forma, cuando se elimina, modifica o añade un proceso, el sistema es suficientemente flexible para responder al cambio; dado que, las células para todos los procesos son de dimensiones comunes entre sí. De esta manera, no se tiene que acudir a un rediseño del area cuando se presenta un cambio en la organización; sin embargo, debido a que algunos equipos empleados en el sistema de producción son grandes y de forma irregular, no todos los procesos se pueden ubicar en módulos de tamaño común. Para este caso, el diseño de la célula estará gobernado por el tamaño y forma del equipo que se utilizará en la fábrica. A pesar de estas restricciones que pueden llegar a encontrarse, el diseño de cada célula persiguirá conseguir dimensiones comunes con las demás células, localización simétrica y evitar los procesos largos y estrechos al disponer las operaciones de cada proceso en forma de U o serpentín.

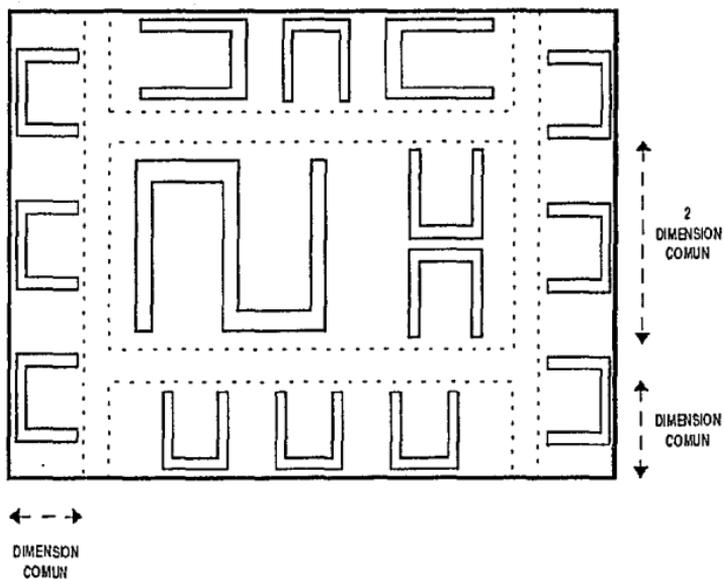


Figura 8. Subplanta con módulos de dimensión común y células en forma de "U" y serpentin

Una distribución de subplanta ideal tiene como objetivos principales:

- La formación de células uniformes de procesos con líneas en forma de U o de serpentin.
- Minimizar la relación del espacio ocupado por los pasillos y el area dedicada a los procesos de producción.

### II.3 SIMPLIFICACION DE FLUJOS.

La distribución física de cada una de las operaciones de la fábrica, influyen directamente en la determinación de los costos de almacenaje y manejo de materiales. Los materiales deben de ser manejados eficientemente y guardados en lugares apropiados para permitir que las operaciones subsecuentes sean más fluidas; asimismo, el transporte de materiales dentro de la fábrica deberá de simplificarse al máximo, dado que es una operación que no añade valor al producto.

Un diseño de distribución tiene que ser flexible a modificaciones futuras, como resultado del proceso de evolución de la planta industrial. El sistema de distribución flexible al cambio es aquel que por su forma simétrica y equilibrada de todas sus areas, permite reducir el transporte de materiales, el tamaño de contenedores y la mano de obra, aún cuando se añada o elimine un producto. El diseño de pasillos influye en la forma simétrica de todo el sistema de distribución.

La ubicación de los pasillos determina la forma y tamaño de los módulos de trabajo. Los pasillos tienen como funciones principales el permitir el flujo de materiales a través de sus recorridos y servir a los

centros de trabajo al facilitarles acceso.

En la gran mayoría de las fábricas los pasillos son demasiados grandes por varias razones:

- La centralización del almacén de materiales y productos origina un alto tráfico de montacargas.

- Debido a que la gran mayoría de los procesos están centralizados, la forma más económica de transportar elevados volúmenes de contenedores a grandes distancias es mediante montacargas; los cuales necesitan de suficiente espacio para desplazarse libremente.

- El ancho de los pasillos se determina por el ancho de las esquinas que requieren de un espacio suficientemente grande para permitir el giro de más de un contenedor.

- El ancho del pasillo debe de permitir el acceso y descenso de materiales y productos a los centros de trabajo.

- Los pasillos deben de ser bastante anchos para permitir el tráfico de personas y materiales al mismo tiempo.

Cuando la fábrica se organiza en subplantas orientadas a producto y proceso, la función de los pasillos se transforma radicalmente. La disposición en subplantas reduce el espacio de la planta y elimina la centralización del almacén y recepción de materiales; de esta forma se simplifican los flujos y recorridos haciendo menos costoso el transporte de materiales.

Se deben de eliminar los pasillos largos y anchos en exceso con el fin de hacer más productivo el espacio; destinando la mayor parte a las áreas de procesos. Un pasillo de dimensiones reducidas solo puede operar eficientemente cuando disminuye el tráfico que circula por él; por lo tanto, dentro de cada subplanta los pasillos deberán de transportar materiales y componentes que sean exclusivamente utilizados por las áreas de proceso contiguas. Un buen sistema de distribución debe de evitar los pasillos junto a una pared o al lado de una área improductiva con la finalidad de aprovechar al máximo posible los pequeños espacios dedicados al transporte de materiales; lo más recomendable es que un pasillo sirva a dos áreas de proceso (fig 9).

Los pasillos principales deben de ser utilizados al mínimo para el tráfico de personas, pues estas pueden entrar y salir de la subplanta en los puntos de acceso exteriores más cercanos; además en los pasillos

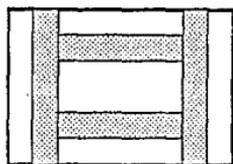
interiores se pueden evitar las barreras de protección dado que la mayoría de los puestos de trabajo en línea en forma de U o de serpentin están situados perpendicularmente a estos.

Cuando se tienen pasillos que operan en una sola dirección se elimina la necesidad de dispositivos y espacio para evitar colisiones en pasillos de doble circulación, además, soportan un mayor volumen de tráfico en una area reducida.(fig 10). Debido a que se pretende realizar movimientos cortos no siempre es posible diseñar pasillos de dirección única, sin embargo, cuando hay una perfecta sincronización de la secuencia de procesos, los pasillos de un solo sentido son la mejor alternativa para un tráfico intenso en un pequeño espacio.

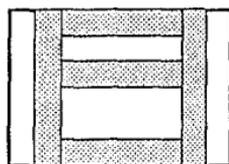
Para disminuir el tráfico en los pasillos de la planta, es necesario que las subplantas usuarias y suministradoras se situen a corta distancia una de la otra, cuando esto sucede, se puede evitar el uso de montacargas sustituyendolos por carretillas con ruedas, dado que el tamaño de los contenedores es más pequeño.

Cada subplanta tiene una pequeña area de toma y entrega de materiales, lo que evita la necesidad de ampliar el ancho del pasillo para realizar estas operaciones.

# DISTRIBUCION DE PASILLOS



UN PASILLO SIRVE A  
DOS AREAS DE  
PROCESO



PASILLOS DESAPROVECHADOS  
JUNTO A LA PARED

Figura 9.

