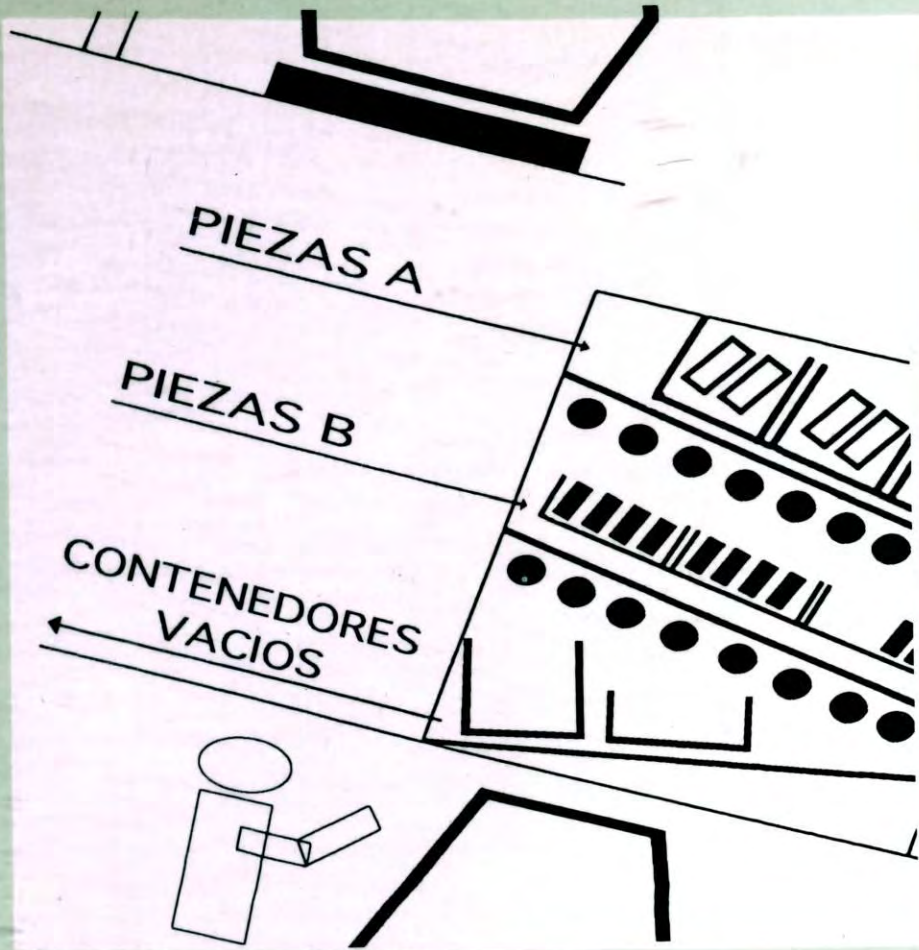


111



# PRODUCCION JUSTO A TIEMPO Y HERRAMIENTAS DE APOYO

D.I. MARCOS MARTINEZ REYES

57

5  
36



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
UNIDAD AZCAPOTZALCO

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

## **D.I. MARCOS MARTINEZ REYES**

-Maestría en Administración  
Universidad La Salle en México D.F.  
(1989-1992)  
-Licenciatura en Ingeniería Industrial  
Universidad Autónoma Metropolitana en  
México D.F. (1978-1984)  
-Licenciatura en Ingeniería Industrial  
Ce.N.E.T.I. (1976-1977)  
-Diplomado de Técnico en Máquinas y  
Herramientas  
C.E.C.Y.T. Juan de Dios Batis

Trabajó como dibujante en Grupo DAP (1981) y al año siguiente se convirtió en Asociado "c" medio tiempo de la Universidad Autónoma Metropolitana.

En 1986 labora como Gerente de Planta Nivel 31 del grupo Spaicer, Plataformas y Carrocerías S.A. de C.V. donde colaboró en la fabricación de Gabinetería Especializada para la Industria Electrónica DATA PRODUCTS, HEWLETT-PACKARD e IBM, fabricación de estructuras metálicas mediante el Sistema JIT; así como vestido y montaje para camionetas Chrysler y pintado de defensas para FORD usando el Sistema de Planta Focalizada.

En abril de 1987 participó como Coordinador del Área Metal Plástico en el Instituto Mexicano del Petróleo, para la construcción de un Simulador de Brotes a escala real. Actualmente funge como Secretario de Talleres y Laboratorios en la Escuela de Ingeniería en la Universidad LaSalle.

Se le reconoce su participación en el Diplomado en Administración de la Manufactura Herramientas de Mejora Continua, el 4o. Congreso de Ingeniería y el 4o. Congreso de Métodos Numéricos en la Universidad LaSalle. Otros congresos son: Color en el Diseño, Embase y Embalaje en la Universidad Autónoma Metropolitana, a los cuales se suma el congreso de Costos y Calidad impartido por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Económica y de Costos A.C.

# 218284  
C.B. 2894799

# PRODUCCION JUSTO A TIEMPO Y HERRAMIENTAS DE APOYO

D.I. MARCOS MARTINEZ REYES



2894799

242167

040200



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

División de Ciencias y Artes para el Diseño

AZCAPOTZALCO

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

69984

M

UAM

TS 155

M2.766

**Dr. Gustavo A. Chapela Castañares**  
Rector General

**Dr. Enrique Fernández Fassnacht**  
Secretario General

**Uc. Edmundo Jacobo Molina**  
Rector Unidad Azcapotzalco

**Mtro. Adrián de Garay Sánchez**  
Secretario de Unidad

**M.D.I. Emilio Martínez de Velasco**  
Director División de Ciencias y Artes  
para el Diseño

**Arq. Rosa Elena Alvarez Martínez**  
Jefe Depto. Procesos y Técnicas de Realización

**D.I. Alberto Cervantes Baqué**  
Jefe Area de Tecnología y Diseño para la  
producción de Objetos



Coordinación  
**D.G. Mariana Larrañaga Ramírez**

Formación editorial  
**MetaDiseño S.A. de C.V.**

Ilustración de la portada  
**Rosalinda Rodríguez Costales**

Fotomecánica e Impresión de la portada  
**Talleres de Diseño CYAD**

Impresión interior  
**Taller de Impresión y Reproducción CSU**

Derechos Reservados  
©1993 Universidad Autónoma Metropolitana  
División de Ciencias y Artes para el Diseño  
Av. San Pablo 180 Col Reynosa  
Azcapotzalco C.P. 02200  
México 16 D.F. Apdo. Postal 16-307



# INDICE

	PAG.
<b>EL JUST IN TIME (JUSTO A TIEMPO) O JIT</b> .....	3
<b>CONCEPTOS BASICOS</b> .....	7
PROCESO JUST IN TIME .....	9
SISTEMA JUSTO A TIEMPO .....	9
REDUCCION DE LOS TIEMPOS DE PREPARACION .....	13
REDUCCIONES INDIRECTAS DE LA MANO DE OBRA .....	20
EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD Y EL JIT .....	21
MURI, MUDA, MURA .....	23
<b>DISTRIBUCION EN PLANTA</b> .....	26
OBJETIVO DE LA DISTRIBUCION EN PLANTA .....	26
MODULOS UNIFORMES DE PROCESO .....	30
LOCALIZACION IDEAL DE OFICINAS .....	34
<b>TECNOLOGIA DE GRUPOS</b> .....	35
REDUCCION DE LOTES (SMED).....	39
FIJAR LA BASE.....	43
ELIMINAR EL METODO DE TANTEOS .....	44
DISPOSITIVOS DE FIJACION RAPIDA.....	45

	PAG.
<b>SISTEMA KANBAN</b> .....	51
EL SISTEMA KANBAN DE TOYOTA.....	53
KANBAN DE UNA SOLA TARJETA .....	57
NOTAS.....	61
LIMITACIONES DEL KANBAN .....	62
<b>ENTRENAMIENTO CRUZADO</b> .....	66
<b>BENCHMARKING</b> .....	71
SECUENCIA DE IMPLANTACION DE LA GESTION DE CALIDAD .....	73
<b>MANTENIMIENTO TOTAL</b> .....	80
LA FIABILIDAD DE LAS MAQUINAS .....	80



## EL JUST IN TIME (Justo a Tiempo) o JIT

La fabricación JIT es un sistema completo de gestión empresarial, implantado e impulsado por el Sr. Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Co.; el cual como dice Cynthia Lane de la ASQC, <no es un programa independiente ni una panacea para conseguir ser líder mundial en calidad>, pero es sin duda una de las primeras claves a citar al referirnos a los elementos que han contribuido al éxito japonés, que hoy día está siendo adoptado por multitud de compañías en todo el mundo.

Básicamente es una herramienta de Gestión destinada a asegurar que se fabriquen productos de calidad a tiempo y con un costo reducido, estableciendo un sistema que permita entregar al cliente un producto con la calidad necesaria, en la cantidad exacta y en el momento preciso.

De este modo, con el JIT se elimina el stock de inventarios que hasta entonces se mantenía debido a tres razones:

- Por falta de calidad en las partidas suministradas, a fin de no detener la producción por falta de material a pto para la fabricación. Esto incluye tanto a los suministros internos como a los externos.
- Por falta de calidad del servicio, si éste es incapaz de garantizar que las partidas llegarán a la fábrica en el momento exacto en que se necesitan.
- Por mala calidad en la programación de producción, si llega a suceder que el ritmo de fabricación es errático o imprevisto, o se acelera desviándose respecto a los planes establecidos.

Esta reducción de stock no supone simplemente disminuir el volumen de material almacenado por seguridad, sino también reducir el tamaño de las entregas, haciendo éstas más frecuentes.

Fukuda, otro autor citado en la bibliografía, al hablar de la relación que existe entre < los niveles de stock y los problemas de producción > emplea un símil claro y evocador que encuentro altamente atractivo.

Compara los niveles de stock con la marea que oculta los arrecifes costeros, los cuales simbolizan los problemas de producción tales como:

Deficiencias en el sistema de planificación y control, como los relativos a control de prioridades, programación, estándares, planificación de capacidad, etc.

- Largos plazos de cambio de útiles o herramientas.
- Falta de trabajadores entrenados.
- Personal desequilibrado.
- Problemas derivados de equipos parados o infrautilizados.
- Deficiencias en el sistema de producción: Inventarios, Sistemas de Diseño, Flujo de Material, Balance de Capacidad, etc.
- Defectos de calidad.

Cuando va bajando la marea, los arrecifes van apareciendo uno tras otro, permitiendo de este modo que los problemas que representan sean detectados y resueltos.

Esta comparación del enmascaramiento producido por el volumen de stocks la hace extensiva, además a la acumulación de lo que él llama trabajos de proceso (WIP). De este modo dice que si por ejemplo, un taller trabaja a dos turnos diarios, mientras que otro taller trabaja a un turno, el trabajo será deficiente debido a la acumulación de trabajos en proceso en el segundo taller, en el que los trabajadores estarán rodeados por grandes cantidades de producto almacenado.

Parece obvio, pero este segundo taller puede referirse a un suministrador o a una empresa colaboradora, de cuyo

funcionamiento y problemas puede que la primera no tenga suficiente nivel de información.

Así, el JIT implica un elevado conocimiento de los procesos productivos, una exquisita precisión y una gran confianza entre el comprador y el suministrador, basada en el conocimiento y la comunicación. Esto es la causa de que en las nuevas filosofías de calidad se recomiende utilizar un único suministrador para cada producto determinado.

De este modo se consiguen "beneficios" materiales para todos los implicados:

- El suministrador sabe que, al producir exactamente la cantidad que necesita su cliente, va a reducir sus pérdidas por materiales rechazados o aplazamiento de pedidos, al tiempo que tiene garantizada su producción.
- El comprador sabe que va a ahorrar reduciendo stocks, que el material que se le suministra es aceptable, pudiendo llegar a suprimir los controles de recepción, con el consiguiente abatimiento del proceso de producción, y que va a tener la cantidad para fabricar lo que necesita en cada momento.

Una última característica del JIT, menos conocida que los principios anteriores, es la denominada "fabricación en flujo", consistente en modificar la esencia del proceso productivo, sustituyendo la fabricación de piezas en serie, en la cual cada operario realiza una única operación, por el multiproceso, en el que cada trabajador ocupa una célula en forma de "U", formada por varias máquinas situadas secuencialmente, realizando en pie un proceso en cada uno para fabricar un elemento completo cada vez, siendo responsable de la secuencia completa.

Esto, además de producir una mayor satisfacción personal y una mayor destreza del trabajador al diversificar su trabajo, permite una mejor disponibilidad del elemento humano en el conjunto de procesos productivos a ser cubiertos por la empresa.

Por supuesto, este sistema revolucionario implica un importante cambio de mentalidad, tanto de los empresarios

como de los directivos, de los mandos intermedios y de los trabajadores.

A este respecto, presentaremos lo que podríamos considerar nueve principios de mejora inherentes al modo de pensamiento JIT que deben ser tenidos previamente en cuenta y aceptados por la gerencia de las empresas que deseen implantar este sistema:

1. Desechar los conceptos tradicionales sobre los métodos de fabricación.
2. Pensar cómo trabajarán los nuevos métodos; no cómo "no" trabajarán.
3. No aceptar excusas. Los nuevos métodos rechazan totalmente un estado pasivo.
4. Corregir los errores donde se encuentren.
5. No gastar dinero en las mejoras. O más claramente, no fundamentar la mejora en la asignación de inversiones presupuestarias.
6. Los problemas le darán una oportunidad de usar su inteligencia.
7. Preguntar ¿Por qué? cinco veces hasta llegar al fondo de las cosas más allá de lo que presenta como obvio o aparente.
8. Las ideas de diez personas son mejores que las ideas de una persona.
9. Las mejoras no tienen límite.

## CONCEPTOS BASICOS

Para entrar de lleno en el asunto y situarnos, partiremos de una serie de definiciones relativas a algunos conceptos básicos con los que sin duda se habrán encontrado, dado que aparecen con frecuencia en las revistas especializadas y en todo tipo de publicaciones relacionadas con los métodos de fabricación y la política industrial del gigante japonés.

Se presentan ordenados alfabéticamente, ya que sería imposible situarlos por orden de importancia, puesto que la mayoría están relacionados entre sí.

Son los siguientes:

CWQC	(Company Widow Quality Control), también llamado TQC estilo japonés, es el nombre que se le da al conjunto de actividades de control de calidad, que aplican a todos los aspectos de las operaciones de la compañía.
EIM	(Excelence in Manufacturing), excelencia en manufactura. Una estrategia de producción con un nuevo grupo de valores para mejorar continuamente la calidad y la productividad.
JAT	(Justo a Tiempo)= JIT (Just in Time).Sistema de Gestión empresarial que permite entregar al cliente el producto con la calidad exigida, en la cantidad precisa y en el momento exacto.
JIDOKA	(Automatización). Consiste en instalar sensores en las máquinas que les permitan detectar defectos, así como mecanismos capaces de parar la línea cuando éstos ocurren. Tuvo su origen en la división de Mecanizado de la Toyota Motor Company y como dice el Sr. Hirano, Jidoka es dar un toque humano a la automatización.

KAIZE	(De KAY = Cambio y ZEN = la bondad). Es el término que se refiere al espíritu y la práctica de los principios de la mejora continua de la empresa.
KANBAN	Es una herramienta del sistema JIT (con frecuencia son tarjetas u hojas de papel), que transmite información para el control de materiales.
POKA-YOKE	(Prevención de Defectos). Son sistemas sencillos de auto-control que pueden realizar los propios trabajadores en las operaciones de producción.
SMED	(Single-Minute-Exchanged of Die). Sistema que permite minimizar drásticamente el tiempo de preparación de máquinas y de cambio de útiles de trabajo.
TAGUCHI	Métodos de Ingeniería que permiten valorar los costos de la no calidad y ahorrar minimizando el número de experimentos, sin perder información sobre los parámetros analizados.
TQC	(Total Quality Control), traducido normalmente por Control de Calidad Total, es un término acuñado por A. V. Feigenbaum y utilizado en E.U.A. que no está universalmente aceptado. En determinados países europeos también se le conoce por ICPQ (Control Integrado de Calidad del Producto).

Las 5-S: (Los cinco pasos del movimiento Kaizen).

Seiri	Arreglo metódico: clasificación
Seiton	Orden
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Mantener, conservar en estado de uso.
Shitsuke	Disciplina

## **PROCESO JUST IN TIME**

Las empresas que se dedican a la producción continua o de alto volumen no siempre aprovechan la planeación de requerimientos de material. Esta planeación es de gran utilidad en cualquier situación en la que se produzcan lotes de un volumen mediano. En tales situaciones los requerimientos son irregulares, y hay un largo tiempo de espera mientras llegan los insumos comprados o componentes producidos. En el MRP se organizan los requerimientos por fases de tiempo, de manera que pueda resurtirse el inventario oportunamente. Sin embargo, varias compañías de los E.U.A. utilizan los sistemas de Manufactura Repetitiva o Manufactura de Flujo Continuo, y en ambas se manejan grandes volúmenes. Mediante la Manufactura Repetitiva se obtienen productos discretos estándar, en lotes relativamente pequeños. En cambio, la Manufactura de Flujo Continuo se basa en corridas largas de productos con un flujo lineal para aprovechar eficazmente una gran inversión de capital.

En cualquiera de los dos casos, el MRP no es la única alternativa disponible para la planeación y programación, y en ciertas circunstancias hay otros métodos que podrían funcionar igual o mejor.

## **SISTEMA JUSTO A TIEMPO**

Hace relativamente poco, las industrias americanas gozaban de una ventaja competitiva por su tecnología y recursos económicos, con brillantes perspectivas en un mercado en constante expansión. Más recientemente, una gran cantidad de compañías de la industria química, siderúrgica, electrónica y automotriz han perdido esa ventaja. Uno de los desafíos más serios en esta competencia lo planteó la industria de automóviles del Japón, que en muchos casos son de mejor calidad y menor precio que los autos americanos de tamaño y equipamiento comparables. Esto motivó a los directivos americanos a estudiar los métodos japoneses de control y administración de la manufactura repetitiva.

En retrospectiva se ve que lo que averiguaron no tiene nada de sorprendente, aunque si es muy iluminador. Los

japoneses no usaron ninguna fórmula mágica única para lograr el éxito.

Jugaron su parte el ambiente geográfico y cultural, sus prácticas de dirección de empresas, el apoyo de la fuerza laboral y la automatización.

### **PRODUCCION JUSTO A TIEMPO**

La industria occidental ha formulado varias reglas para ponerse al día con los japoneses. Hasta hace poco, en la mayoría de las listas de prescripciones se omitía la administración de la producción Justo a Tiempo (JIT) y el control total de la calidad (TQC) de los japoneses.

La producción justo a tiempo es sencilla, requiere de poco uso de la computadora y en algunas empresas proporciona controles mucho más estrictos del inventario de los que se pueden lograr con los métodos norteamericanos basados en las computadoras. Además, JIT da lugar a calidad y productividad sustancialmente más altas y sus resultados son visibles, de manera que la responsabilidad y la dedicación del trabajador mejoran.

Las aplicaciones y los beneficios de la fórmula JIT/TQC da lugar a un nivel de productividad y mejora de la calidad que desmoraliza a los competidos extranjeros de los fabricantes japoneses. Los obstáculos culturales y económicos que se oponen a la aplicación de los conceptos JIT fuera de Japón no parecen ser graves, como lo han demostrado algunas de las compañías subsidiarias japonesas instaladas en Norteamérica y América Latina.

### **EL CONCEPTO JUSTO A TIEMPO**

El concepto justo a tiempo parece estar en la médula de la administración de la producción y el mejoramiento de la productividad en el Japón. La idea JIT es sencilla: producir y entregar artículos terminados justo a tiempo para venderlos, submontajes justo a tiempo para convertirlos en artículos terminados; partes fabricadas a tiempo para transformarlas en partes fabricadas. Alguien con ingenio dijo: la industria



japonesa produce pequeñas cantidades justo a tiempo; la industria occidental produce enormes cantidades "por si acaso". Al igual que la calidad perfecta, la acción absolutamente a tiempo jamás se logra. Es más bien un ideal que se debe perseguir con dinamismo.

El ideal JIT es que todos los materiales estén activamente en uso como elementos de la producción en proceso, nunca en descanso acumulando costos de almacenaje. En un modo de operación al día, con cantidades de producción y entrega que se aproximan a una sola unidad de producción y movimiento de materiales pieza por pieza.

En una planta situada en Lincoln, Nebraska, subsidiaria de Kawasaki Motors, ese ideal constituye una meta, un objetivo predominante que la fábrica entera persigue año con año. Todo movimiento realizado en cualquier lugar de la planta, hacia cantidades más pequeñas de producción/entrega, logra algunos de los beneficios que el JIT promete.

El punto de vista que predomina en occidente es que el JIT es un sistema de control de inventario, de hecho no es raro que la expresión justo a tiempo se utilice como sinónimo de KANBAN, que es el nombre de un sistema japonés específico de reposición de inventario desarrollado por Toyota. Kanban es en realidad un mecanismo para avanzar hacia la producción JIT.

El JIT es en realidad un sistema de control de inventario; instrumento de control de calidad y del desperdicio, una configuración modernizada de la planta que aumenta el rendimiento de los procesos. Es el modo de equilibrar la línea de producción y un mecanismo de motivación y participación del empleado.

### **REDUCCION DEL TAMAÑO DE LOS LOTES**

Es evidente que cuando se ordenan lotes más grandes, el promedio de inventario será mayor y se pagará más por el concepto de almacenaje. Por lo tanto, si se quiere que los costos por concepto de almacenaje disminuya, sólo es

necesario ordenar cantidades de material más pequeñas, con más frecuencia.

Pero los pedidos más frecuentes también tienen su costo. En las fábricas, cada vez que una parte o componente se ordena de nuevo, hay un costo de preparación. Preparar una máquina para realizar un componente en especial, implica a menudo colocar pesadas matrices en su lugar y efectuar ajustes. Luego se hace una pieza de prueba y el inspector la verifica.

La inspección de la primera pieza revela con frecuencia algún defecto. Hay que hacer ajustes. A veces transcurren horas antes de que los ajustes sean los correctos y se proceda a la producción.

La mano de obra que se utiliza en la preparación, más las partes echadas a perder y los costos indirectos pueden hacer crecer los costos de preparación. El superintendente de la fábrica quiere reducir los costos de preparación haciendo ajustes con menor frecuencia y fabricando partes en grandes cantidades. Surge entonces un conflicto clásico: el departamento de finanzas quiere disminuir los costos de manejo mediante corridas pequeñas y frecuentes; el departamento de fabricación quiere disminuir el costo de preparación mediante corridas largas y poco frecuentes.

La solución del conflicto es un arreglo pragmático. Hay un tamaño del lote económicamente correcto: ni tan grande que de lugar a un costo excesivo de manejo, ni tan pequeño que de lugar a un costo excesivo de preparación. La cantidad media se conoce con el nombre de < Lote Económico >(LE), o corrida económica.

La fórmula del LE data de 1915 aproximadamente, cuando fue desarrollada independientemente por R. E. Harris y R. H. Wilson. Durante años el LE ha sido una piedra angular de la administración del inventario. Sin embargo es hora de descartar parte del adiestramiento en el LE. Los japoneses dan dos razones para ello.

1. El costo de manejo y preparación son sólo dos costos evidentes. La calidad, el desperdicio, la motivación y

responsabilidad del trabajador y la productividad en la fabricación también resultan afectados substancialmente por el tamaño de los lotes que se fabrican.

2. El costo de preparación es real y significativo, pero no inalterable. La mayoría de los costos de preparación se pueden reducir.

## **REDUCCION DE LOS TIEMPOS DE PREPARACION**

Los representantes del departamento de control de producción de Toyota citan un ejemplo de la persistencia de los japoneses al atacar los problemas de la preparación. Una de las campañas de Toyota para reducir los tiempos de preparación se inició en 1971. En ese año, se necesitaba una hora para colocar las prensas de 800 toneladas que servían para moldear las capotas y salpicaderas de los automóviles. Después de unos años de trabajo intensivo de ingeniería el tiempo de preparación se redujo a 12 minutos. Esto equivale, según los autores a 6 horas en el caso de un competidor norteamericano.

Pero el tiempo de preparación de 12 minutos es todavía muy largo. Toyota lucha por el "tiempo simple" de preparación, que significa un sólo dígito; es decir, menos de 10 minutos. Con frecuencia Toyota ha sido capaz de reducir el tiempo de preparación a menos de un minuto. Esto se llama "preparación de un solo toque". Las dos expresiones, Tiempo Simple de Preparación y Preparación de un Solo Toque, se emplean actualmente en varias compañías japonesas.

La alteración de las máquinas herramientas comerciales para lograr una preparación rápida se realiza con mucha frecuencia en la industria japonesa, pero los japoneses no se detienen ahí. En muchos casos la solución del problema de tiempo de preparación consiste en retirar la máquina comercial y hacer que los fabricantes de herramienta de la compañía construyan sus propias máquinas. Las diseñadas ahí mismo pueden ser para uso especial, livianas, fáciles de mover y de bajo costo. Además el tiempo de preparación se puede reducir a cero. Es decir, todo lo que tiene que hacer el trabajador, es cargar y descargar.

## **REDUCCION DE LOS COSTOS DE LA ORDEN DE COMPRA**

El concepto del lote económico se aplica a menudo para determinar las cantidades que se van a comprar y el tamaño de los lotes de fabricación.

Los japoneses han atacado los costos de la orden de compra con el mismo ardor que los costos de preparación. Una manera de reducir los costos de la orden de compra es simplificando el proceso de compra. Los compradores norteamericanos tienen un arsenal de trucos bien conocidos para reducir los trámites de compra: pedidos generales, compras sin abastecimiento, contrato con proveedores, caja chica, listas aprobadas de proveedores, etc. Pero los compradores y vendedores norteamericanos se quedan asombrados cuando oyen hablar de los límites a los que han llegado los japoneses en cuanto a reducir las actividades de compra. Las compañías de compras llevan un control estricto de las compañías proveedoras, de modo que hay menor necesidad de recurrir a varias de las actividades de compra normales en norteamérica. Por ejemplo, los proveedores japoneses, rutinariamente hacen entregas de partes una o más veces al día a los grandes fabricantes de equipo original y la cantidad entregada se puede variar cada día mediante una simple llamada telefónica.

Los proveedores occidentales, en cambio, entregan típicamente con furgones o camiones enteros con intervalos de un mes. El papeleo formal (órdenes de compra, lista de embalaje, conocimientos de embarque, facturas, etc.) precede, acompaña y sigue a cada entrega.

Varias de las plantas subsidiarias japonesas que operan en los E.U.A. han tratado de introducir los procedimientos JIT japoneses en el país. Es bastante difícil lograr que los proveedores norteamericanos se adapten; sin embargo, han conseguido éxitos notables.

## **LA CADENA JIT DE CAUSA Y EFECTO**

La administración japonesa de la fabricación ha contagiado la imaginación de la industria occidental. Cientos, tal vez miles

de empresas norteamericanas han introducido algún tipo de programa tratando de imitar a los japoneses. La mayoría de estos programas son motivadores: organizar grupos de participación del empleado al estilo japonés, llamados generalmente Círculos de Calidad. Otros programas se concentran en la modernización de la planta, incluyendo la robotización. Otros más implican un mayor control de los procesos con vistas a la calidad. Más recientemente, se ha programado la idea de la acción justo a tiempo y las fábricas buscan la manera de reducir los tiempos de preparación, el tamaño de los lotes de producción y las cantidades entregadas a los proveedores.

Este último enfoque resulta particularmente atractivo, puesto que la reducción del tamaño de los lotes pone en marcha una reacción en cadena de beneficios, incluyendo los que se relacionan con la motivación, la calidad y el mejoramiento en planta.

#### **DISMINUCION DEL DESPERDICIO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD**

La razón por la cual los lotes mínimos dan lugar a menos desperdicio y mejor calidad se puede explicar en forma sencilla: si un trabajador hace sólo una de cierto número de partes, el primero se enterará muy pronto en caso de que la parte no ajuste en una de las estaciones de trabajo siguientes. Así, los defectos se descubren rápidamente y sus causas pueden cortarse de raíz. Se evita la producción de grandes lotes que contienen un porcentaje elevado de piezas defectuosas.

Los efectos de disminución del desperdicio y mejoramiento de la calidad, son máximos cuando el tamaño del lote se reduce a la producción de una pieza a la vez; pero cualquier reducción del tamaño del lote ayudará.

"La calidad es valor agregado, todo lo demás es desperdicio".

#### **EFFECTOS MOTIVADORES**

Podemos esperar (de acuerdo con los principios de esfuerzo de B.F.Skinner) que el trabajador que ve rápidamente los

efectos de su trabajo, se sienta naturalmente motivado para mejorar. Cuando JIT está en operación, no hay necesidad de que los supervisores empapados en la ciencia de la psicología conductual vengan a dar a los empleados palmaditas en la espalda. Las consecuencias de la labor del trabajador son rápidamente visibles y constituyen su recompensa o su cargo.

Pero aunque los principios del refuerzo rápido no funcionaran, la modalidad JIT haría probablemente que el trabajador fuera más responsable. Con JIT si una parte no ajusta en la estación de trabajo siguiente, el trabajador que hizo la parte defectuosa no tendrá dificultad en encontrar el error.

En suma, el trabajador se percata cada vez más de la causalidad del efecto. Si se expresa con una metáfora, es posible decir que con la producción occidental por grandes lotes, los grandes inventarios ocultan los problemas, así mareas altas le ocultan al navegante las rocas peligrosas. Si hay visibilidad, cada uno seguirá el rumbo correcto.

Más específicamente, parece haber tres clases de respuestas positivas motivadas por una percepción mayor de los problemas y sus causas. Los trabajadores, sus jefes y el personal asesor pueden generar:

- ~ Ideas para controlar los defectos, los cuales se retroalimentan para mejorar el control del desperdicio y la calidad.
- ~ Ideas para mejorar la entrega JIT (por ejemplo, una colocación más conveniente de las partes para minimizar las demoras en la entrega), las cuales se retroalimentan para mejorar la producción JIT.
- ~ Ideas para reducir el tiempo de preparación, las cuales se retroalimentan para reducir el tamaño de los lotes.

*"Los mejoramientos se alimentan de los mejoramientos".*

## **EFFECTOS EN LA RESPONSABILIDAD**

Una deficiencia más en los grandes lotes es que puedan dar lugar a una racionalización conveniente del descuido por parte del trabajador, del grupo de trabajadores y probablemente también del sindicato y la administración. Pueden pensar, un poco justificadamente, que cierto porcentaje de piezas defectuosas en un lote grande perjudica poco. En un lote grande pueden existir bastantes piezas buenas por cada unidad mala. Se desecha la parte defectuosa y se continúa con el montaje. Con los pequeños lotes JIT, en cambio, unas cuantas partes defectuosas inmediatamente son un problema. La necesidad de evitar los errores es evidente, y esto mejora el sentido de la responsabilidad de los trabajadores.

Los observadores occidentales se maravillan al ver cómo los trabajadores japoneses se ayudan mutuamente a resolver problemas. Este comportamiento es de esperarse en una planta JIT, puesto que, con intervalos pequeños, el problema de un sólo trabajador amenazaría con interrumpir los procesos subsecuentes. Todos los trabajadores (y su supervisor) tienen cuotas de producción que cumplir: el elogio que no se recibe, el tiempo adicional o la reprimenda esperan a quienes no cumplan con su cuota; de modo que es natural que cada trabajador afectado acuda en ayuda de aquél cuya banda de transmisión se rompió, cuya máquina está atorada o que está pasando por cualquiera de una gran variedad de problemas comunes.

Además, los sindicatos de trabajadores japoneses se han opuesto por lo general a negociar reglas de trabajo restrictivas que impidan el movimiento de los trabajadores de la estación, ocupación o tarea que le fue asignada a otra diferente. Al trabajador japonés se le dice que debe ser móvil, para que se agoten las partes, lo cual podría dejar ociosos a sus compañeros y traer las consecuencias de las cuotas no satisfechas.

Parece que no hay necesidad de buscar explicaciones culturales de los altos niveles de dedicación que se observan en los trabajadores japoneses. Sus esfuerzos no están sumergidos en inventarios, como tienden a estar los nuestros.