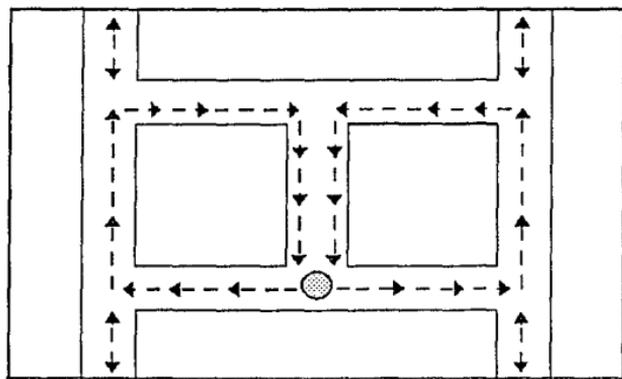


Figura 10. Modelo ideal de una distribución  
de pasillos de dirección única

#### II.4 UBICACION DE PROCESOS.

En producción, los inventarios y transporte son considerados como actividades "desperdicio" porque sus operaciones y mantenimiento no agregan valor al producto, por el contrario, representan un costo adicional.

La ubicación de procesos suministradores lo más próximo posible a los procesos usuarios, genera considerables ahorros en inventarios y transporte; de estos ahorros que pueden lograrse por la simplificación de recorridos, los más importantes son derivados de los inventarios. Los incrementos en inventarios son altamente sensibles a pequeños cambios en las distancias entre procesos. Cuando un proceso suministrador se encuentra alejado de su proceso usuario, se genera inventario intermedio formado por lotes de material, cuyo tamaño estará en función de la distancia de separación entre procesos; es decir, si esta distancia es muy grande, el proceso suministrados tendrá que aumentar el tamaño de los contenedores porque resultaría muy costoso estar suministrando muy regularmente al proceso usuario. La proximidad de procesos es un aspecto importante para la reducción de inventarios.

Cuando se diseña la distribución de los procesos, es

necesario tener en cuenta cambios y ampliaciones. Preveer espacio y capacidad a los procesos es requerimiento necesario para estar mejor preparados a futuras modificaciones de la planta. Estas previsiones deben de hacerse con las perspectivas reales de crecimiento.

En el area total de una subplantas se dispondrá de espacio libre para responder de forma más flexible a las modificaciones futuras; todo este espacio se debe de agrupar en un solo sitio, dado que si la fábrica creciera el espacio libre se aprovecharía mejor agrupado que si se encontrara disperso. De esta forma cuando se requiera más capacidad, es más sencillo disponer células en el espacio libre que rediseñar las ya existentes.

Todo proyecto de distribución de procesos debe de evitar previsiones no fundamentadas y los diseños con excesos de detalles. La nueva distribución en planta deberá de reducir el espacio desperdiciado, aún cuando se prevean cambios en el futuro.

### **III. LA SIMPLIFICACION EN LAS OPERACIONES DE MANUFACTURA Y ENSAMBLE**

### III.1 EL NUEVO SISTEMA DE MANUFACTURA

Un sistema de manufactura es el conjunto de operaciones y procesos dedicados a la elaboración de productos requeridos por un mercado consumidor.

El sistema de manufactura toma como entradas materia prima, información y energía dentro de un complejo grupo de elementos de máquinas y personas que pueden ser interpretados por parámetros mesurables (fig 11). Los materiales son procesados por el sistema y a su salida llevan un valor agregado al convertirse en productos que demanda el mercado consumidor. Estos productos que están a la salida del sistema de manufactura pueden ser también la entrada a otro proceso generador de bienes de consumo.

En una empresa industrial, su sistema de producción considera en forma colectiva todos los aspectos de la compañía como son las gentes, las máquinas, los materiales y la información. El sistema de manufactura, motor de la empresa industrial, se encuentra dentro del sistema de producción, este último no realiza ninguna tarea de manufactura, solo lo apoya al proveerle información, diseño, análisis y control provenientes de otras áreas funcionales (fig 12).

El control del sistema de manufactura se aplica a

todo su conjunto y no únicamente a procesos individuales o a equipos determinados. Todo el sistema de manufactura debe de integrar funciones de control para regular niveles de inventario, movimiento de materiales a través de la planta, niveles de producción y calidad de producto terminado.

El tipo de sistema de manufactura depende de la estrategia del producto, y para productos altamente estandarizados que se fabrican en grandes volúmenes (tipo de industria referido en este trabajo), existen muchos tipos de sistemas pero el más común de ellos es el llamado "centro funcional". El centro funcional se caracteriza por tener máquinas de propósito general en una disposición funcional; esto quiere decir que las máquinas son agrupadas por las funciones o procesos que realizan, y los componentes y materiales son conducidos alrededor del centro de trabajo en pequeños lotes para un grupo de máquinas.

Sin embargo, significativos cambios están tomando lugar en el diseño de los sistemas de manufactura, guiados por las tendencias de incrementar la productividad del sector industrial y la calidad de sus productos. En los tiempos actuales ya no se desea ser el más grande; ahora se persigue ser el más productivo y ofrecer bienes y servicios de la mejor calidad.



Figura 11. Diagrama de un sistema de manufactura

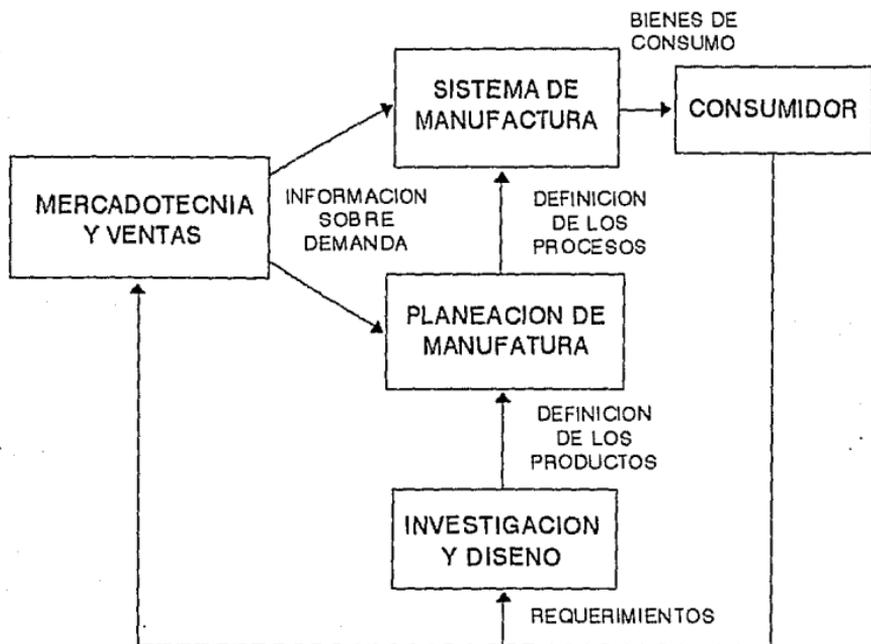


Figura 12. El sistema de manufactura: Corazón de la empresa industrial

Para responder eficazmente a las exigencias de productividad y calidad de los tiempos actuales. Los sistemas de manufactura deben de tomar un sentido más simple y flexible:

- El sistema deberá de simplificar sus operaciones y procesos para permitirle tener rápida respuesta al cambio; de esta manera será más flexible y confiable.

- El sistema se sujetará a continuas mejoras del producto, significando esto, un continuo rediseño y mejoramiento del sistema.

- El sistema deberá producir productos de alta calidad y reducir los costos y tiempos de entrega en respuesta a las demandas del consumidor.

Una acción importante para lograr estos cambios es la organización de las operaciones de manufactura y ensamble en una nueva disposición llamada "células de fabricación y ensamble".

Esta disposición permite la integración de las funciones de control dentro del sistema de manufactura (fabricación y ensamble).

### III.2 CENTROS FUNCIONALES

La disposición en centros funcionales divide la planta en centros de máquinas en los cuales se agrupan tipos de máquinas similares. Los trabajos son realizados a lo largo de la fábrica moviendo los materiales semiterminados de un centro funcional a otro, de acuerdo con el plan de producción del producto. (fig 13). El tiempo dedicado a los procesos de manufactura es menos del 10 % de el tiempo total de producción; el resto del tiempo es empleado en actividades que no añaden valor al producto (supervisión, cambio de herramientas etc.).

Este diseño del sistema requiere que el producto sea físicamente movido una distancia considerable durante el proceso de producción cuando este es transferido de un centro funcional a otro.

El movimiento de materiales no solo es una actividad "desperdicio", también lleva como consecuencia daño en los materiales, altas inversiones en inventarios y largos plazos de producción.

El rasgo distintivo de los centros funcionales es la fabricación de una amplia variedad de productos. Un centro funcional requiere equipo de manufactura de propósito general agrupado por funciones dado que se

# CENTROS FUNCIONALES

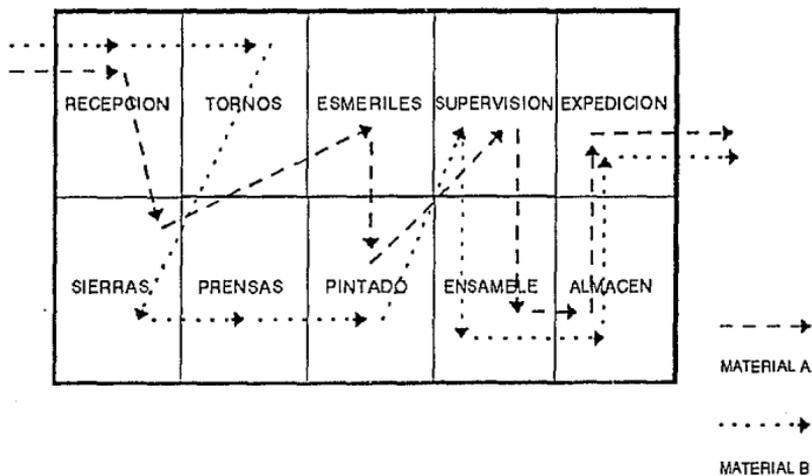


Figura 13. Flujo de dos materiales dentro de un sistema de centros funcionales

ejecutan una amplia variedad de procesos de manufactura; así los trabajadores deben de tener un relativo alto grado de conocimiento sobre la forma de operar de las máquinas para poder llevar a cabo los trabajos asignados.

Desde hace mucho tiempo el sistema de manufactura basado en los centros funcionales surgió por las siguientes razones:

- Debido a la complejidad de la maquinaria de manufactura y el largo tiempo que se requiere para conocerla; la agrupación de estas permite minimizar la complejidad de los trabajos dado que se crean especialistas al asignarle a una persona un solo tipo de maquinaria.
- Cuando una máquina produce directamente productos terminados no necesita agruparse con máquinas de otro tipo.
- Las máquinas de formas y tamaños similares a máquinas del mismo tipo hacen más facil su agrupación en un espacio reducido.

Sin embargo, a lo largo del tiempo este sistema de manufactura a demostrado ser poco eficiente debido a que genera altos niveles de inventarios y alarga de manera

considerable los plazos de producción.

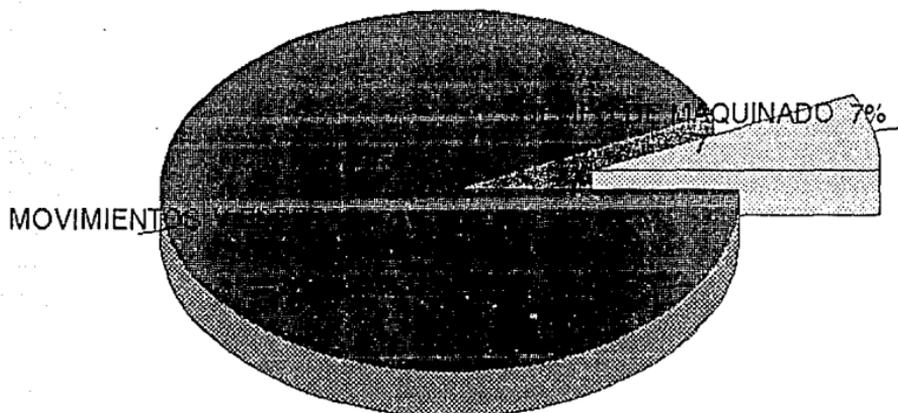
La distribución de la capacidad total para un típico centro funcional es como lo muestra la figura 14, donde los materiales ocupan menos del 7% del tiempo de producción en las maquinarias de manufactura y el resto se gasta en esperas o en movimientos de traslado de una area funcional o otra. Una vez que el material se encuentra en la maquinaria, solamente del 30 al 40 % de ese tiempo se emplea para su proceso de manufactura y lo restante se gasta en colocación y descolocación del material en las máquinas, en el cambio de herramientas y en actividades de inspección.

En el centro funcional la maquinaria es agrupada acorde al tipo de proceso de manufactura; taladradoras en un departamento, remachadoras en otro, moldeadoras de plástico en otro departamento, y así sucesivamente.

La ventaja de esta disposición es la gran habilidad que existe para fabricar una amplia variedad de productos, sin embargo, cada centro funcional está relacionado con otro y el manejo de todo el sistema se vuelve muy complejo; dando esto como resultado grandes plazos de producción y elevados niveles de inventarios.

En un sistema diseñado por centros funcionales cada

## TIEMPO EMPLEADO PARA MANUFACTURA EN UN CENTRO FUNCIONAL



- Así se gasta el 7% :

14% .- Puesta de herramientas.

17% .- Colocación y descolocación de material

17% .- Cambio de herramientas para diferentes operaciones.

16% .- Inspección.

36% .- Proceso de manufactura (valor agregado)

Figura 14. Utilización típica del tiempo de producción en un centro funcional

máquina tiene una cola de espera donde se acumula trabajo, alargandose más de lo necesario los plazos de fabricación.

Los trabajos de una máquina a otra suelen avanzar por medio de grandes contenedores, formando así, un lote de producción cada determinado número de piezas terminadas o en intervalos regulares. El propósito de la producción por lotes es generalmente, satisfacer la continua demanda para un artículo en un sistema de manufactura que tiene alejados los puestos de trabajo que realizan operaciones sucesivas sobre las mismas piezas. Sin embargo, se crean pequeños inventarios entre cada máquina por la acumulación de lotes, y así, se elevan los plazos de producción y los niveles de inventarios.

El diseño de un sistema consistente en células de fabricación y ensamble simplifica las operaciones y ofrece mayor flexibilidad y productividad.

### III.3 CELULAS DE FABRICACION

En una célula de fabricación se agrupan máquinas de distinto tipo, para que de acuerdo a una secuencia de operaciones, estas puedan procesar totalmente un grupo de piezas. Resulta de esta forma, agrupar las máquinas de cada proceso y disponerlas en forma de U o serpentin, de modo que la disposición de cada máquina lleve el orden de las respectivas operaciones de fabricación (fig 15).

En una célula que opera eficientemente, las máquinas están muy próximas y los operarios se desplazan con la pieza que trabajan. La proximidad de las máquinas evita desplazamientos importantes y garantiza un plazo mínimo con el rápido encadenamiento de las operaciones.