## **ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO DE GRUPOS PEQUEÑOS**

Una cosa lleva a otra. Los trabajadores interesados llevan sus preocupaciones (por defectos, cuellos de botella, demoras, descomposturas, etc.) consigo al hogar, a la cantina, al boliche y otros lugares donde suelen reunirse sus compañeros. No sólo se habla del trabajo en el Japón, sino que algunos grupos llegan incluso a organizarse en las llamadas actividades de mejora de grupos pequeños, nombre que se da en Toyota a lo que se conoce también como Círculos de Calidad.

En los Estados Unidos, la impresión general es que el concepto de círculo de calidad fue una brillante idea de la administración japonesa. Muchos de los que abogan por los círculos de calidad en ese país piensan que los administradores japoneses están bien familiarizados con las publicaciones norteamericanas sobre la administración, en las cuales se habla de los valores de la participación del empleado y que los principios de los círculos de calidad se moldearon a partir de los principios de la participación del empleado.

En el Japón por principio de cuentas, la necesidad de conservar los recursos naturales escasos estableció un clima favorable para la introducción del JIT, esto sin desacreditar a los administradores japoneses. Pero una parte de la fórmula del éxito consistió en capitalizar procesos sencillos y naturales y tendencias humanas como las que se derivan de las necesidades nacionales del Japón de racionalizar los recursos. (Otro ingrediente de la eficaz administración industrial japonesa es la conversión, más bien reciente, de estos procesos y tendencias en un sistema justo a tiempo con el control total de la calidad).

Donde existen C.C., estos generan los tres tipos de ideas de mejoramiento que ya hemos mencionado. Sin embargo, en un estudio a gran escala, un grupo de Harvard no encontró en los Estados Unidos subsidiarias japonesas en las cuales hubiera C.C. Esto podrá sorprender a las legiones de quienes abogan en E.U.A. por el Control de Calidad, así como a las muchas compañías norteamericanas que han establecido Círculos de Calidad y programas de actividades de mejora.



## **RETIRO DE INVENTARIO DE PROTECCION**

Lo que hasta aquí se ha dicho acerca de la cadena JIT de causa y efecto no requiere de mucha intervención cotidiana de la administración. Los japoneses llevan un sistema de producción al día, con la alta productividad consiguiente, porque tienen que hacerlo así para conservar sus escasos recursos materiales. Ya no son la única nación que encara los altos costos de adquisición y manejo de materiales; tal vez ahora, el resto del mundo tenga sus propias razones para apretarse el cinturón al estilo JIT.

Pero la historia de JIT encierra algo más. El enfoque total justo a tiempo exige una administración eficiente para implantar las características claves del sistema, así como la atención diaria de la administración para que el sistema funcione. Las innovaciones del sistema de la administración de la producción japonesa introducidas apenas en los últimos años pueden ayudar a explicar por qué los resultados de la productividad japonesa parecen haber bombardeado recientemente al mundo occidental, como una segunda oleada de bombardeos que dan el tiro de gracia en una invasión aérea. El sistema manual anban de Toyota y el sistema de Yamaha, basado en la computadora, figuran entre los temas más candentes que se tocan en las juntas de desarrollo profesional de varias sociedades de administradores de la producción y el inventario. (Esto comenzó más o menos en 1980 y para 1981 despertaba gran interés).

Otra de las innovaciones consistente en voltear al revés un acariciado y viejo principio de la planeación de inventario. Dicho principio se refiere al inventario de protección, llamado a veces existencias de seguridad. Hasta ahora se ha prestado atención al inventario basado en el lote económico, cuya única razón de existir es el costo de preparación en que se incurre para hacer el lote. Si el tiempo de preparación y el costo son de cero, el lote económico o tamaño del lote, se reduce a una unidad, requisito previo del ideal JIT; el procesamiento pieza por pieza. Pero aun cuando se elimina el inventario basado en el tamaño del lote, a menudo queda un inventario de protección, el cual se inserta entre las estaciones de trabajo para amortiguar las irregularidades en el proceso de alimentación de partes. El principio del

inventario de protección es sencillo: mientras mayor sea la irregularidad, mayores serán las existencias de protección.

Los japoneses no aceptan ya el principio de protección. En vez de agregar existencias en los puntos de irregularidad, los gerentes de producción exponen deliberadamente a los trabajadores a las consecuencias. El resultado es que los trabajadores y supervisores se reúnen para cortar de raíz las causas de la irregularidad. No pasarlas por alto significa encarar las consecuencias de la interrupción del trabajo.

El principio japonés de exponer a los trabajadores a las consecuencias de las irregularidades en la producción no se aplica pasivamente. En el sistema Kanban de Toyota, por ejemplo, cada vez que los trabajadores logran corregir las causas de una irregularidad reciente, los supervisores retiran más existencias de protección. A los trabajadores no se les permite jamás que se atengan a un patrón de comodidad. Más bien, el patrón viene a ser de perfeccionamiento constante del sistema de producción. Las actividades de mejoramiento de grupos C.C. de Toyota nunca carecen de nuevos intereses. Queda por ver si el ciclo de mejoramiento se puede mantener indefinidamente.

## **REDUCCIONES INDIRECTAS DE LA MANO DE OBRA**

El control JIT del inventario produce beneficios indirectos al mismo tiempo que afecta directamente a los trabajadores y a su producción. Con menos inventario hay menos costo de intereses sobre el capital paralizado en inventario. Asimismo, hay menos almacenes y son más pequeños, se requiere menos espacio en la fábrica para el inventario de producción en proceso, menos contabilidad del inventario y menos control físico del mismo. La industria occidental se caracteriza por un numeroso personal para manejar inventario, los muchos almacenes cuyo acceso debe ser controlado, los talleres cargados de inventario y docenas de formas de control de materiales e informes y archivos producidos por la computadora. En cambio, los japoneses prefieren llevar los materiales recibidos de los proveedores, de la plataforma de descarga a la línea de producción y optan por la producción y el movimiento de materiales sin lotes y existencias de protección dentro de la planta.

## **EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD Y EL JIT**

El control total de la calidad (TQC) puede funcionar por sí mismo o en combinación con la producción justo a tiempo. En este último caso, el TQC mejora notablemente los aspectos de calidad del modelo JIT.

El TQC, a todo el personal de la fábrica se le inculca la idea de que el control de la calidad es un fin en sí mismo. El lema que mejor resume el concepto TQC es calidad desde el Origen. Para el personal de la fábrica significa que los errores, si los hay, deben ser detectados y corregidos en la fuente; es decir, donde se realiza el trabajo. Esto contrasta con el proceso occidental, tan extendido, de la inspección mediante el muestreo estadístico después de que el lote fue producido: detección del defecto en lugar de prevención del mismo. En el sistema occidental, la inspección la llevan a cabo inspectores del departamento de control de calidad; en el TQC japonés, los trabajadores y los supervisores son los primeros responsables de la calidad y se espera que todos los demás contribuyan, con frecuencia a solicitud de los trabajadores y los supervisores. Los ingenieros diseñan dispositivos para la corrección automática de errores, el departamento de personal capacita en control de calidad, la gerencia autoriza rápidamente el financiamiento de cualesquiera ideas que puedan mejorar la calidad, etc.

Si existe control de calidad en el origen, la pronta retroalimentación de información sobre defectos es natural, es decir, corresponde al trabajador (o al equipo automático de detección), verificar inmediatamente la calidad de la parte producida. Así el trabajador sabe inmediatamente si la parte es mala, lo cual lleva a una mayor conciencia de los problemas y sus causas. Las ideas para controlar los defectos son generadas por el trabajador, grupo de trabajo, el supervisor, diversos ingenieros y otras personas que podrían ser llamadas para que ayuden. Los nuevos controles de los defectos disminuyen el desperdicio y mejoran el control de la calidad. El ciclo se repite y combina con el ciclo JIT la disminución del tamaño de los lotes además de simplificar la producción.

Los efectos del TQC son: menos horas de trabajo para corregir y menos desperdicio de materiales. Además se

tendrá mejor calidad de los artículos determinados. En el estudio anterior del concepto JIT, la mejor calidad de los productos terminados no se mencionó como un efecto del JIT porque se podría tener una calidad igualmente del producto en una fábrica occidental mediante una extensa inspección final, el trabajo de corrección y las charolas de piezas desechadas.

Es decir, JIT no mejorará necesariamente la calidad del producto, pero ciertamente sí bajará los costos. El control total de la calidad, en cambio, mejorará sin duda alguna la calidad del producto.

El ataque de los japoneses contra la mala calidad, que lleva ya treinta años, ha dado lugar en el Japón a la aplicación generalizada de ciertos procedimientos de control de calidad. Va desde el celoso mantenimiento de la limpieza dentro de la fábrica hasta el empleo de cuadros estadísticos y diagramas de pescado que muestran las causas y los efectos, los C.C. y la autoridad que tienen los trabajadores para detener las líneas de producción a fin de corregir un problema de calidad.

## **TRANSPORTABILIDAD**

La cultura no viaja mucho. En cambio los sistemas administrativos son muy transportables. La elevada productividad japonesa se ha logrado mediante la aplicación de enfoques innovadores de la administración de la producción y la mercadotecnia, engendrados en el ambiente único del Japón. Los administradores industriales japoneses aprendieron a hacer frente a los altos costos de los materiales, los energéticos y el espacio mediante el sencillo pero eficaz sistema de acción justo a tiempo y control de la calidad. El desarrollo de la fórmula JIT/TQC comenzó en forma natural; pero últimamente se han incorporado nuevos principios administrativos (por ejemplo, reducción de los tiempos de preparación, retiro deliberado de inventario de protección y rechazo de un nivel aceptable de calidad) y nuevos sistemas (como Kanban y Synchro-MRP). Uno se siente particularmente impresionado con el conocimiento aparentemente generalizado, de los poderosos efectos de mecanismos de disparo tan simples como las reducciones del costo de preparación. Los japoneses parecen ser capaces de

dejar que el sencillo sistema funcione y de resistir el impulso occidental de encomendar el mejoramiento de la productividad y la calidad a ejércitos de especialistas asesores.

### **MURI, MUDA, MURA**

Los puntos fundamentales de la formulación JIT, están contemplados en la petición japonesa: Evítese < Muri, Muda, Mura. Muri significa exceso. Muda significa desperdicio y Mura quiere decir irregularidad >. La calidad aliterada de las tres palabras, así como su brevedad simbólica, las han convertido en una expresión popular entre los japoneses dedicados a la fabricación. Las tres palabras se relacionan estrechamente con tres principios muy apreciados de la administración occidental derrumbados por la experiencia de los japoneses con JIT/TQC:

- ~ **MURI.** El principio occidental de ordenar por lotes económicos es, en el sistema justo a tiempo japonés un ejemplo de muri, o exceso. JIT recomienda ordenar los lotes más pequeños que el LE i dealmente una sola unidad, porque:
  - a. La fórmula tiene en cuenta diversos beneficios de los lotes más pequeños incluyendo la disminución del desperdicio y el mejoramiento de la calidad, menos trabajo de corrección y pronta información sobre los errores, que da lugar a la conciencia del problema y su solución.
  - b. La fórmula LE acepta los costos de preparación y de ordenar como cosa fija, mientras que en el sistema japonés ese costo se reduce continuamente.
- ~ **MUDA.** El principio occidental de muestreo estadístico de los lotes hecho por inspectores del departamento de control de calidad, presupone y permite cierto porcentaje de unidades defectuosas, que los japoneses consideran como mura o desperdicio. JIT/TQC prescribe:

- a. Eliminación completa de los lotes (idealmente) de manera que no haya ninguno entre los cuales muestrear ni posibilidad de un cierto porcentaje de unidades defectuosas por lote.
  - b. Calidad desde el origen vigilada por los trabajadores, no por inspectores del departamento de control de calidad, para evitar que se produzcan unidades defectuosas y avancen sin detectarlas hasta procesos siguientes.
- ~ **MURA.** El principio occidental del inventario de protección, que requiere ese inventario para proteger a un centro de trabajo contra la variabilidad de la producción del centro de trabajo anterior es, en el sistema JIT la aceptación irracional de mura, o irregularidad. La solución de JIT es precisamente lo contrario:
- a. Retirar el inventario de protección para exponer la variabilidad y corregir sus causas (en vez de agregar inventario de protección para ocultar problemas).

## DISTRIBUCION EN PLANTA

La disposición física y el flujo de materiales de casi todas las fábricas del mundo, incluidas las más nuevas no son perfectos: Como a menudo estas imperfecciones no son pequeñas, las mejoras en la disposición y el flujo del conjunto de la fábrica pueden incrementar de forma drástica su productividad. Uno de los instrumentos para lograrlo es el proyecto global de fábrica, también llamado plan maestro. En su forma más sencilla este plan incluye, hasta donde sea práctico, la distribución en planta ideal y también los cambios graduales para lograr el traslado de los distintos procesos desde su situación de partida hasta su localización final. En varias empresas el plan maestro necesita abarcar varios edificios en una misma zona o incluso en lugares dispersos por el mundo. Para la mayoría de las fábricas, la creación de un plan maestro ideal no valdrá para nada si la dirección no conoce el carácter vivo del mismo. A medida que cambian las necesidades, también debe cambiarse el plan. Para que el plan maestro resulte práctico, debe ser menos detallado que la distribución en planta final de un proceso de mecanizado o montaje. Puesto que el negocio en sí cambia constantemente, el plan maestro tiene que ser dinámico y flexible. Por ejemplo:

- Se desarrollan y añaden nuevos productos a las líneas existentes y otros se modifican o retiran.
- Se añaden o se retiran líneas completas de producto.
- Se modifican operaciones para reflejar los cambios del producto y las mejoras del proceso.
- Se añaden y eliminan procesos como consecuencia de cambios en las decisiones de fabricar o comprar.
- Las cifras de ventas cambian con el tiempo.

En las fábricas pequeñas, el traslado efectivo de todos los procesos hasta sus emplazamientos idóneos podría tardar solamente uno o dos años, o incluso menos. En la mayoría de las fábricas grandes, el rediseño y relocalización de todos los procesos podrían tardar cinco, diez o más años. En realidad,

debido al cambio continuo, casi nunca se llega a realizar el plan maestro.

## **OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCION EN PLANTA**

El objetivo principal del desarrollo, realización y conservación de una mayor distribución en planta ideal es incrementar o mantener la rentabilidad. Al mismo tiempo, tal disposición también mejora la calidad del producto, el servicio al cliente, la satisfacción de los empleados, etc. Los objetivos más importantes de la disposición en planta de la fábrica con visión de futuro son:

1. Reorganizar la fábrica en subplantas. Esta nueva organización industrial representa el concepto fundamental para lograr un estado superior de fabricación.
2. Disponer del máximo perímetro de acceso para recibir y despachar materiales, componentes y productos lo más próximo posible a cada subplanta. Los procesos con el volumen más alto de recepción y/o expedición deben estar situados en las zonas con mejor acceso a los puntos de recepción/expedición.
3. Agrupar todas las subplantas que participan en la fabricación de productos o familia de productos. De este modo, los componentes y submontajes fabricados en subplantas especiales serán transportados una mínima distancia hasta la subplanta de montaje final. Y lo que es todavía más importante: la proximidad de las subplantas usuarias y suministradas facilita la comunicación entre ellas, reduciendo al mínimo los inventarios y las faltas de material.
4. Situar las plantas suministradoras de componentes comunes en un lugar céntrico. Esto reduce al mínimo la distancia entre la subplanta suministradora y las plantas que utilizan los componentes fabricados en ella. La subplanta suministradora deberá estar lo más cerca posible de la que consume mayor cantidad de su producción en términos económicos. A la inversa, la subplanta suministradora deberá estar situada lo más lejos posible de la que menos consume.



5. Reducir al máximo el tamaño de la fábrica. Cuando se reduce el tamaño al mínimo práctico, se pueden reducir los costos de tiempos perdidos y de movimiento de los trabajadores. Además, la limitación del espacio reduce los costos capitales de la planta y de los equipos de transporte y de montacarga.
6. Eliminar almacenamiento centralizado de materiales, componentes y conjuntos adquiridos y fabricados. El objetivo es transferir las operaciones de almacenamiento a las subplantas especializadas.
7. Minimizar el impacto de los futuros cambios y desarrollos en la organización industrial.
8. Evitar la ubicación de oficinas o servicios auxiliares en el perímetro de la fábrica. Estas posiciones perimétricas se aprovechan mejor para funciones de recepción y expedición de mercancías, salvo cuando una parte del perímetro no tiene potencial para ser usado en el futuro como punto entrada/salida (el lateral de un edificio que colinda con un río, otra fábrica o una rampa con fuerte pendiente).
9. Minimizar la proporción de espacio ocupado por los pasillos de fábrica en relación al espacio ocupado por los procesos de producción.