Así, el tiempo comprendido entre la primera y la última operación corresponde a los tiempos de procesado y manipulación de una pieza. Existe un encadenamiento sucesivo de las operaciones relativas a una pieza, razón por la cual el plazo de fabricación suele ser un 90 % menor que el de un centro funcional, en donde se emplea la mayor parte del tiempo de producción en desplazar lotes completos entre operaciones o máquinas.

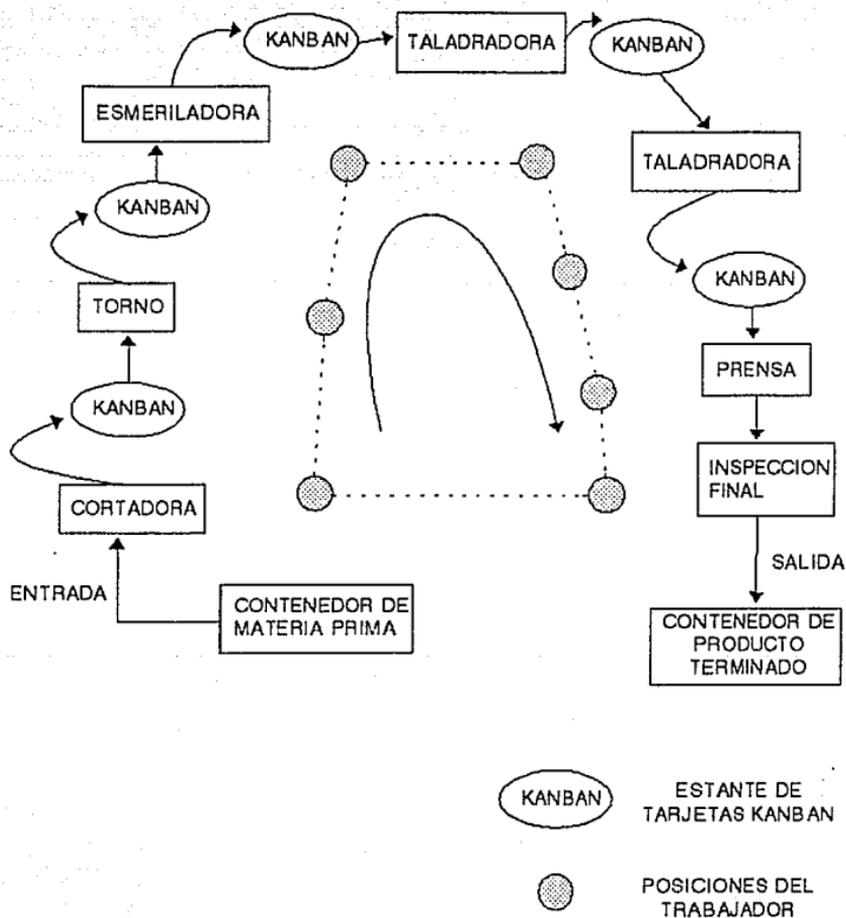


Figura 15. Secuencia de operaciones en una célula de fabricación

Las principales características de una célula de fabricación son las siguientes:

- La disposición de las máquinas obedece a la secuencia del proceso de fabricación de una pieza.
- Usualmente la forma de la célula es en U o en serpentin.
- Una pieza es manufacturada dentro de la célula en cada ciclo de trabajo o proceso.
- Los trabajadores son entrenados para operar más de una máquina o proceso.
- El ciclo de trabajo dicta el nivel de producción para la célula.

Un buen diseño de células no solo incluye la organización de las máquinas, también incluye la creación de almacenes descentralizados para cada célula o grupo de células dispuestas en una subplanta orientada.

Una célula de fabricación puede estar directa o indirectamente encadenada a otra célula ( fabricación o ensamble) o a una línea de subensamble a través del sistema de control de materiales Kanban, el cual se

discutirá más adelante.

Algunas de las principales ventajas de un sistema diseñado en células de fabricación son:

- Existe una reducción considerable en los plazos de fabricación.
- El inventario se reduce dado que el plazo de fabricación es más corto.
- El número de contenedores y los costos por manejo de materiales disminuyen drásticamente.
- El número de operarios del sistema es mucho menor que el de los centros funcionales.
- Los operarios conocen varios procesos a la vez. Esto aumenta su formación técnica y la satisfacción por su trabajo.
- La flexibilidad aumenta, pues para variar el volumen de producción de una célula, basta con hacer trabajar más o menos a los operarios (hasta el límite de saturación de las máquinas).

El sistema de manufactura basado en células

simplifica las operaciones y hace más flexible el entorno de fabricación; así, el sistema puede responder de manera rápida a cambios en la demanda o a modificaciones en el diseño del producto.

### III.4 CELULAS DE ENSAMBLE

La principal diferencia entre una célula de fabricación y una célula de ensamble es que las operaciones en el ensamble son manuales , en la generalidad de los casos.

En el ensamble todos los componentes fabricados y comprados se combinan en una unidad o subunidad funcional, esta actividad se lleva a cabo progresivamente mediante el trabajo manual.

Cuando se simplifican las operaciones de ensamble se obtienen grandes beneficios en otras areas que están directa o indirectamente relacionadas con esta actividad; se reducen los inventarios de producto terminado y de componentes y materiales empleados en el ensamble, también se reduce el espacio ocupado por las líneas de montaje, y debido a que los ciclos de trabajo se acortan, se incrementa la productividad en la mano de obra directa.

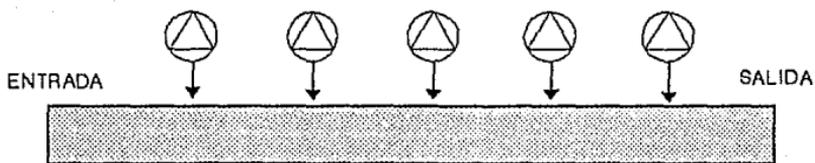
El tamaño y la inadecuada forma de las líneas de montaje es la principal causa de los actuales problemas que tiene el proceso de ensamble. Debido a que regularmente el area ocupada por la cadena de ensamble es

mayor a la necesaria se requiere de mayor supervisión y mano de obra directa, el exceso de espacio alrededor de la línea se llena de inventario innecesario, se producen pérdidas de tiempos y movimientos y se inhibe el trabajo en equipo por la distancia que hay entre las estaciones de trabajo.

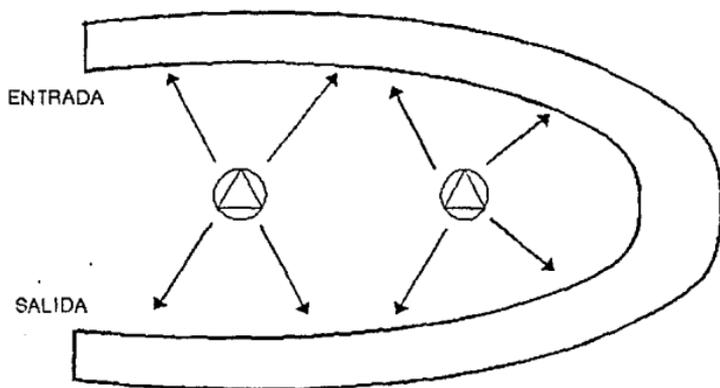
Las mejoras más importantes de productividad están relacionadas con la eliminación de tiempos y movimientos innecesarios, dado que estos, incrementan los costos de operación sin añadir valor al producto, así, una forma de simplificar las operaciones de ensamble es modificar el tamaño y la tradicional forma de la línea (recta y larga).

La línea recta y larga es la típica y más predominante en la mayoría de las fábricas, sin embargo, esta no es la forma más adecuada para simplificar y hacer más productivas las operaciones. La línea en forma de "U" o serpentín es la más recomendable. (fig 16).