## **RESTRICCIONES EN LA DISTRIBUCION EN PLANTA**

Las nuevas distribuciones en planta, desarrolladas para mejorar la productividad, implican normalmente el traslado de operaciones dentro de la misma fábrica. Algunas compañías necesitan desarrollar distribuciones en planta para edificios industriales comprados o alquilados, o incluso para fábricas de reciente construcción. Pocas tienen la oportunidad de crear una distribución en planta realmente perfecta. La razón de esto es que tanto las fábricas existentes como las de reciente construcción están sujetas a restricciones físicas que dificultan lograr este ideal. En general, las oportunidades de conseguir una distribución idónea son mayores cuando se diseña una fábrica nueva, algo más limitadas cuando se

proyecta la distribución en planta para un edificio comprado o alquilado, y muy escasas en el caso de reorganizar una fábrica existente, su equipo y su inventario. A continuación señalo algunos factores que impiden establecer una distribución en planta perfecta:

1. Columnas que sostienen el techo o el piso superior y paredes entre secciones de la fábrica que no pueden derribar sin realizar grandes trabajos de construcción para evitar el derrumbamiento del techo.
2. Monumentos, tales como líneas de pintura, líneas transfer, sistemas automatizados de almacenamiento y búsqueda o grandes máquinas que necesitan fosos o cimentaciones, ya que los costos de traslado o el tiempo de producción perdido podrían ser prohibitivos.
3. Altura del techo. Grandes máquinas y equipos podrían necesitar unos techos especialmente altos.
4. Obstáculos al acceso desde el exterior.
5. Edificios de varios pisos.
6. Situación de los servicios públicos.
7. Cambios en el nivel del suelo.
8. Posiciones de grandes puentes grúa.
9. Dimensión de las secciones del edificio.
10. Límites de resistencia del suelo.

Esta lista de restricciones simplemente pretende enumerar algunos factores que podrían dictar la mejor ubicación, dentro de la fábrica, de un proceso particular y aquellas áreas serían adecuadas o prácticas.

## **NUEVOS CONCEPTOS EN EL DISEÑO DE LA DISTRIBUCION DE LA PLANTA**

Los principios tradicionales generalmente aceptados de una distribución en planta y los criterios para evaluarlos siguen siendo válidos. En su libro titulado "Plan Layout and Material Handling", James M. Apple enumeró los criterios, de los cuales cambiaron solamente dos:

el flujo lineal y el adecuado almacenamiento en el punto de consumo. En el pasado, el flujo lineal significaba la recepción de las compras en un extremo de la fábrica y la expedición de la mercancía en el otro. Normalmente se desperdicia un 50% del costo del equipo y personal de manejo de materiales en este tipo de flujo lineal. Por ejemplo, el transporte de materia prima desde su recepción hasta su tratamiento, se efectuaría en un contenedor lleno. De vuelta al punto de recepción, el contenedor normalmente estaría vacío. En segundo lugar, en la planta perfecta siempre sería conveniente el almacenamiento en el punto de consumo, ya que de esta forma se eliminan los costos del transporte innecesarios y las complejidades de control relacionados con la recepción y almacenamiento centrales.

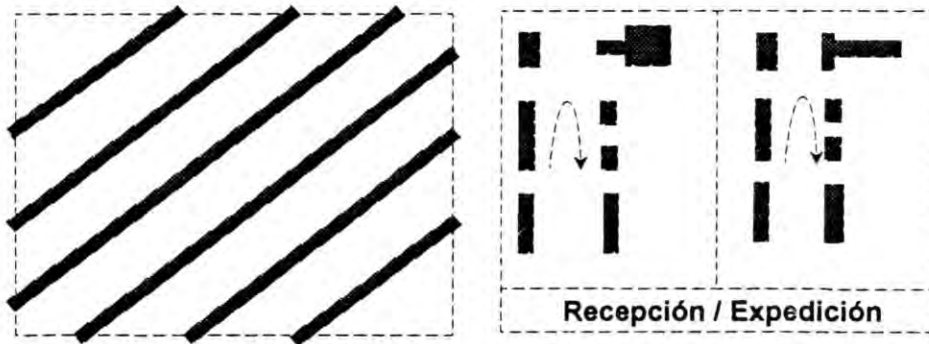
De este modo, en vez de los dos criterios de James M. Apple, se propone uno solo: recepción y almacén en el punto de consumo y, cuando sea necesario, un almacén de salida. En la situación idónea, cada proceso que usa un componente procedente de un proceso de abastecimiento estaría perfectamente sincronizado con él. En realidad la mayoría de los procesos de aprovisionamiento, en muchas empresas, seguirán funcionando por tiempo indefinido, con lotes que no están relacionados directamente con el consumo del proceso siguiente.

Casi todas las distribuciones en plantas son detalladas, con la localización exacta de cada equipo, especificado y dibujado a escala. Esta podría ser una de las razones por la que muchas empresas no son capaces de actualizar, de forma dinámica, el plan maestro cuando cambian las condiciones del negocio. El detalle es probablemente demasiado grande y complejo para desarrollarlo y mantenerlo. Otro método mejor consiste

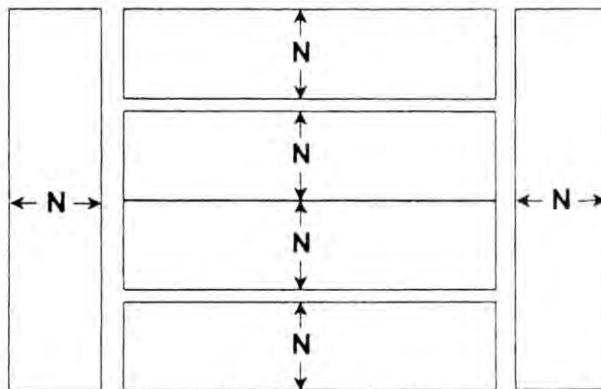
en detallar los pequeños cambios que realmente se van a efectuar a corto plazo y dejar el resto de la distribución en planta en grandes bloques para las áreas que cambiarán a largo plazo.

**BLOQUES DEL PLAN MAESTRO**

**DISEÑO DE CELULAS INDEPENDIENTES**



**MODULOS UNIFORMES DE PROCESO**  
 MÓDULO UNIFORMES DE PROCESO DIMENSION "N"



Los pilares básicos de una distribución en planta perfecta, según se muestra en la figura, son módulos de proceso diseñados con una dimensión constante N. En este caso se ha ideado un sistema de pasillos para atender a los procesos de la fábrica con una dimensión común de N (o sucesión de N). Suponiendo que N ha sido definido como 15 metros y que el área exigida por cada proceso es como sigue:

TIPO DE PROCESO	AREA NECESARIA (metros cuadrados)	DIMENSIONES (N ancho)	OBJETIVO (longitud)
Mesas de montaje	75	7.5	10
Célula grande de mecanizado	375	15	15
Montaje final	1800	30	60

Uno de los objetivos de la distribución en planta es evitar los procesos muy largos y estrechos. Por lo tanto, los objetivos de dimensiones para el montaje final son 30 (2 X N) por 60 metros. Del mismo modo, los procesos pequeños son una fracción uniforme de N. Por ejemplo, un proceso sencillo de montaje en banco, que necesita solamente 75 metros cuadrados, sería proyectado para ajustarse en un área de 7.5 (1/2 N) por 10 metros.

Para el proceso de diseño se pueden utilizar bloques recortados a escala (o sus equivalentes en ordenador) para cada proceso, colocándolos sobre el plano vacío, con la red de pasillos. Durante el desarrollo de una distribución en planta perfecta se prueban varias alternativas mediante tanteos. Cuando se descarta, añade o modifica un proceso es bastante fácil comprobar una vez más las distintas alternativas con el fin de revisar el prototipo objetivo. Aún más importante, se pueden trasladar bloques de proceso, de tamaño uniforme, desde un área de la fábrica hasta otra para, sin tener que rediseñar el proceso, encajarlo en un área de diferentes dimensiones.

No todos los procesos existentes se ajustan al concepto de la dimensión N. A veces, resulta práctico influenciar el diseño del equipo utilizado como el hecho de cambiar las líneas de pintura forzando que pasen de ser procesos largos y rectos a unos relativamente cortos. Cuando esto sucede los procesos en forma de serpentin normalmente simplificarán la tarea de diseñar la distribución en planta global e incluso se podría reducir el costo total del equipo. En resumen, aunque el diseño de módulos de proceso uniformes es el que mejor respalda la distribución en planta perfecta, muchas fábricas tienen algunos equipos grandes o de tamaño irregular. En estos casos la uniformidad de los módulos de proceso jugarán un papel secundario en el diseño.

Muchos procesos tienen una dimensión igual a  $N$ , mientras que otros ocupan espacios que son fracciones de  $N$ . La figura muestra estos aspectos importantes de distribución en planta idónea:

- ~ Los puntos de entrada y salida de cada proceso están organizados para que se encuentren cerca de los pasillos.
- Cada pasillo sirve a procesos situados a sus dos lados; de esta forma, la proporción de espacio proceso/pasillo es mayor que si el pasillo estuviera junto a una pared o una instalación no productiva, como un taller de utilaje.
- Las formas en "U" o en serpentín son fáciles de comprimir y expandir, como un acordeón, para ajustarse a la dimensión  $N$ .

### **ESTIMACION DEL ESPACIO NECESARIO PARA LOS PROCESOS**

Antes de empezar a trabajar en una distribución en planta, es imprescindible saber aproximadamente cuánto espacio será necesario para cada proceso, teniendo en cuenta que el proyecto detallado reducirá el espacio exigido. En los proyectos del plan maestro de planta, las necesidades de espacio para cada proceso deberán basarse en distintos niveles de detalle, dependiendo de la situación de partida:

- El equipo de proyecto ha desarrollado simultáneamente, o con anterioridad, unas distribuciones iniciales en planta (Fase 1) o detalladas (Fase 2) para algunos procesos. Las necesidades de espacio definidas en estas fases se utilizarán para el plan maestro.
- Cada miembro es responsable de desarrollar un diseño preliminar simplificado de algunas áreas seleccionadas del proceso. El propósito de este diseño, que tiene aún menos detalle que el preliminar (Fase 1), es demostrar cómo se puede mejorar el uso del espacio dentro del área.
- Cada miembro del equipo calcula la cantidad de espacio necesario en las áreas de proceso. El promedio aproximado de estas estimaciones es el espacio asignado en el plan maestro.

## EVALUACION DE LA LOCALIZACION DEL EDIFICIO

Con el fin de que el proyectista del plan maestro pueda presentar la información a la dirección o al personal de fabricación, debe preparar uno o más planos aproximados a escala. Los principales objetivos serán:

1. Establecer los puntos donde existen o podrían existir accesos a la fábrica.
2. Establecer aquellas zonas de la fábrica donde el acceso desde fuera es imposible o muy poco práctico.
3. Remarcar las distintas alturas (cotas) de suelo y techo, si es que existen.
4. Establecer dónde se pueden o no disponer de servicios auxiliares.
5. Establecer los tamaños comparativos de las áreas despejadas de los distintos edificios y/o secciones del edificio.
6. Conocer las localizaciones de los equipos grandes, que no se pueden mover debido al alto costo.
7. Identificar las paredes interiores de carga y las que no lo son.
8. Definir, en un edificio complejo, la distancia desde la sección del edificio que se evalúa hasta el punto de acceso más próximo desde el exterior.
9. Identificar la ubicación de los edificios con puentes-grúa ya existentes o previstos.
10. Establecer las capacidades de carga de los suelos en las distintas áreas, destacando aquellos que necesitan reparación.

2894799

242167

## **LOCALIZACION IDEAL DE OFICINAS**

El prototipo de la fabricación visualizada exige, el traslado de las oficinas y otras funciones auxiliares a subplantas correspondientes. No obstante existen muchas funciones que seguirán siendo centralizadas. Pero la cuestión es ¿Dónde deben de ubicarse ambos tipos de oficinas y servicios? Los servicios comunes a toda la fábrica como mantenimiento de planta, almacén de herramientas, taller de utilaje, almacén de suministros, laboratorio de ensayo y comedor, suelen estar localizados alrededor del edificio. Cuando su localización está junto a las paredes exteriores, la productividad de la fábrica se reduce porque restringen posibilidades de accesos directos de materiales a las subplantas.

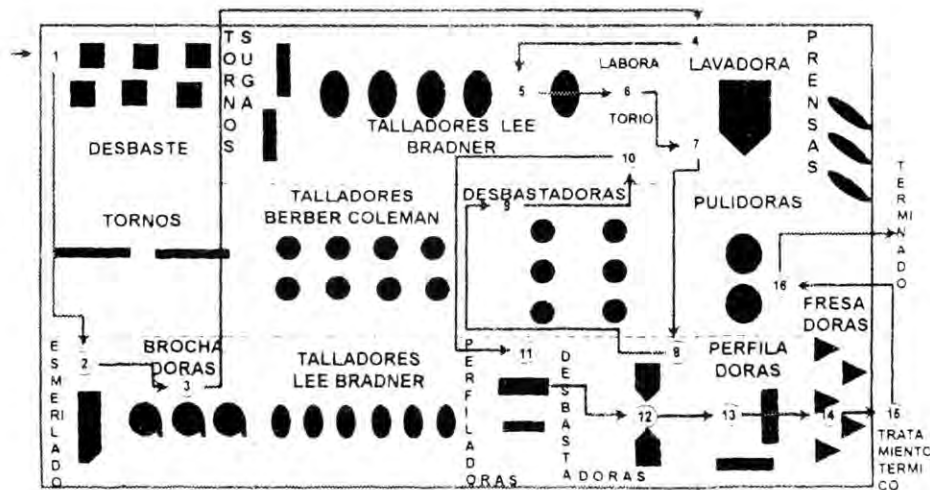
Las oficinas de las subplantas especializadas deberían estar dentro de o contiguas a ellas. A pesar de ello no es conveniente construir un bloque grande de oficinas en el centro de la fábrica, porque podría alejar de las operaciones a los inspectores y otros servicios, puede interferir con el flujo lógico de producción y entorpecer las comunicaciones entre subplantas situadas en extremos opuestos del bloque de oficinas. Para ellos, en muchas fábricas, resulta emplazar las oficinas en entreplantas encima o cerca de los procesos que atienden. Aunque la localización perfecta para estas funciones auxiliares está cerca de la subplanta, las oficinas no deben situarse donde puedan interferir al flujo de la producción.



## TECNOLOGIA DE GRUPOS

La tecnología de grupos se puede describir como la codificación de las características y dimensiones de las piezas para agruparlas según los requisitos de proceso. La codificación, después de analizada, permite identificar una célula con un grupo. Sin embargo, algunos despachos de experiencia como Andersen Consulting en más de 400 fábricas en el mundo han demostrado que no es necesario codificar las piezas para estudiar las posibilidades de implantación de células. El enfoque de matriz de proceso, descrito a continuación simplifica la tarea. De hecho, la codificación es lenta y poco eficaz y la matriz de procesos es más ágil al dividir el trabajo en pequeños segmentos manejables.

Vamos a referir un caso práctico de Harley-Davidson Motor Company. Una parte del proyecto comprendía el análisis de la sección de mecanizado de engranes y coronas dentadas para determinar las posibilidades de desarrollar células. En la figura siguiente se muestra la disposición y flujo simplificados de esa sección y las técnicas antiguas de mecanizado. El flujo era demasiado largo, debido a la organización en grupos funcionales: perfiladoras, tornos, rectificadoras, etc. Hoy día la planta está organizada en células especializadas por tipo de piezas.