Cuando una fábrica emplea una cadena de ensamble recta y con una longitud demasiado grande, las inversiones en la planta y equipo son mayores de lo necesario, los costos de supervisión aumentan porque el área es mayor, el número de unidades que transporta la línea supera al número de trabajadores que las ensamblan,



LINEA LARGA



FORMA EN 'U'



LOCALIZACION DE  
TRABAJADORES

Figura 16. La célula en "U" es más productiva que la línea larga y recta para ensamble

incrementando así la inversión en inventario, También el exceso de espacio alrededor de la línea ocasiona que los trabajadores tengan que desplazarse más para alcanzar los componentes, desperdiciando de esta forma, el tiempo que podrían dedicar a operaciones de ensamble. Los tiempos y movimientos innecesarios alargan los plazos de fabricación del producto.

Un control de la calidad de los productos que se ensamblan en una línea recta y demasiado larga se hace muy costoso y poco confiable.

Para suprimir al máximo los defectos del montaje de una pieza hay que empezar por identificar las causas y actuar sobre ellas en lugar de tratar con los efectos de estas, es decir, se debe de efectuar una supervisión a lo largo de toda la línea y no al final de esta como tradicionalmente se ha hecho. La identificación de los defectos al final de la línea incrementa los costos y los plazos.

Cuando un producto se ensambla con una pieza defectuosa, esta hay que desmontarla, rehacer la pieza y volver a montarla en el producto; de esta forma, se está llevando a cabo inútilmente un trabajo completo de fabricación, desmontaje y ensamble que cuesta dinero y requiere tiempo. Por lo tanto, la supervisión debe

realizarse a lo largo de toda la línea con la finalidad de detectar a tiempo los defectos y suprimir sus causas.

En una línea de gran longitud se requerirá de varios supervisores para verificar la calidad del producto, esto resulta muy costoso y poco confiable porque se diversifica excesivamente la responsabilidad sobre la línea de ensamble.

La forma en U o en serpentin se presenta como la mejor alternativa para el diseño de una célula de ensamble que la forma larga y recta, porque generalmente existe una mejor relación entre el espacio de pasillos y procesos, se simplifican las operaciones y se reducen los defectos hasta llegar a eliminarse por completo.

Cuando se instalan líneas en U o en Serpentin generalmente se minimizan los defectos por calidad hasta el punto de eliminarse, dado que las cortas distancias entre los puestos de trabajo acercan a los trabajadores y se fomenta el trabajo en equipo, así, los trabajadores están involucrados en todo el proceso de ensamble y en las causas de los defectos en todas las operaciones; también, es más fácil dirigir y supervisar toda la línea.

Cuando se tiene una cadena recta se necesita de varios supervisores, donde ninguno es responsable de

toda la línea; en cambio la cadena en U o en serpentín puede ocupar menos de la mitad del espacio y puede ser supervisada por una sola persona que es capaz de ver toda el área y desplazarse de un punto a otro en un mínimo de tiempo.

Una célula de ensamble que tiene una línea en forma de U con una determinada cantidad de estaciones de trabajo es operada por un número de trabajadores que puede variar dependiendo de los requerimientos de salida de la célula.

Aún cuando se lleve a cabo un programa final de ensamble, basado en una demanda calculada del producto, el ensamble debe de responder adaptandose a la diferencia que exista entre la demanda real y la que se calculó. Los materiales deben de ser traídos o "jalados" a lo largo del sistema de manufactura (Kanban) por las demandas reales del producto terminado con las características físicas de aquellos que se consumen. El objetivo de esto es que si las unidades no se requieren, no hay que hacerlas, pero cuando se necesiten, hay que estar preparado para producirlas de una forma rápida y en la cantidad necesaria.

La manera de controlar las existencias se hace por medio del sistema Toyota Kanban de tarjetas del que se

hablará más ampliamente en el siguiente capítulo.

La célula de ensamble puede ser operada por un solo trabajador cuando la demanda es muy baja, o por varios (máximo al número de estaciones de trabajo) cuando la demanda está a su nivel máximo; así, la forma en "U" o en serpentín ofrece más opciones para asignaciones de trabajo más flexibles que los que proporciona la distribución física en forma rectilínea. Por ejemplo, en la figura 17 se tiene una célula con 8 estaciones de trabajo, si se supone que se van a ensamblar un número pequeño de unidades de un solo producto, entonces dos trabajadores pueden realizar todas las operaciones sin perder mucho tiempo de transporte entre cada una de las estaciones, así, el trabajador que se encuentra en la posición A puede realizar las operaciones 1, 2, 7 y 8 mientras que el trabajador de la posición 8 realiza las operaciones 3, 4, 5 y 6. Si aumenta la demanda de productos al final de la línea se puede incluir a más trabajadores para aumentar el ritmo de ensamblado.

### III.5 CONEXION ENTRE CELULAS

Un sistema de manufactura debe de ser flexible para adaptarse a los cambios en la demanda del mercado y en el diseño del producto; también el sistema de manufactura debe de proveer productos de calidad al menor costo posible con el menor tiempo de entrega. Usando el sistema celular de manufactura, compuesto de células de fabricación y células de ensamble, conectados con un sistema de control de producción Kanban ( Traer los materiales a través del sistema de manufactura por medio de la demanda real) se llegan a cumplir esos objetivos.

Las células son conectadas a través de un sistema de Kanban de control de materiales, así, dentro de cada subplanta especializada los componentes se mueven entre células por medio de pequeños lotes de tamaño uniforme (inventario en curso) usando conexiones kanban (fig 18). El tamaño de estos lotes se controla por medio de las tarjeta Kanban, procurando el menor tamaño posible de estos.

Un tipo de tarjeta (tarjeta Kanban de envios) semejante a una petición, autoriza el retiro de un contenedor de materiales desde una célula proveedora a una célula usuaria.

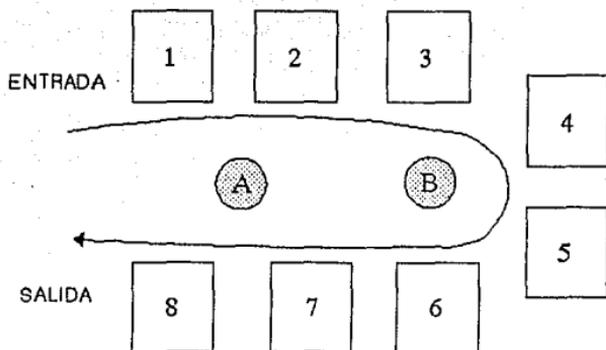


Figura 17. Flexibilidad de una célula en "U"

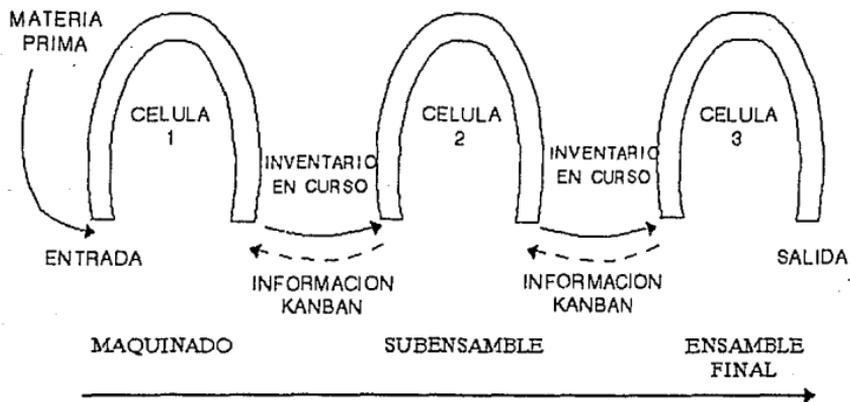


Figura 18. Encadenamiento de células

Una segunda tarjeta (Tarjeta Kanban de producción) autoriza la producción de un contenedor de materiales para remplazar a aquellos que fueron retirados anteriormente. Cada elemento de material en el proceso de producción contiene un número prescrito de contenedores en circulación en cualquier instante. Además un contenedor tiene una cantidad determinada de su material designado. Seleccionando el número de contenedores y las cantidades normales en ellos, las existencias quedan cuidadosamente controladas en el piso o area de trabajo en la célula.