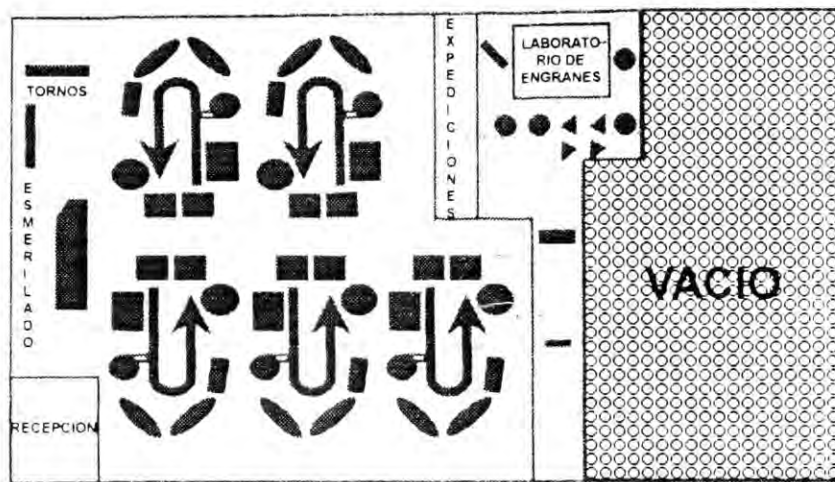


REFERENCIA	CENTRO DE TRABAJO / MAQUINA					
	DESBASTE	BROCHADO	TALLADO	TALLADO	LAVADO	DESBARBADO
	L.B	B.C.				
20	X	X	X			X
21	X	X	X		X	X
24	X	X	X	X	X	X
25	X	X	X		X	X
28	X	X	X		X	X
29	X	X	X		X	X
30	X	X	X		X	X

La matriz de la figura, es el producto de los conocimientos adquiridos durante un proyecto para reducir el tiempo de preparación de máquinas. Un asesor estuvo seis meses codificando y analizando los códigos de engranajes y ruedas dentadas y llegó a la conclusión de que la variedad de formas y tamaño era demasiado compleja para recomendar la definición de células. Por el contrario, el equipo Anderson Consulting encargado del proyecto de reducción del tiempo de preparación tardó sólo unos días en desarrollar la matriz necesaria para definir las máquinas que compondrían las células y desarrollar la distribución en planta. Las células se muestran a continuación y la distribución en planta tal como quedó después del estudio realizado, esta nueva distribución dió lugar a una reducción del 90% del inventario en curso y el tiempo de fabricación, y a otros ahorros en mano de obra y rechazos. En la actualidad, la manipulación de materiales dentro de las células en Harley-Davidson se han reducido casi a cero. Todas las entradas y salidas de las células están orientadas hacia los pasillos que hay entre ellas.

#### CELULAS EN FORMA DE "U"



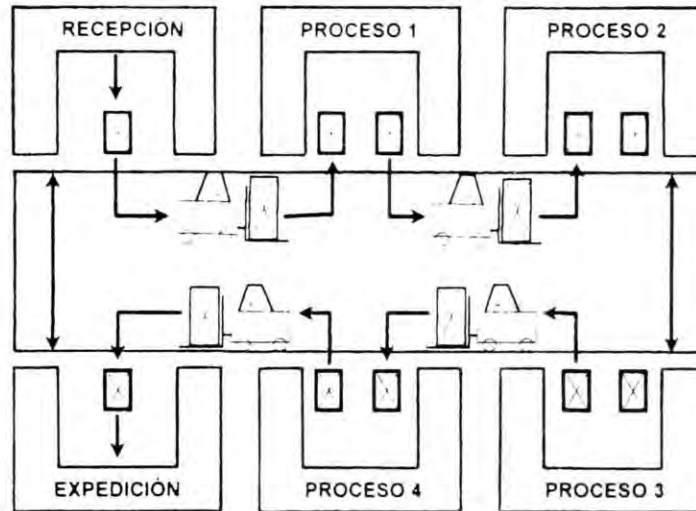


Por el contrario, la manipulación lineal de materiales exige ir y venir entre un proceso y otro, dando lugar a improductividades cuando el viaje de ida se hace con carga de materiales y el de vuelta se hace en vacío. En el ejemplo de la siguiente figura, los materiales siguen un recorrido circular repetitivo en el que todo el movimiento está enfocado hacia un solo pasillo. De hecho, si se utilizan contenedores sobre ruedas, el operario de la cécula empuja los contenedores de una a otra, desplazándose solamente unos pocos metros.

La mayoría de las compañías necesitan implantar las mejoras de productividad lo antes posible para amortizar los costos de los proyectos y mantener su cuota de mercado con una fabricación más productiva. Para ello es esencial definir rápidamente las células, semi-células y talleres de subplanta. Normalmente, los "veteranos" de la fábrica conocen bien los flujos principales del proceso y discutir estos flujos con ellos pueden ser la manera más rápida y sencilla de empezar y crear células. Esto es así porque casi siempre las piezas mecanizadas más caras o de mayor volumen son más fáciles de analizar y tienen las mayores posibilidades de mecanizarse en células. El modo más rápido de diseñar e implementar células es aprovechar las máquinas en un uso en vez de ir estudiando cada pieza para determinar si se deben cambiar operaciones a otra máquina más económica. Cambiar una operación de máquina suele suponer la

modificación de sus herramientas y útiles, lo que retrasa la implementación y aumenta los costos.

### MOVIMIENTO DE MATERIALES FORMA DE "U"



## REDUCCION DE LOTES (SMED)

Single - Minute - Exchange - of Die. Cambio sencillo e inmediato de herramental o en término de Excelencia en Manufactura significa Cero tiempo Cambio de Herramental.

Cuando una empresa ha trabajado en la reducción del tiempo de preparación de una máquina concreta durante años, comprueba que es posible reducir radicalmente el tiempo de cambio de varias decenas de horas, a menos de diez. Más tarde y para la misma máquina, se pueden lograr tiempos de decenas de minutos. Un poco más adelante se puede hablar de tiempos de cambio de menos de diez minutos. Algunas empresas incluso han conseguido el objetivo final: "Cambios al primer toque", donde el tiempo de cambio es casi igual a cero. Ninguna empresa puede permitirse el lujo de dejar de trabajar en reducir los tiempos de cambio hasta llegar a este objetivo. No se trata de analizar si es posible o no, sino de ver lo que hay que hacer y cuánto se va a tardar en lograrlo.

Aunque existe un número ilimitado de técnicas generales de mejora de productividad, algunas merecen una especial atención: Organización de subplantas especializadas; Mejora en el aprovechamiento del espacio (ambas ya tratadas); y Reducción del tiempo, costos y complejidad de preparación o cambios (SMED). De las tres, la reducción del tiempo de herramientación es la más fácil, económica y rápida de implantar.

La reducción de los costos de preparación es importante por tres motivos:

1. Cuando el costo de cambio es alto, los lotes de producción son grandes y, por tanto, la inversión de inventario es alta. Cuando el costo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria, eliminando casi totalmente la inversión en inventario.
2. Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de herramientas y

útiles, Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones.

3. Con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad de la máquina. Si las máquinas funcionan 7 días a la semana, 24 horas al día, una opción para tener más capacidad, sin comprar máquinas nuevas, es reducir el tiempo de cambio.

Las ventajas que para el conjunto de la planta representan los cambios rápidos y de bajo costo son tantas que resulta extraño que sólo se haya iniciado la mejora en poco más del 5% de los millones de máquinas existentes en el mundo (dato obtenido de la publicación reinventado la fábrica pág. 209). Una de las razones de esta sorprendente lenta razón son las siguientes:

- ~ No se asignan equipos a tiempo completo para realizar estas mejoras. Emplear persianas a tiempo parcial, durante los períodos en que no hay problemas de producción, no es suficiente para muchas compañías.
- ~ Demasiados directivos prefieren comprar máquinas nuevas en vez de mejorar las existentes. En la mayoría de las fábricas, pueden tener una vida de 20 años. Se debe acometer lo más rápido posible la mejora de las máquinas existentes.
- ~ La mayoría de los ingenieros están acostumbrados a buscar soluciones demasiado complejas y/o automatizadas para reducir tiempo de preparación. En la realidad se debe buscar que las mejoras se amorticen en seis meses.
- ~ Las herramientas, máquinas y útiles requieren tiempo del Depto. de montaje, que suele estar ocupado reparando máquinas averiadas o fabricando lo necesario para los productos. Debe disponerse de apoyo del taller de montaje.
- ~ La dirección debe de tener en cuenta los beneficios globales asociados a la reducción del tiempo de cambio,

establecer vías de financiamiento y minimizar los obstáculos burocráticos.

- ~ En algunos casos, un equipo nuevo viene preparado para favorecer el cambio rápido. No obstante, es un error creer que la adquisición de nuevos equipos es la única manera de conseguir una reducción de tiempos de cambio.

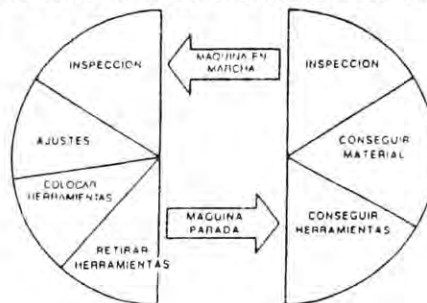
Shingeo Shingo, uno de los pioneros japoneses en la reducción del tiempo de cambio, ha escrito uno de los libros más extensos y detallados sobre el tema. El libro está enfocado básicamente hacia prensas de estampado y moldeo de plásticos. Los proyectos del libro aunque bastante buenos, no ofrecen las mejores soluciones posibles.

Utilizaremos ejemplos prácticos para ilustrar cómo se han aplicado estos conceptos a una gran variedad de máquinas, con el fin de demostrar su aplicación general.

### **MAQUINA PARADA/EN MARCHA: ESPEJISMO O REALIDAD**

Generalmente, existen tres tipos de operaciones de preparación. Los de máquina en marcha son aquellos que se pueden llevar a cabo antes de parar la máquina para cambiar a la producción de la siguiente pieza. Ejemplos de este tipo de operaciones son traer la materia prima, las herramientas y los accesorios hasta la máquina. Las operaciones con máquina parada se realizan después de que la máquina ha fabricado la última pieza de una "tirada" y antes de empezar la producción del siguiente. Hay plantas que trasladan parte de las operaciones del cambio al tiempo de máquina en marcha, como se muestra en la figura.

### **PASO DE OPERACIONES A MAQUINA EN MARCHA**



Desgraciadamente, en varios casos el proyecto acaba aquí, y se presentan resultados que constan de reducciones del tiempo de preparación del 50%, ya que la mitad del trabajo se realiza mientras la máquina está funcionando, aunque las operaciones sigan costando lo mismo que cuando se hacían con la máquina parada.

El simple hecho de trasladar las operaciones de preparación a tiempos en los que la máquina está en marcha no justifica el cambio en el tamaño de los lotes, dado que el costo de preparación sigue siendo el mismo. Por tanto no hay economías en el tamaño del lote o en la reducción de inventario, ni beneficios importantes en la carga de mano de obra o disminución de los costos asociados. Sin embargo puede haber un beneficio asociado con la mayor disponibilidad de tiempo de máquina, que reduce los costos de horas extraordinarias y retrasa la adquisición de máquinas nuevas.

Las ventajas mostradas en la siguiente figura son reales, no imaginarias. Se han reducido los minutos de trabajo tanto en operaciones de máquina parada como en las de máquina en marcha.

### REDUCCION REAL DE LA REPARACION





En la mayoría de las fábricas pocas máquinas trabajan 24 horas al día, siete días a la semana. Lo más prudente, de cara a justificar las inversiones necesarias, es considerar la reducción del tiempo de preparación solamente en términos de disminuir horas o minutos totales de trabajo requerido para el cambio, y hablar sólo de aumento de capacidad de la máquina cuando se evita, de verdad, la adquisición de máquinas nuevas. En las fábricas actuales no es factible, a corto plazo, bajar de categoría a los maquinistas expertos para reducir sus sueldos. Sin embargo sería posible prescindir de los especialistas y traspasar las nuevas operaciones a los operarios de las células. Esto requiere un esfuerzo en la actualización y clasificación de puestos de trabajo y remunerar de acuerdo con las nuevas escalas simplificadas.

### **FIJAR LA BASE**

En el Japón de los años 70, uno de los principios básicos de la reducción de tiempos de preparación era "No mover la base". Una ligera variante para el mismo principio podría ser *ar la base*.

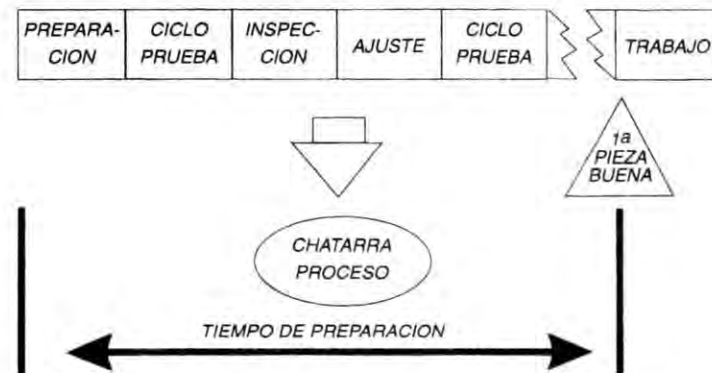
Normalmente los accesorios de sujeción de las piezas a la mesa de trabajo de la máquina se pueden fijar en cualquiera de sus puntos. Por tanto, en la preparación hace falta ajustar la posición de las herramientas en función de la localización de la pieza. Si el accesorio se fijara siempre en la misma forma en la mesa, no haría falta ajustar la posición de las herramientas.

Una de las prácticas industriales menos competentes es fabricar las mismas piezas en máquinas diferentes cada vez que se emite una orden de fabricación. Lo ideal es fabricar las piezas siempre en la misma máquina. Uno de los conceptos más importantes del control de calidad de procesos es ajustar cada variable hasta conseguir una calidad perfecta y usar este mismo ajuste cada vez que la pieza entra en producción. Cuando se hace esto es casi imposible fabricar productos defectuosos, pero si se usa una máquina diferente cada vez que se fabrica la pieza se elimina la posibilidad de fijar la variable más importante: la máquina.

A menudo resulta difícil convencer al encargado de que las piezas pueden asignarse a máquinas o células específicas, ya que sabe que varios de los artículos fabricados tienen demanda esporádica o muy irregular. Cuando se necesitan algunas de estas piezas de poca demanda, la máquina asignada suele estar con carga por encima de su capacidad. Para cumplir con el programa se requiere llevar a cabo el orden en otra máquina o célula. Incluso las piezas de mayor volumen tienen demanda variable. Si se asignan máquinas específicas algunas estarán siempre sobrecargadas y otras funcionarán por debajo de su capacidad. La solución radica en asignar todas las piezas a máquinas y células específicas y fabricar la mayoría de ellas de acuerdo a la asignación. Como excepción unos pocos artículos pueden transferirse a otras máquinas o células para equilibrar las cargas.

El hecho de que los accesorios de sujeción tengan dimensiones y formas diferentes no constituyen un problema importante. Por ejemplo, si se fija una placa con barrenos de posicionamiento a la mesa de trabajo de la máquina, se pueden colocar pasadores de posición en cada accesorio.

#### ELIMINAR EL METODO DE TANTEOS



Entre los objetivos de cualquier equipo de trabajo para la reducción del tiempo de preparación debe estar incluida la eliminación de los tanteos. Es posible colocar los parámetros de la máquina y fijar las herramientas y accesorios en las posiciones exactas para iniciar la producción, con la seguridad de que la primera pieza producida será correcta, como se ve en la siguiente figura.



Existen una infinidad de formas de ajustar la máquina y sus herramientas en las posiciones exactas. En muchos casos, las escalas indicadoras y los calibres están en la máquina, pero son ilegibles debido a la acumulación de grasa en ellos. Estos dispositivos no se usan ni nunca se han usado debido a:

- No se han definido las especificaciones de ajuste de máquina y herramientas para cada pieza fabricada. Simplemente nadie tenía tiempo para anotar los posicionamientos exactos.
- Debido a las diferencias entre máquinas, los ajustes para la misma pieza son distintos en cada máquina. Por tanto, la documentación de los ajustes solamente sería útil cuando las piezas se fabrican en una máquina específica. Debido a la cantidad de trabajo que supondría no es práctico documentar y archivar los datos de los ajustes de cada máquina.
- La holgura causada por el desgaste y las vibraciones de la máquina provoca, después de un tiempo, que sus componentes se muevan y los dispositivos a menudo no den lectura muy exactas.

### **DISPOSITIVOS DE FIJACION RAPIDA**

Los dispositivos de fijación que hay que aflojar, retirar, posicionar y volver a apretar pueden representar muchas horas de trabajos de preparación. Las mejoras en esta área se agrupan en cuatro categorías: estandarización, amarre

rápido, uso de herramientas de alta velocidad y eliminación. En máquinas en donde las piezas se muevan a través de guías hay que aflojar y apretar decenas e incluso cientos de fijaciones de distintos tamaños al cambiar de un producto a otro. Por lo tanto el operario maneja docenas de herramientas de apriete de distintos tamaños, incluyendo destornilladores, llaves para cabeza hexagonal, cuadrada, Phillips, Allen, de ranura. En algunos casos la preparación suele consistir en:

1. Examinar la fijación que va a aflojarse o retirarse y calcular el tamaño de herramienta necesario.
2. Buscar la herramienta en la caja.
3. Probar la herramienta y, si no ajusta correctamente, repetir los pasos 2 y 3 hasta que se encuentre la adecuada.

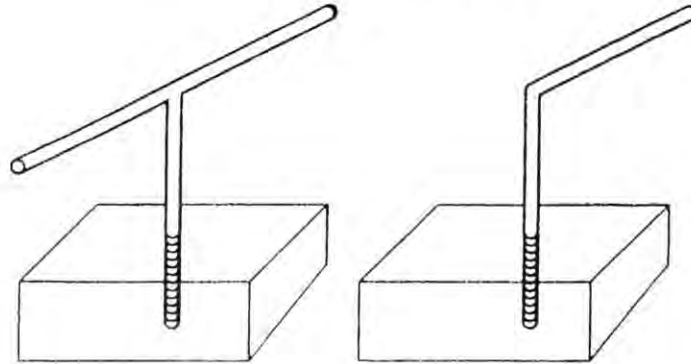
Esto se puede repetir cientos de veces durante el cambio de máquina.

Cuando se usa un sólo tamaño y tipo de cabeza en todas las sujeciones, solamente hace falta una herramienta. Una vez encontrada, el operario puede tenerla en la mano hasta que ha aflojado o apretado todas las fijaciones. La estandarización de las fijaciones en las máquinas más complejas puede reducir el tiempo de cambio de horas a segundos. Sin embargo, el tiempo necesario para aflojar y apretar estas fijaciones seguirá siendo el mismo a no ser que se hagan otras modificaciones.

Cuando lo permite el espacio en la máquina y los pares de apriete necesarios, los pernos y tornillos convencionales, que necesitan una herramienta adicional para aflojarlos o apretarlos, pueden sustituirse por otros con cabeza T o L, como los que se indican en la figura.

Con este tipo de tornillos no hacen falta herramientas, ya que éstas forman parte del propio dispositivo de fijación. Así se reduce el tiempo de búsqueda a su punto óptimo, es decir a cero, y el tiempo para posicionar la herramienta en la cabeza de fijación es nulo, reduciendo aún más el tiempo total.

## TORNILLOS EN FORMA DE "T" Y "L"



Los tornillos con cabeza en T y L son uno de los tipos de fijación rápida. El más dinámico de todos, pero no necesariamente el más económico, es el que está accionado hidráulica, eléctrica o mecánicamente. En el mercado existen innumerables dispositivos de fijación rápida. Todo equipo de trabajo para reducción del tiempo de preparación debe familiarizarse con ellos.

En algunos casos, debido a que el par es demasiado alto para las fijaciones con cabeza en T o en L, hay que usar herramientas más convencionales y se tarda demasiado en posicionar la herramienta. Por ejemplo, cuando los obstáculos impiden que una llave inglesa gire 360 grados, es necesario reposicionar la herramienta varias veces. Además, si la longitud de la rosca es excesiva, el operario pierde tiempo y movimientos. Si los tornillos son más largos de lo estrictamente necesario, el problema se puede resolver con otros más cortos. En los casos en que hacen falta varias vueltas con pares altos, las herramientas mecánicas pueden reducir el tiempo de aflojar o apretar las tuercas.

Los troqueles, útiles y herramientas se suelen fijar mediante más anclajes que los estructuralmente necesarios, además se fijan mediante pernos roscados cuando en realidad sólo haría falta un pasador guía sin rosca. En estos casos no debemos olvidar otros dos costos importantes, el apretar las fijaciones adicionales y el inventario originado por incremento de costos de preparación.

## **ALMACEN DESCENTRALIZADO PARA LA PREPARACION DE MAQUINAS**

Uno de los métodos más fáciles, rápidos y económicos de mejorar la preparación de máquinas consiste en tener un almacén descentralizado para este fin. Una tercera parte del tiempo total de preparación (y por lo tanto, del costo) es el que emplea el operario de preparación en desplazamientos para obtener los troqueles o herramientas, materia prima, los accesorios, las matrices y documentación necesarios para el cambio. Con el almacenamiento descentralizado, todos estos artículos se guardan lo más cerca posible de la máquina que los va a utilizar. Las células con una sola máquina deben estar organizadas con sus propios acopios de materia prima, accesorios, troqueles y herramientas. El almacén descentralizado tiene el mismo fin para una célula de varias o de una sola máquina. Cuando el almacenamiento especializado se realiza por departamentos las consecuencias de tiempo y movimiento perdidos pueden ser importantes.

## **HUECO DE HERRAMIENTAS**

Es fácil imaginar lo ineficaz que sería que un operario se detuviera después de montar cada unidad, devolviera las herramientas que usó al almacén y volviera a recogerlas para montar la siguiente unidad. Las herramientas para el cambio deben constituir una parte integrante de la instalación de montaje, más aún, deben situarse lo más próximo posible a sus puntos de utilización para minimizar el tiempo y los movimientos perdidos. En el pasado, cuando las máquinas producían lotes de gran tamaño y se preparaban con una frecuencia diaria o semanal, no era importante tener a la mano las herramientas. Actualmente, en las fábricas modernas, en las que se tiende a minimizar el tamaño de los lotes, es esencial un acceso rápido a las herramientas. Los útiles necesarios para la preparación normalmente se guardan en el almacén centralizado de herramientas y cuando el operario que trabaja en la preparación las necesita, tiene que recogerlas llegando a veces a tener que esperar turno en la fila que se forma allí, con lo que el retraso es mayor.

En la nueva fábrica, las herramientas se almacenan cerca de la misma máquina donde se usan. Si se necesitan herramientas manuales para la preparación deben suspenderse de los colgadores dispuestos en la máquina. Cuando esto no es práctico se pueden colocar en cajas o carros portátiles.

## **ESTANDARIZACION Y TRANSPORTE DE TROQUELES/ACCESORIOS**

Con raras excepciones, los troqueles y accesorios de las máquinas se diseñan en forma individual para cada pieza, sin hacer un esfuerzo de estandarización para eliminar el tiempo de preparación necesario para ajustar los tamaños del troquel. El resultado suele ser que si se usan 500 troqueles, hay 500 tamaños diferentes. Es de suponer que para pocos será práctico, desde el punto de vista económico, construir nuevos troqueles y accesorios de dimensiones estándar. La mayoría puede modificar, por poco dinero, los troqueles existentes para normalizar sus tamaños: Shigeo Shingo describe varias técnicas para estandarización de troqueles, como adosar placas para aumentar su tamaño y utilizar plantillas a las que se pueden fijar los troqueles existentes.

Incluso con modificaciones de bajo costo, el proceso de estandarización exigirá unos gastos prohibitivos y un exceso de tiempo de taller de utilaje para cambiar todos los troqueles y matrices. Afortunadamente, en la mayoría de las compañías se puede hacer un análisis selectivo para determinar los troqueles y matrices cuya modificación dará los mayores beneficios.

El equipo de transporte de troqueles y accesorios desde el almacén hasta la máquina añade tiempo y costo a la preparación. Por ejemplo, los troqueles de prensas de estampación casi siempre se trasladan mediante montacargas. Pocas fábricas pueden permitirse tener un montacargas por máquina, esperando a la siguiente preparación. Por tanto, el operario encargado del cambio suele perder tiempo pidiendo y esperando al montacargas.

Se puede hacer uso de carros de troqueles eliminando el uso de montacargas, ese carro deberá tener la altura adecuada al



almacén y a la cama de la máquina. En donde siga siendo necesario utilizar la carretilla hay que desarrollar procedimientos de forma que el operario no pierda tiempo esperando al montacarga ni viceversa. Se pueden instalar caminos de rodillos en varias máquinas con el fin de introducir y sacar los troqueles y accesorios. Cuando el sistema de rodillos dispone de espacio en el almacén se puede hacer con la máquina en funcionamiento. Las grúas aéreas que atienden grandes secciones de la planta son una causa de pérdidas de tiempo si no están disponibles para el operario de preparación en el momento en que las necesita. A menudo, grúas más pequeñas, cada una destinada a una máquina, resuelven este problema.



## SISTEMA KANBAN

**KANBAN**, traducido literalmente significa "registro visible" o "placa visible". De modo más general se le da el significado de "tarjeta". El sistema kanban de Toyota emplea una tarjeta para indicar la necesidad de entregar más partes y una tarjeta idéntica o similar para indicar la necesidad de producir más partes.

Si, en forma imprecisa, se deduce que el sistema kanban es como cualquier sistema que emplea una tarjeta de pedido o de entrega, la mayoría de las compañías del mundo podrán dirigir que lo tienen. Por ejemplo, durante mucho tiempo se ha acostumbrado en la industria que una tarjeta de alguna clase acompaña a los productos en proceso. A esta tarjeta se le llama a menudo "viajera". Comúnmente se usa una variedad de tarjetas o formas para ordenar más partes. Estas tarjetas y registros visibles tradicionales no constituyen un sistema kanban, porque se les emplea en lo que se conoce como sistema de empuje de la solicitud y control de partes. Una característica particular del sistema kanban es que se trata de un sistema de Jalón.

### ¿EMPUJAR O JALAR?

En los últimos 15 años más o menos, la Sociedad Norteamericana de Control de Producción y el Inventario, ha ofrecido talleres, conferencistas expertos y materiales de capacitación que han llegado virtualmente hasta las pequeñas poblaciones norteamericanas donde exista una compañía manufacturera. El mensaje que se ha estado difundiendo incluye el punto de vista de que un sistema bien organizado de empuje, basado en la computadora, para la planeación y control de la fabricación, es lo más novedoso.

En realidad un sistema de empuje no es más que un sistema basado en un programa. Es decir, se elabora un programa para períodos múltiples de demandas futuras de los productos de la compañía (llamado programa maestro de producción) y la computadora divide ese programa en otros programas más detallados para fabricar o comprar las partes

componentes. Es un sistema de empuje porque el programa empuja al personal de producción para que realice las partes requeridas y luego empuje estas partes hacia afuera y adelante. El nombre que se le da a este sistema es el de Planeación de materiales necesarios.

En los tiempos en que no se disponía de la capacidad de la computadora para llevar a cabo toda la planeación y programación, se solía utilizar un sistema casual de Jalón (como aún se hace en algunas empresas). Funciona de este modo:

Los clientes hacen su pedido y el departamento ve si dispone de las partes en cuestión. Las que no se encuentran disponibles se producen o aceleran, aunque existan cantidades sustanciales de partes a la mano, algunas faltarán y habrá que apresurarles, lo cual es un trastorno y tiene a los clientes esperando.

Un programa de empuje o sistema PMN, parece ser un buen procedimiento administrativo si se le compara con el de empujar y acelerar; pero el punto débil del PMN es que hay algo de conjetura. Habrá que suponer qué tanto tardará el departamento de producción para hacer las partes que se necesitan. El sistema permite hacer corrección diariamente (a esto se le llama corrección de talleres). Sin embargo, las suposiciones equivocadas dan lugar a exceso de inventarios de algunas partes, aunque no tanto inventario total como el viejo sistema de empujar y acelerar.

Hasta hace poco parecía que los sistemas de Empujón serían eliminados paulatinamente por la PMN basada en la computadora, incluso en las empresas pequeñas, en vista del bajo costo de las microcomputadoras; pero el sistema de Jalón de Toyota conocido como kanban, desvirtúa esta predicción. Kanban proporciona las partes cuando se les necesita, sólo que sin conjeturas y por lo tanto sin exceso de inventario que resulta de las suposiciones erróneas. Pero el kanban tiene una limitación importante. Sólo funcionará bien

en el contexto de un sistema justo a tiempo, en general, y de la característica JIT de reducción de tiempo de preparación y del tamaño de lote en particular. Un programa JIT puede tener el éxito sin un subsistema kanban, pero el kanban no tiene sentido independiente del JIT.

### **EL SISTEMA KANBAN DE TOYOTA**

En el sistema KANBAN de Toyota, cada tipo de parte componente, o número de parte tiene su recipiente especial destinado a contener una cantidad precisa del número de parte, preferiblemente una cantidad muy pequeña. Hay dos tarjetas para cada recipiente, que en adelante se llamará Kanban. Las kanban identifican el número de parte y la capacidad del recipiente puede ofrecer alguna otra información. Una kanban, la de producción, sirve al centro de trabajo, que produce el número de parte; la otra llamada kanban de traspaso, sirve al centro de trabajo usuario. Cada recipiente sigue un ciclo de trabajo usuario y su punto de abastecimiento, para después regresar. Una kanban se cambia por otra en el trayecto.

Por favor ver diagrama siguiente

*El diagrama es un patrón de circulación de kanban y el recipiente entre dos centros de trabajo: un centro de fresado que proporciona, por ejemplo, culatas de cilindro maquinadas a un centro de perforado que taladra barrenos para tornillo en las culatas.*

El punto natural de partida en un sistema de Jalón es el centro de trabajo que jala (usuario), que en este ejemplo es el perforado. Las partes para perforado se obtienen mediante kanban de traspaso (kanban C) en la forma siguiente;

1. En el diagrama, búsquese la leyenda "comienza aquí", que apunta hacia un recipiente lleno de parte listo para ser transferido a perforado. Su kanban C se retira y se coloca en una caja diseñada para el punto de abastecimiento M.
2. El recipiente vacío más el recipiente en perforado se lleva al punto de abastecimiento M, donde se coloca la kanban C.

3. El recipiente vacío y la kanban C, se llevan al punto de abastecimiento L (situado en otra parte de la planta o en otro punto del edificio, donde se retira la kanban C y se coloca un recipiente lleno, el cual regresa al punto de abastecimiento M. Este último acto pone también en marcha las actividades de producción mediante una kanban de producción (kanban P) en la forma siguiente:
4. El recipiente lleno que se acaba de tomar contenía una kanban P. Antes de que salga del punto de abastecimiento L, su kanban P se retira y se coloca una caja vacía.
5. Las kanban P (correspondientes al fresado) se llevan a fresado cada hora más o menos, donde quedan en la caja de despacho de trabajos en los cuales se va a operar enseguida. Son trabajados en el orden que se reciben del punto de abastecimiento L.
6. Las partes correspondientes a cada trabajo terminado se coloca en un recipiente vacío tomado del punto de abastecimiento L, se les colocan las kanban P y el recipiente lleno se lleva al punto de abastecimiento L.

## **REGLAS**

La simplicidad y la eficiencia del sistema kanban se combinan en las siguientes reglas:

1. En fresado no se producirá parte alguna a menos que haya una kanban P que la autorice. Fresado deja de producir antes que hacer partes que no le han sido solicitadas, un sistema de Jalón puro. (Los trabajadores se pueden dedicar al mantenimiento o trabajar en momentos de mejoramiento cuando no haya kanban P en la caja de despacho).
2. Hay exactamente una kanban C y una kanban P por cada recipiente, mientras que el número de recipientes (con kanban), por cada número de parte que haya en el sistema es una decisión administrativa estudiada cuidadosamente.
3. Sólo se pueden usar recipientes estándar y están siempre

llenos con la cantidad prescrita (pequeña), ni más, ni menos. Con un control tan cuidadoso de las cantidades por recipiente, así como el número de recipientes por número de parte, el control del inventario es más sencillo y mucho más preciso que los sistemas occidentales manuales o computarizados.