Reduciendo el número de tarjetas en circulación entre dos células interactuantes, los inventarios en curso se aproximan a lo mínimo indispensable y las partes necesarias llegan justo a tiempo.

#### **IV CONTROL DE INVENTARIOS Y ALMACENAMIENTO**

#### IV.1 INVENTARIOS Y ALMACENES

En un sistema de producción que tiene como meta principal incrementar su productividad se realizan grandes esfuerzos por tener disponibles materiales y componentes en la cantidad justa, en el lugar apropiado y en el momento en que estos se requieren. Dentro de este sistema, la administración de materiales es la parte responsable en decidir cuáles son los materiales apropiados, qué cantidad se necesita, cuál es la forma de obtenerlos y cual es el mejor momento para hacerlo.

Como se vió anteriormente en el primer capítulo, el departamento de administración de materiales en una organización por subplantas solo funciona como almacenador de producto terminado y negociador de compras, dado que comparte la totalidad de las funciones de control de inventario, compras y manejo de materiales a cada subplanta orientada. Esta descentralización de funciones permite a cada subplanta tener la responsabilidad total sobre los materiales que se emplearán en el sistema de manufactura.

La descentralización de la recepción y del almacenamiento de materiales tiene como objetivos fundamentales recibir y almacenar los materiales en una

zona lo más próxima posible al punto de uso. Las razones de esto son:

- Aumentar la responsabilidad del inventario (un almacén puede servir a una o dos subplantas solamente)
- Reduce los costos de almacenamiento y transporte (costos que no añaden valor al producto).

Los almacenes pequeños y descentralizados, localizados en el punto de consumo para el caso de artículos comprados y en el punto de suministro para los fabricados, son la forma más eficiente de almacenamiento. Sin embargo, siempre existirá la necesidad de instalaciones de almacenamiento más grandes para cierto tipo de artículos, como los productos acabados. La optimización de los procedimientos e instalaciones de recepción, almacenamiento y expedición presenta grandes posibilidades de reducción del volumen de espacio; de los costos de mano de obra y de los equipos y sistemas de almacenamiento.

En una fábrica de organización tradicional (centralizada), existen grandes problemas para sincronizar armoniosamente las operaciones de compras e inventarios; esto debido a que esas funciones se

centralizan para toda la planta en dos departamentos únicos. La centralización de compras e inventarios tienden a reducir flexibilidad y puede ser menos sensitiva a las necesidades locales de operaciones geográficamente separadas.

Un inventario, en el contexto de producción, es un recurso inactivo, disponible cuando se necesita pero sujeto a diversos costos; su propósito primordial es aislar la producción de retrasos causados por la escasez de material. Comúnmente un inventario puede ser de:

- Materias primas.
- Productos en proceso. (inventario en curso).
- Productos terminados.
- Suministros.

Los costos por concepto de inventario se dividen como sigue:

- Costos de pedido.- Son todos los costos relacionados con el reabastecimiento del inventario; estos costos se presentan cuando se coloca una orden de compra y comprenden los costos de requisición, de preparar y darle seguimiento a la orden, de inspección al recibir y colocar los artículos en inventario y de movimiento en el area

de almacenes.

- Costos de mantenimiento.- Incluyen todos los costos asociados con mantener el nivel dado de inventarios disponible. Los costos de mantenimiento comprenden:

- Los costos de oportunidad en la inversión comprometida en el inventario.
- Costos de almacenaje. (alquiler, vigilancia, etc.)
- Deterioros y obsolescencia de los materiales.
- Impuestos, depreciación y seguros.

Costos por faltantes.- Son los costos en que se incurre cuando se agotan las existencias cuando estas se necesitan:

- Interrupción del proceso productivo.
- Pérdida de ventas.
- Procesamiento de órdenes no surtidas, embarques, refacturación, etc.

Un control de inventarios permite mantener la existencia de los productos a niveles deseados, tratando de disminuir estos costos a lo máximo.

En una fábrica tradicional el control de inventarios se encuentra centralizado, y la cantidad del movimiento de materiales a través del sistema de manufactura es determinado por la metodología de "planeación de requerimiento de materiales" (MRP). El sistema MRP emplea el cálculo de lote económico (EOQ) para determinar la cantidad más conveniente. Esta técnica de inventarios dificulta el control de los mismos porque el material es llevado o "empujado" al sistema de manufactura a través del plan de requerimiento de materiales, el cual es solo un documento de planeación, no es un dispositivo de control.

Cuando la fábrica se dispone en subplantas orientadas con células de fabricación y ensamble, el control de inventarios es responsabilidad de cada subplanta y los materiales son traídos o "jalados" a lo largo del sistema de manufactura por las demandas reales del producto. Este sistema (de "jalón") para el control de la producción e inventarios es llamado Kanban.

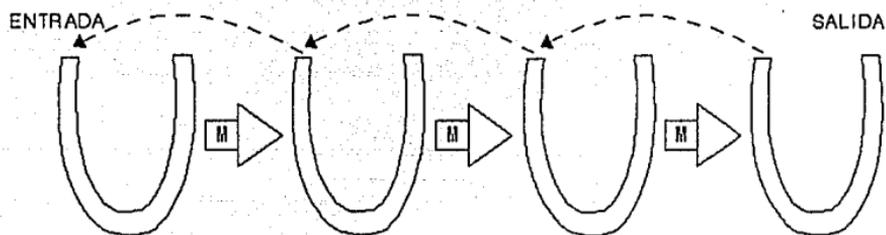
## IV.2 SISTEMA KANBAN

Kanban es una palabra japonesa que significa tarjeta. El sistema Kanban es un método manual de control de producción y cantidad de inventario dentro de la planta.

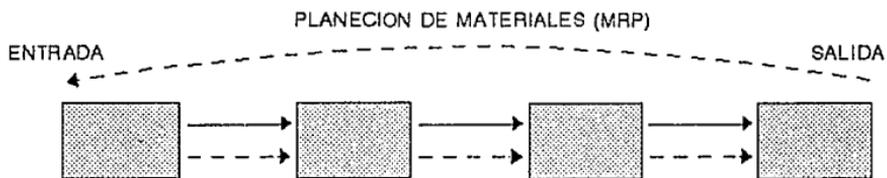
El sencillo sistema Kanban de control de inventarios es una parte integral del sistema de producción JIT, cuya finalidad es producir únicamente el número de unidades que se necesitan a través de un proceso de alimentación de la demanda. (Sistema de "jalón"). La figura 19 muestra un sistema Kanban (de "jalón") dentro de una planta simplificada, en contraste con un sistema de planeación de materiales (de "empuje"). La única diferencia del sistema Kanban es que el control de la información se mueve en dirección opuesta al movimiento del material; es decir, elementos de la salida del sistema controlan los niveles de producción a la entrada.