## **EL KANBAN COMO UN SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD**

La regla 2 anterior indica que el número de recipientes es una decisión administrativa cuidadosamente estudiada. Demasiados recipientes implican demasiado inventario en el sistema. Según el modo de pensar occidental, demasiado pocos recipientes, significan demasiado poco inventario en el sistema. Pero no es así en el sistema Toyota. El empleo de Kanban ofrece condiciones ideales para poner en práctica la táctica de retirar inventario. Todo lo que tiene que hacer el supervisor es retirar kanban del sistema. Con esto basta, porque a un recipiente vacío y sin una kanban nadie le hace caso y sólo guarda polvo. Para ilustrar los efectos del retiro kanban se verá de nuevo el ejemplo de fresado y perforado (idem).

Supongamos que el proceso es estable y que hay 5 kanban en el sistema. Eso significa 5 kanban C, 5 kanban P y 5 recipientes de culatas maquinadas. Ahora, el jefe de piso que supervisa a ambos centros de trabajo reduce el inventario a 4 kanban. El efecto probable es que el fresado experimente sus problemas normales y que, en momentos difíciles de la jornada, tendrá dificultades para ir con el barrenado. Por ejemplo, en un cierto período de dos horas, fresado puede encontrar que algunas de las culatas acabadas de maquinar no responden a las especificaciones, debido tal vez al desgaste de los cojinetes de la máquina fresadora o a que la herramienta se ha deteriorado; un pequeño accidente podría enviar a un maquinista a la enfermería para que le presten los primeros auxilios; algunas pequeñas variaciones en las dimensiones de las culatas que se van a fresar podrían demorar la preparación. Estos acontecimientos harán disminuir la producción de fresado. Quizá lo suficiente para que perforado agote tres recipientes completos de culatas y se quede ocioso mientras que fresado termina la orden de llenar el cuarto recipiente. Al finalizar la jornada, tanto fresado

como perforado podrán estar retrasados, lo cual se hará evidente de dos maneras.

1. Las kanban P y los recipientes vacíos correspondientes a ciertos modelos, se irán amontonando, lo cual no es una buena manera de iniciar la producción del día siguiente.
2. Un recuento de la producción del día (tal vez una simple suma de las marcas hechas en un papel, significando cada una de las kanban de culatas maquinadas), revelará la producción insuficiente. Es decir, que el programa diario, expresado por modelos, o como el total de los modelos, no se ha cumplido. Por lo que respecta a este tipo de partes, es probable que el programa diario de fabricación haya estado ajustado al programa diario de productos finales del fabricante, que en este caso serán motores. Por lo general, el supervisor pondrá a los dos centros a trabajar horas extraordinarias a fin de cumplir el programa del día.

Los trabajadores, los jefes de grupo y el supervisor no se sentirán satisfechos si dejan de cumplir con el programa, y en su mayoría preferirán que no se les pongan horas extraordinarias no previstas. Por otro lado, les alegrará haber detectado otra serie de problemas que corregir. En el sistema kanban y justo a tiempo, los trabajadores están siempre recogiendo información sobre la serie siguiente de problemas y periódicamente se les llena de elogios cuando un problema es resuelto. Para recibir elogios, evitar la crítica, sentir satisfacción y eludir trabajo extraordinario no planeado, los trabajadores kanban por lo general apoyan las características de mejora y sienten entusiasmo por la productividad del sistema.

Desde luego, las causas de los problemas deben ser anotadas cuidadosamente por el grupo para analizarlas posteriormente; a este se le puede conceder algún tiempo de la empresa en ciertos días de la semana para sus proyectos de mejoramiento. En el ejemplo anterior de los problemas de fresado, algunas posibles soluciones, recursos y acciones correctivas podrían ser los siguientes:

- \* Obtener la autorización de la gerencia para establecer un equipo formal de proyectos y estudiar el problema de las

culatas maquinadas que no se ajustan a las especificaciones.

- \* Pedir a mantenimiento que investigue las averías de la máquina; dar mantenimiento con base en los últimos datos de averías.
- \* Poner en la planta un botiquín de primeros auxilios para atender las lesiones de poca importancia.
- \* Hacer que control de calidad intervenga en el problema de las pequeñas variaciones en las dimensiones de las culatas, de manera que el problema pueda ser retrasado hasta su origen.

### **KANBAN DE UNA SOLA TARJETA**

Los procesos kanban que describiremos aquí se han puesto en práctica en la fábrica de Long Beach de la compañía Toyota Autobody Incorporated of California, entre 1981 y 1984

Presenta un notable interés, al requerir un sólo tipo de ficha kanban al contrario de los sistemas Kanban totalmente tradicionales que hemos descrito en el anterior capítulo. Recordando que son métodos que utilizan dos fichas: ficha kanban de producción y ficha kanban de transporte (o de pedido).

La utilización de un sólo tipo de ficha simplifica considerablemente el funcionamiento del sistema kanban. Debería poder aplicarse en muchas industrias occidentales que se muestran hasta ahora poco atraídas por la complejidad del sistema kanban de dos fichas.

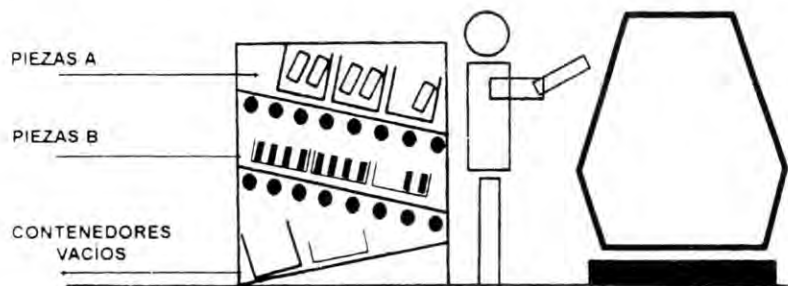
El sistema sirve para gestionar la producción simultánea de los diferentes talleres o subplantas de una fábrica y los aprovisionamientos de materias primas y de productos a los proveedores.

Sus principales objetivos son:

- ~ Evitar cualquier interrupción de la producción de un departamento o subplanta.
- ~ No producir las piezas, los sub-ensables y productos terminados más que cuando se necesitan (JIT).
- ~ Controlar el nivel de los productos en curso y mantenerlo lo más bajo posible.

Presentaré el funcionamiento del sistema kanban en el caso simple de una fábrica que comprende una área de fabricación de pieza y otra de montaje de esas piezas (ensamblado de esas piezas para producir productos terminados).

Examinaremos el caso de un tipo de pieza dado, las piezas A, producidas en el áreas de fabricación y transferidas luego a un puesto de montaje, el puesto X.



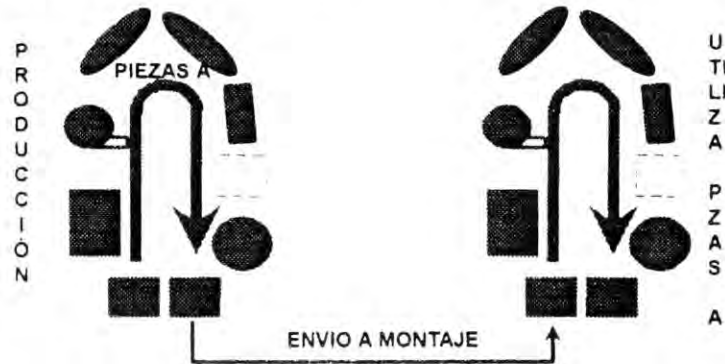
## LANZAMIENTO DE LA PRODUCCION EN FABRICACION

Hay un agente de *Manutención* en el área de montaje, para recuperar todas las fichas kanban colocadas de lado en los diferentes puestos de montaje, fichas que corresponden a los contenedores vacíos o en curso de utilización. Estas fichas serán agrupadas en una caja o estafeta situada en el área de montaje. Cada vez que el *Repartidor* de fabricación llega al área de montaje, toma fichas kanban de la estafeta y las lleva a fabricación. Estas fichas son dejadas en un casillero, mismas que son enseguida clasificadas en el casillero y se convierten en nuevas *Ordenes de Fabricación* para el área de fabricación.



## AREA DE FABRICACION

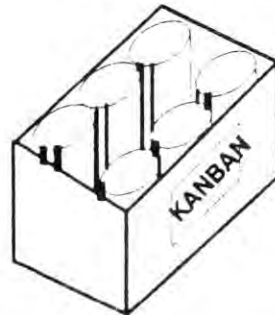
## AREA DE MONTAJE



### AREA DE FABRICACION (Producción de las piezas "A")

Las piezas A producidas en el área de fabricación se transportan en pequeños contenedores. Estos contenedores de las piezas A son idénticos. Su tamaño les permite una fácil manipulación, manual si resulta necesario.

Cada contenedor, cuando está lleno de piezas A, lleva una etiqueta kanban.



#### ETIQUETA KANBAN AREA DE FABRICACIÓN

PIEZA	: XXX
DESCRIPCIÓN	: Pza A
CANTIDAD	: 20
LUGAR DE UTILIZACIÓN	: Puesto X

El número total de fichas kanban para las piezas A es estrictamente controlado, lo que permite garantizar que el número total de piezas A presentes en la fábrica (o en curso de fabricación) no sobrepase un nivel determinado.

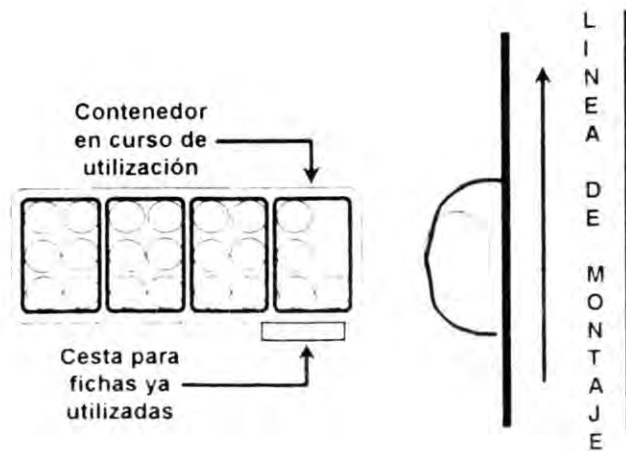
Los contenedores producidos por el área de fabricación se transportan al área de montaje, transporte que se realiza varias veces al día, de modo regular y periódico. Esta acción

se lleva a cabo por un REPARTIDOR que depende de fabricación.

El objetivo pretendido es el de almacenar los productos en curso en el área de montaje, lo más cerca del lugar en que serán utilizados. Es conveniente que los operarios de montaje no tengan que esperar la entrega de piezas, lo que podría suponer detenciones en la producción.

#### **AREA DE MONTAJE:(Consumo de piezas A.)**

El stock de piezas A (contenedores llenos de estas piezas) está situado en el puesto de trabajo X. Los contenedores de piezas A se colocan uno tras otro sobre un plano inclinado. Cuando el operario toma la primera pieza del primer contenedor retira la ficha Kanban de dicho contenedor y la coloca de lado en un cestillo previsto para tal efecto. Cuando el primer contenedor está vacío, el operario lo retira, con lo que el siguiente contenedor se desliza sobre el plano inclinado y llega al alcance de su mano. Y así sucesivamente.



## NOTAS

Resulta claro que el sistema Kanban es un sistema "Pull" (o de producción de Jalón). La producción de las piezas se desencadenan por el consumo efectivo de las mismas piezas en el montaje final.

Puesto que el número total de fichas Kanban para las piezas A está dado, constituye el valor máximo del número de contenedores de piezas A. El sistema Kanban permite por tanto controlar el nivel de stocks en curso.

Con el objetivo de evitar cualquier espera de piezas en el montaje, se ha juzgado preferible almacenar las piezas en curso al área de montaje, lo más cerca posible del lugar en que serán utilizadas. Sin embargo, durante el período de puesta en práctica del Kanban y de reducción progresiva del nivel de los almacenes, ello no es generalmente posible: resultan provisionalmente necesarios lugares anexos de almacenaje.

Los niveles de almacén y de abastecimiento no se reducen a cero; existe siempre como mínimo un contenedor lleno para cada tipo de piezas y, en general, varios contenedores.

No obstante, estos niveles de stocks son globalmente muy bajos: Toyota, en Long Beach, el nivel medio de piezas de cada tipo es de 1.5 días de consumo y el nivel máximo para un tipo de piezas dado no puede pasar de tres días.

### **LIMITACIONES DEL KANBAN**

El kanban es factible en prácticamente toda fábrica que realice artículos por unidades completas (discretas), pero no en las industrias de proceso.

Sólo rinde beneficios en ciertas circunstancias:

- El kanban debe ser un elemento del sistema JIT. Tiene poco sentido aplicar un sistema de Jalón si requiere de un tiempo interminable para extraer las piezas necesarias del centro de trabajo productor, como ocurriría si los tiempos de preparación fuera de horas y los lotes grandes. La característica fundamental del JIT es la reducción de los tiempos de preparación y del tamaño de los lotes, lo cual permite jalar rápidamente partes de los centros de trabajo productores.
- Las partes incluidas en el sistema kanban deben ser usadas cada día. Kanban proporciona un recipiente lleno de un determinado número de parte, lo cual no es mucho inventario ocioso si todo el recipiente se utiliza el mismo día en que es producido. Por lo tanto, las compañías que tienen un sistema kanban lo aplican generalmente a los números de parte que se usan mucho, pero reponen las que se usan poco siguiendo las técnicas occidentales convencionales (por ejemplo, punto de reposición o PMN).
- Las unidades muy costosas o grandes no se deben incluir en el kanban. Su almacenamiento y manejo son costosos. Por lo tanto, su solicitud y entrega deben ser reguladas con precisión bajo la vigilancia de un planificador o agente de compras.

Se trata de poner a punto dispositivos muy simples, dependientes sólo del sentido común y capaces de asegurar, a un costo irrisorio, una inspección segura 100% de las piezas. Deben instalarse lo más cerca posible de la operación que controlan, a fin de identificar los defectos con mucha rapidez.

Varias fábricas francesas han comenzado a utilizar tales medios de control automático. Consiguen de este modo

reducir el costo de las inspecciones, al tiempo que las hacen infalibles.

### **EL ANALISIS DE LAS CAUSAS**

Las técnicas antes vistas permiten identificar los defectos, pero no suprime su reparación. Así resulta posible saber que una máquina se ha desajustado y que debe, por ello, ser inmediatamente ajustada. Pero lo necesario sería actuar sobre la causa, es decir, impedir que la máquina se desajuste.

De igual modo, el control en cascada puede identificar una tarea olvidada, que puede en consecuencia ejecutarse. Pero sería preciso hacer imposible tal olvido.

El control no debe en consecuencia servir sino para identificar los productos defectuosos. Debe acompañarse del registro de los tipos de defectos comprobados y de su frecuencia: La serie histórica construída habra de analizarse para:

- Identificar los tipos de defectos más frecuentes, mediante el diagrama de Pareto.
- Determinar sus causas, buscando vinculaciones entre los fenómenos y el establecimiento de causa-efecto.

Bastará entonces luchar contra las causas...

### **IDENTIFICACION Y POSTERIOR SUPRESION DE LAS CAUSAS**

Lo más sencillo para presentar los medios de luchar contra las causas, es distinguir las situaciones de fabricación en que el valor agregado se crea por una máquina, operada por un hombre.

**PRIMER CASO:** la calidad de la producción de una máquina.

El proceso de producción y, especialmente las máquinas, desempeñan un papel esencial en la calidad.

La primera condición a cumplir es que la máquina sea técnicamente capaz de asegurar el nivel de calidad requerido. Si el funcionamiento de una máquina no responde a las especificaciones, es necesario o bien mejorarla o bien pensar en revisar las especificaciones. Lo que no puede hacerse es intentar producir al azar eliminando luego por inspección las piezas defectuosas.

Así, la temperatura de colada de una aleación debe ser de 710 grados C $\pm$  5 grados C, es imposible trabajar correctamente con un horno que no puede regularse más que a intervalos de  $\pm$  15 grados C.

Lo mismo sucede cuando la precisión permitida por una máquina de fabricación no es superior a las tolerancias. Conviene en tales casos mejorar las máquinas y equipos con dispositivos automáticos de Regulación y de Detección de anomalías de funcionamiento.

La insuficiencia de calidad en la producción de una máquina puede originarse también por averías o incidencias de funcionamiento o por malas condiciones de utilización.

El Mantenimiento Total (último título a tratar), permite combatir las averías a incidencias.

Las malas condiciones de utilización de una máquina pueden mejorarse mediante la formación del operador, la revisión de los tiempos de trabajo asignados y, en su caso, por la ordenación de su puesto de trabajo.