Un Kanban es una autorización por medio de tarjetas para realizar una tarea, para producir o para mover inventario. Los dos tipos de tarjeta Kanban se describen a continuación:

Tarjeta Kanban de Envios.- Autoriza la transferencia



SISTEMA DE JALON CON CELULAS



SISTEMA DE EMPUJE CON CENTROS FUNCIONALES

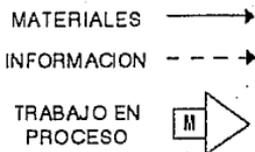


Figura 19. Diferencias entre los sistemas de jalón y empuje

de un contenedor de materiales (tamaño estandarizado) desde una célula o proceso donde se producen las unidades, hasta otra célula o proceso donde este es utilizado. Esta tarjeta sirve para encadenar dos células.

Tarjeta Kanban de Producción.- Autoriza la producción de un contenedor de materiales (tamaño estandarizado) a una célula o proceso para remplazar a los contenedores vacíos que fueron transferidos con anterioridad.

Cada tarjeta Kanban viaja con un contenedor y generalmente son llenadas con información como por ejemplo: número de identificación, capacidad del contenedor, descripción y número de parte, y célula anterior y próximo. Una tarjeta de envíos especifica el tipo y la cantidad de un número de parte que un proceso o célula puede enviar a otra. Una tarjeta de producción especifica el tipo y cantidad de la parte que la próxima célula debe producir.

En la figura 20 se muestra el funcionamiento de un sistema Kanban para dos células. En este ejemplo, la célula A es proveedora de piezas a la célula B, y cada célula tiene un punto de abastecimiento respectivamente, a y b. Entre células, el material es transportado en contenedores de tamaño estandarizado con el mismo número

de piezas.

En el punto de abastecimiento *b*, un contenedor lleno se lleva hacia la célula *B*; la tarjeta de envíos es separada de este y colocada en un estante de tarjetas Kanban en el punto *b*; cuando el contenedor se vacía dentro de la célula *B*, este es retornado al punto *b* en donde se le coloca la tarjeta de envíos (señal de que el contenedor está vacío y se necesita reposición). De manera inmediata, la tarjeta de envíos y el contenedor vacío son transportados al punto de abastecimiento *a* de la célula proveedora (célula *A*); ahí, la tarjeta de envíos es separada del contenedor vacío y puesta en un contenedor lleno de material. El contenedor lleno y con la tarjeta de envíos, se regresa al punto *b*; este contenedor lleno tenía una tarjeta de producción la cual fue separada de este y colocada en un estante de tarjetas Kanban en el punto de abastecimiento de la célula *A*, entonces, y solamente entonces, el contenedor puede ser transferido al punto de abastecimiento de la célula *B*.

Periódicamente, las tarjetas de producción son removidas del estante del punto *a* y son enviadas junto con un contenedor vacío a la célula *A* para autorizar la producción de un contenedor lleno. Las piezas que son producidas en la célula *A*, son puestas en los contenedores vacíos tomados de su punto de

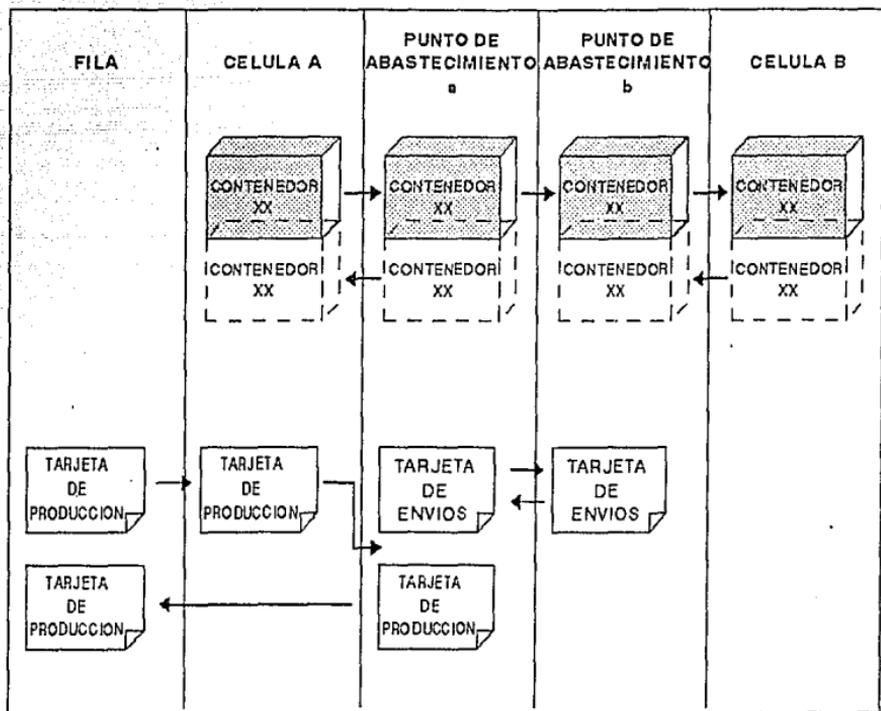


Figura 20. Funcionamiento del sistema Kanban de tarjetas

abastecimiento. La tarjeta de producción se coloca en cada contenedor después de que éste se llena, el contenedor entonces se transporta de regreso al punto a hasta que la célula B lo solicite cuando se requiera.

Las tarjetas Kanban constituyen un sistema simple y flexible que promueve la coordinación cerrada entre células y centros de trabajo en un sistema de manufactura.

Algunas de las reglas más importantes de sistema Kanban son las que a continuación se describen:

1.- *Producir o mover un material únicamente cuando se tiene una autorización Kanban.*

La tarjeta Kanban , como un instrumento de control de producción, deberá de estar colocada en un contenedor, a menos que este se encuentre dentro de la célula. Cuando un contenedor no lleva consigo una tarjeta Kanban, no se le puede pasar al interior de una célula ni tampoco trasladarlo a otro proceso o célula. Esta regla revela la naturaleza de control de una tarjeta Kanban.

2.- *Primera entrada, primera salida.*

La primera autorización Kanban que llega, es la primera que entra al proceso. Cuando una tarjeta de producción regresa a la célula suministradora; esta se

debe de colocar en la fila de tarjetas en espera de producción; es decir, debe de ser consistente a las prioridades que se tienen programadas.

*3.- Nunca dejar pasar un defecto si este se conoce.*

El objetivo es lograr alta calidad en los productos a través de su manejo responsable, y no simplemente mover materiales de una operación a la otra. Si se sabe de algún defecto en un producto, este no puede trasladarse a otra operación hasta que se elimine o se corrija el defecto; así se reduce el número de defectos al mínimo.

Estas reglas deben de seguirse por el sistema Kanban para un manejo efectivo de la información que también puede controlar el proceso de inventario.

Una de las limitaciones del sistema Kanban es que no puede ser implementado en industrias de procesos continuos como por ejemplo, refinerías. Otra limitación importante es que Kanban únicamente trabaja para un número de partes que son usadas regularmente; si una parte no es empleada por el sistema de manufactura al menos todos los días, esta puede ser planeada de otra manera, quizá por MRP.

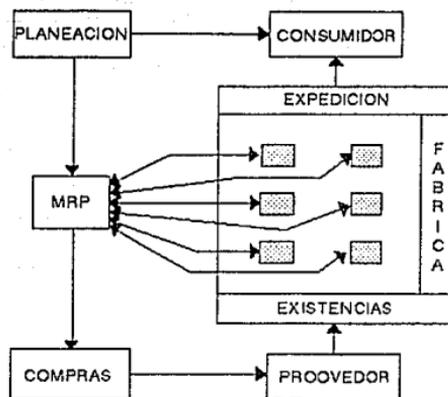
Kanban actúa como un efectivo sistema de control de inventarios con la reducción y aumento de circulación de

tarjetas cuando la demanda varía. Un supervisor tiene la autoridad de eliminar tarjetas Kanban del sistema para reducir inventario y de esta manera, exponer problemas. Para hacer esto no se tiene que eliminar el contenedor del sistema, todo lo que se hace es recojer las tarjetas que le corresponden a un contenedor lleno, entonces, el contenedor no puede ser transportado si no tiene una tarjeta Kanban.

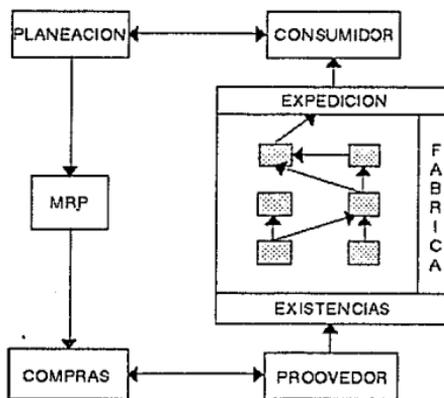
El inventario entre células puede ser continuamente reducido a través de la eliminación de tarjetas, por ejemplo: Si se supone que se comienza con 12 tarjetas entre células y que cada tarjeta lleva un contenedor con 20 artículos, entonces el nivel máximo de inventario entre células es de 240 piezas. Si surge un problema, entonces se quitarán de circulación 2 tarjetas y el nivel de inventario se reducirá a 200 piezas, este proceso puede continuar si disminuye la demanda o se presenta un problema en el sistema.

El sistema de control de inventarios Kanban tiene el mismo objetivo de MRP de proveer los materiales necesarios cuando estos se requieren; pero para el sistema Kanban "cuando estos se requieren" se refiere a a la hora o al día debido, mientras que en MRP esto es usualmente a la semana indicada para la que se planea.

JIT no reemplaza a MRP, no se pueden tratar como dos alternativas excluyentes ya que el mejor sistema para el control de inventarios es una combinación de ambos . MRP puede actuar directamente con JIT reduciendo el tiempo de planeación de semanas a días o quizá a horas, todo esto en un ambiente donde los requerimientos sean "jalados" a través del sistema. (figura 21).



FORMA TIPICA DE FUNCIONAMIENTO MRP



JIT Y MRP

Figura 21. MRP funcionando con JIT en un sistema de "jalón"

## CONCLUSIONES

La disposición de "fabricas dentro de la fábrica" es una medida que ayuda a simplificar las operaciones inherentes al sistema de manufactura. Este es un concepto que tiene como objetivo la formación de pequeñas unidades de fabricación orientadas a producto alrededor de los procesos generales que sirven a estas pequeñas subplantas. Dentro de cada subplanta los procesos de fabricación y ensamble se encadenan secuencialmente mediante un arreglo de células de fabricación y ensamble.

En cada subplanta se trata de crear el ambiente de producción de una pequeña fábrica que elabora un solo producto; esta tiene su propia área de recepción, almacenamiento y expedición de materiales, toda la gente que labora ahí está involucrada con todos los procesos de producción y todas las operaciones de fabricación y ensamble están perfectamente ligadas entre sí; es decir, el arreglo de subplantas orientadas a producto tienden a descentralizar las funciones de compras, almacenamiento, recepción, expedición y manufactura de un producto o de una familia de productos.

Todos los procesos que involucran la fabricación de

un producto no siempre pueden agruparse dentro de una subplanta. Existen algunos procesos comunes entre distintos tipos de productos que por su tamaño o por su alto costo de inversión y mantenimiento no pueden ser de uso particular para cada una de las subplantas que lo utilizan; en este caso, estos procesos deberán de localizarse en un punto lo más cercano a las subplantas usuarias.

Dentro de la planta principal como en cada una de las subplantas, la distribución física de todos los procesos debe de ser flexible y facilitar el flujo de materiales y productos terminados, en este contexto, los pasillos juegan un importante papel. Los pasillos deben de establecer la forma simétrica de las áreas de proceso y la proporción entre pasillos y áreas de trabajo debe de ser mínima para hacer el espacio dedicado a procesos más productivo.

La organización física de la fábrica que tiende a reducir espacios improductivos y a encadenar en secuencia los procesos, permite que las operaciones que están directa o indirectamente relacionadas con el sistema de manufactura se realicen de una forma más sencilla.

En una fábrica donde la simplificación logra sus mejores objetivos, las distancias entre procesos se

reducen, se minimizan los costos de transporte de materiales, los niveles de inventarios intermedios llegan a lo mínimo indispensable, las actividades que no añaden valor al producto ( supervisión, preparación de maquinaria, etc) tienden a disminuir considerablemente y se reducen fuertemente la mano de obra directa y los plazos de fabricación. En otras palabras, las operaciones se simplifican y se obtienen importantes mejoras en la productividad de la fábrica.

Comenzar por simplificar permite invertir menos para alcanzar, a largo plazo, un nivel dado de eficacia. La simplicación previa permite, al mismo tiempo, facilitar el éxito de la modernización, que resulta indispensable a mediano y largo plazo.

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

1. Adam Everett E. Administración de la Producción y las Operaciones. Prentice Hall. México, 1991.
2. Apple, James M. Plant Layout and Material Handling. John Wiley. New York, 1977. k, 1977.
3. Béranger, Pierre. En Busca de la Excelencia Industrial. Ciencias de la Dirección. Madrid, 1988.
4. Black J.K. The Design of the Factory with a Future. Mc Graw-Hill. New York, 1991.
5. Buffa, Elwood S. Modern Production / Operation Management. John Wiley and sons. New York , 1987.
6. Carrascosa J.L. Información de la Era Industrial. Ciencias de la Dirección. Madrid, 1991.
7. Chase, Richard B. Producción and Operations Management. Richard D. Irwing Inc. 1981.

8. Hall, R.W. Zero Inventories. Dow Jones-Irwin. Homewood, 1983.
9. Harmon, Roy L. Reinventing the Factory. Free Press. New York, 1990.
10. Harrington, H. James. Como Incrementar la Calidad-Productividad en su Empresa. Mc Graw-Hill. México, 1988.
11. Moskowitz, Herbert. Investigación de Operaciones. Prentice Hall. México, 1982.
12. Ohno, Taiicho. Toyota Producción System. Productivity Press. Cambridge, 1988. e, 1988.
13. Sandras, William A. Just-in-Time: Making it Happen. Oliver Wight. New York, 1988.
14. Sumanth, David J. Ingeniería y Administración de la Productividad. Mc Graw-Hill. México, 1990.
15. Wallace, Thomas F. MRP II : Making it Happen. Oliver Wight. New York, 1990.

## ARTICULOS

1. Smith, Bradley C. Impact of JIT on Manufacturing Systems. Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990.
2. Maskell Brian H. Synchronized Manufacturing: Essencial for Just-in-Time. Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990.
3. Hinson, Jerry D. Just-in-Time Principles Applied to JIT Training Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990. .
4. Schunchts, David R. Simplify your Sistems for JIT. Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990.
5. Uhlemann W.R. Focused Management for your Focused Factories. Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990.
6. Boyer, John E. Structured Flow for Reducing Order Processing Time. Just-in-Time Seminar proceeding APICS. San Francisco July 9-11, 1990.