**SEGUNDO CASO:** La calidad de las operaciones efectuadas por el personal.

Cuando es el factor humano el que añade valor, los métodos y la organización del trabajo tienen influencia importante sobre la calidad.

Es preciso ante todo asegurar que las tareas demandadas a un operario no requieran de él un esfuerzo sostenido de atención y memorización.

Los puestos de trabajo complejos, en que deben realizarse numerosas operaciones diferentes, deben así pues considerarse con mucha prudencia por las empresas que intentan seguir el verdadero "Cero Defectos".

Conviene además equipar los puestos de trabajo con medios automáticos simples que permitan limitar o evitar los errores, olvidos y fallos del operario. Tales medios pueden ser *POKA-YOKE* (sistemas antierrores), *dispositivos de ayuda a leer o evitar errores*. Ver lámina mostrada.

Como en toda incursión de la calidad la información y formación desempeña un papel fundamental. El personal debe comprender las exigencias precisas de calidad relativas a su trabajo y las consecuencias de las tareas efectuadas. Debe conocer las técnicas de mejora en los puestos de trabajo (tras su formación, el personal de fabricación de Citroën ha mostrado gran creatividad en la concepción del poka-yoka). En el puesto de trabajo pueden instalarse medios variados de información y de ayuda a la memoria: instrucciones o esquemas operativos, check lists, órdenes de fabricación claras y precisas.

En fin, es evidente que cada operario debe trabajar en un ambiente limpio y ordenado, en condiciones de trabajo que no sean incómodas ni acrobáticas y disponer de los medios necesarios para llevar a cabo una producción correcta.

El principio fundamental de la calidad es que ésta no puede gestionarse más que mediante la eliminación progresiva de las causas de los defectos.

La acción sobre las causas, combinada con la puesta a punto de dispositivos poco costosos de control automático (con la mayor antelación posible en el proceso de fabricación) permite *Mejorar la calidad reduciendo los precios de costo por fallas*.

## ENTRENAMIENTO CRUZADO

Competencia internacional significa que las compañías tienen que ser capaces de desempeñarse bien, desde el punto de vista de flexibilidad del producto y tiempos de respuesta, además de la calidad y del costo. La idea que apoya a los círculos de calidad y el método de los equipos es vital para la flexibilidad del producto y los tiempos de respuesta. Varios estudios han indicado los beneficios del método participativo. Takeuchi y Nonaka examinaron nuevos métodos del desarrollo del producto en Fuji, Xerox, Cannon, Honda, NEC, Epson, Brother, 3M y Hewlett Packard.

Las empresas se están dando cuenta cada vez más de que el antiguo método secuencial de desarrollo de nuevos productos no hará que se realice el trabajo en un mundo competitivo y en evolución. Por el contrario, las empresas japonesas y norteamericanas están utilizando un método parecido al juego de pelota, donde ésta se pasa a medida que el equipo se mueve por el campo como una unidad. Se ha descubierto que este método tiene seis características.

1. *Inestabilidad Incorporada.* La alta gerencia le ofrece al equipo de desarrollo amplia libertad, pero establece metas extremadamente desafiantes; por ejemplo, en Fuji-Xerox producir una copiadora radicalmente diferente a la mitad de costo de sus copiadoras más costosas, que se desempeña igualmente bien, pero al cabo de dos años.
2. *Equipos que se auto-organizan.* Debe haber participación limitada de la alta gerencia. El equipo establece su propia dirección y es prácticamente autónomo. Se descubrió que los equipos aumentaban uniformemente su propio rendimiento e impulsaban I & D y tecnología hasta el extremo. Los equipos constaban de personas de diferentes especializaciones y formaciones, que incluían I & D, ingeniería, manufactura y ventas. Esto daba como resultado el ENTRENAMIENTO CRUZADO y la fertilización cruzada de ideas, especialmente cuando todo el equipo trabaja en el mismo recinto.



3. *Fases de Desarrollo Superpuestas.* Los equipos de auto-organización crearon ritmos del grupo como un todo y de sus miembros individuales. Esto dirigía al equipo y a sus miembros hacia adelante, como una unidad. Se invitaba a los proveedores externos para que formaran parte del equipo y los flujos de información se mantenían abiertos en todo momento. Este método unificado eliminó los cuellos de botella del método de fases separadas. Se mantenía la continuidad; la superposición aumentaba el hecho de compartir responsabilidades y cooperación; la participación y dedicación crecían con los esfuerzos concentrados para resolver problemas. Se eliminó la división del trabajo, que era parte de las prácticas de las gerencias en el método de fases: había una continuidad permanente de propósito.
4. *Multiaprendizaje.* Como todos los miembros del equipo estaban en estrecho contacto todos los días fácilmente podían diseminar nuevas ideas y responder a los diversos requerimientos del mercado. Las habilidades de los miembros crecían y se convertían en gente versátil que resolvía problemas. El deseo de aprender se esparcía en todos los equipos y ayudaba a crear aprendizaje corporativo a nivel institucional. El aprendizaje múltiple llegó a formar parte de los programas de gerencia de recursos humanos de la compañía y sirvió como base para la transición organizacional.
5. *Control Sutil.* Aunque los equipos tenían gran libertad en la participación de la alta gerencia y libertad de dirección y creatividad, se esperaba que ejercieran autocontrol. Ellos tenían valores y objetivos comunes; eran responsabilidades de colegas; la evaluación y las recompensas se hacían en grupo; los errores se anticipaban y toleraban.
6. *Transferencia de Aprendizaje.* El deseo de acumular conocimientos es sólo un aspecto del aprendizaje. Los miembros del equipo también tenían deseos muy vehementes de transferir ese aprendizaje a los demás fuera del equipo. Por eso los equipos de desarrollo de nuevos productos estaban al tanto de las ideas más modernas, técnicas y métodos. Estas ideas, técnicas y métodos modernos con frecuencia se convertían en la

política de la compañía. Las antiguas estructuras organizacionales y las actitudes se dividían a medida que el ambiente de la compañía reaccionaba más ante el cambio y la necesidad de flexibilidad del mercado.

Las seis piezas se acomodan como en un rompecabezas, a fin de formar un proceso flexible y rápido para el desarrollo del nuevo producto. De la misma manera, el nuevo método puede actuar como un agente de cambio: es un vehículo para introducir ideas y procesos creativos.

Un producto que llega unos cuantos meses más tarde puede perder fácilmente muchos meses de retribución. Para lograr rapidez y flexibilidad, las compañías tienen que manejar en forma diferente el proceso de desarrollo del producto. Se debe tener en cuenta tres clases de cambio.

1. *Estilo de Gerencia*
2. *Una perspectiva Nueva*
3. *Método de Aprendizaje. (tema que desarrollaremos a continuación).*

**Método de Aprendizaje.** Se necesita un tipo diferente de aprendizaje. Con el método tradicional, el desarrollo de un nuevo producto se confiaba a un grupo de especialistas. Un grupo seleccionado de expertos técnicos hacía la mayor parte del aprendizaje. Los conocimientos se acumulan individualmente dentro de una área estrecha de enfoque: el proceso es conocido como aprendizaje a fondo.

Por el contrario, según el nuevo método (en su forma extrema), gente no experta emprende el desarrollo del producto. Esta recibe estímulos para adquirir los conocimientos necesarios y habilidades durante el trabajo. A diferencia de los expertos, que no pueden tolerar errores, los no expertos están dispuestos a cambiar el "status quo". Para hacerlo, tienen que acumular conocimientos en todas las áreas de la gerencia, los niveles diferentes de organización, las especializaciones funcionales e incluso las fronteras organizacionales. Este aprendizaje es la condición necesaria

para que las divisiones compartidas de mano de obra funcionen efectivamente. Se cita un ejemplo de desarrollo de producto en la Ford de los E.U.A. con el modelo Taurus:

*Los diseñadores proyectaban un auto en el papel y se lo pasaban a los ingenieros, para que éstos resolvieran cómo hacerlo. Sus planos pasaban a manos de los encargados de manufactura y compras, quienes respectivamente, establecían las líneas y seleccionaban los proveedores con base a ofertas competitivas. El próximo paso en el proceso era la planta de producción. Luego venía mercadeo, los departamentos de servicio de concesionarios y jurídico y finalmente los clientes. En cada etapa, si se presentaba alguna falla, el auto se devolvía a la fase de diseño para hacer los cambios. Sin embargo, mientras más adelante se hubiera avanzado en la secuencia, más difícil era hacer cambios. En manufactura, por ejemplo, "nosotros no veíamos los planos tal vez hasta un año antes de empezar la producción" (decía el jefe de proyecto, Taurus Lew Veraldi). "regresábamos a ingeniería y decíamos ¿Pueden hacer esto así?". Y ellos decían: "vayan a vender esos papeles. Eso ya está hecho. No nos podemos dar ese lujo".*

**Todo eso ha cambiado, dice Walton, citando de nuevo al jefe de proyecto Veraldi:**

*Con Taurus... reunimos todas las disciplinas y realizamos todo el proceso simultáneamente, así como también secuencialmente. La gente de manufactura trabajó directamente con la de diseño, la de ingeniería, ventas y compras, departamento legal, servicio y mercadeo.*

*En ventas y mercadeo hacíamos que vinieran los concesionarios y nos dijeran lo que querían en un automóvil, a fin de hacerlo más amable con el usuario, para adaptarlo a un cliente con base en problemas que veían al venderlo.*

*Teníamos compañías de seguros que nos decían cómo diseñar un auto para que cuando ocurriera un accidente minimizara el gasto del cliente arreglándolo, después de la colisión. El equipo Taurus incluyó asesores de seguridad y legales, quienes nos aconsejaban respecto a tendencias*

*futuras en las leyes, para poder diseñar de acuerdo con ellas en lugar de hacer arreglos más tarde.*

**Manufactura entró en juego oportunamente. Veraldi observa:**

*Fuimos a todas las plantas de troquelado, plantas de montaje y colocamos esquemas en las paredes. Les preguntamos la forma más fácil de actuar. Hablamos con la gente que trabaja por horas. El equipo Taurus recogió millares de sugerencias y las incorporó casi todas. Es asombroso, decía, la dedicación y compromiso que se puede lograr con la gente. Nunca regresamos a los viejos sistemas porque ya sabemos todo lo que la gente puede traer a la fiesta.*

**Probablemente, la diferencia más profunda estaba en las relaciones de Ford con los proveedores. Veraldi decía:**

*La forma más corriente de hacer negocio es escoger al postor más bajo con las especificaciones anunciadas. Para Taurus, la compañía identificó sus proveedores de más alta calidad y pidió su consejo en las etapas iniciales. En pago por sus contribuciones, Ford se comprometió en cuanto pudiera ser posible hacerlos proveedores exclusivos.*

**Schonberger dice respecto a la participación:**

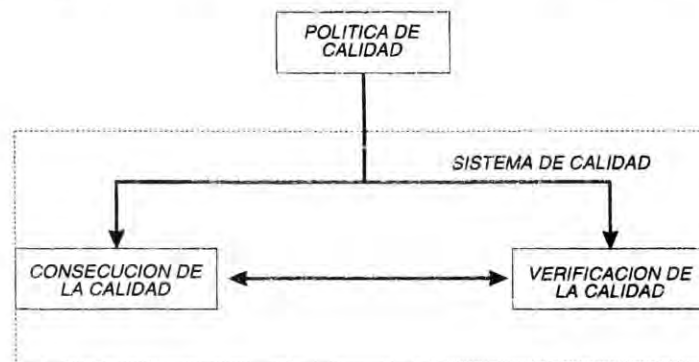
*"Hágalo, júzguelo, médalo, arréglo, manéjelo en el piso de la fábrica. No espere hasta descubrirlo leyendo más tarde un informe".*

# BENCHMARKING

La implantación en la empresa de la gestión de calidad debe partir de la disponibilidad de un buen nivel de calidad. Dicho en términos coloquiales: el punto de arranque debe de ser la certeza de estar haciendo las cosas bien, unida a la voluntad de querer hacerlas mejor.

Hasta hoy en el curso todo lo relativo al modo formal de disponer de un producto bien hecho y de lo que refiere al modo de demostrar esta disponibilidad. Se ha venido llamando como aseguramiento de calidad, las cuales se refieren a los aspectos demostrativos del que se posee un grado de calidad controlada.

Es decir, de alguna manera toda empresa que busque implantar o gestionar la calidad deberá concebir un modo similar a éste.



*Política de calidad*, la podemos definir como las y objetivos generales de la empresa relativos a la calidad, expresados formalmente por su dirección general. Esta política de calidad, si ya existe en la empresa, es la que podrá verse afectada por todos los cambios y novedades a los que nos estamos refiriendo, pero depende de la existencia de un *Sistema de Calidad*, documentado con datos técnicos que describirán las características de calidad de los productos o servicios y el modo de obtenerlas y controlarlas. Todo "lo nuevo" afectará a la optimización de este sistema y a su mejora permanente. En

pocas palabras el sistema de calidad, normalmente estará plasmado en:

Manuales de Calidad

Programas o Planes de Calidad

Procedimientos o Instrucciones detallados

De esta política podrán derivarse dos tipos de actuaciones, sobre la que la aplicación del sistema de calidad permitirá obtener evidencia documental:

La consecución de la calidad, en sus facetas relativas a:

- # Estudios Previos
- # Planificación
- # Diseño
- # Adquisición de Componentes
- # Fabricación
- # Montaje
- # Pruebas y Puesta en Marcha
- # Almacenamiento
- # Operación
- # Utilización
- # Mantenimiento
- # Etc.

La *verificación de la calidad*, que cubrirá todos los detalles relativos a:

- # Inspección
- # Ensayos

- # Evaluación
- # Supervisión
- # Verificación
- # Auditoría
- # Documentación
- # Controles en General

La elaboración de todo este sistema y su puesta en práctica es lo que en este módulo se da por supuesto, al entender que la calidad es algo intrínseco a las empresas que debe formar parte de su cultura y que está incorporada a un estructura y a su manera de hacer las cosas.

Para explicar el uso del Benchmarking, debemos tener en cuenta:

### **SECUENCIA DE IMPLANTACION DE LA GESTION DE CALIDAD**

La secuencia práctica de implantación de la gestión de calidad en toda empresa, tal como pienso que debe darse, es la siguiente:

- Disponer de un sistema de calidad
- Compromiso de la dirección
- Analizar la situación
- Organizar el lanzamiento
- Campaña de información, formación y entrenamiento
- Inicio del plan de mejora del sistema
- Información sobre la campaña piloto y reconocimiento
- Generalización del plan de mejora permanente

¿Son ocho entonces los pasos a seguir? En mi opinión no hay números mágicos al respecto: ocho, catorce o quince da exactamente lo mismo. El objetivo es conseguir de esta descripción que usted entienda cómo encaja la herramienta del Benchmarking en un proceso de instalación de calidad dentro de una empresa, y no olvide que todo sistema primero debe ser comprendido para después adoptar el mismo a las necesidades de nuestra empresa. Desglosaremos de manera rápida los tres primeros puntos y después mostraremos la definición y características de un sistema de Benchmarking.

#### Disponer de un sistema de calidad

Ante el tan trillado Tratado de Libre Comercio, nuestras empresas deberán incluir en sus políticas de calidad el cumplimiento de la familia de normas UNE 66900, idénticas a las EN 29000, ISO 9000 ó las NOM CC-1 a la NOM CC-8, que son aplicables a cualquier tipo de empresa, pueden servirle como referencia al momento de evaluar, como base de partida, la situación de su sistema de calidad, con respecto a lo que en este momento se está haciendo en Europa y en los países más desarrollados.

En cualquier caso, consideraremos algunos consejos prácticos que podrán ayudarle a establecer u optimizar su sistema de calidad:

- Busque el asesoramiento con los expertos y los técnicos a la hora de establecer metodologías, requisitos, niveles y criterios de aceptación.
- Escriba en sus documentos de calidad lo que hacen de verdad o lo que han pactado hacer: no vale de nada tener unos estupendos procedimientos que son sólo teóricos y no se aplican en la práctica.
- Piense desde el principio en implantar indicadores de calidad que le permitan saber qué tal van las cosas: este será el modo idóneo de corregir errores y mejorar continuamente el sistema en su conjunto a través de detalles concretos.



## Compromiso de la Dirección

Las funciones y tareas relacionadas con la gestión de calidad que corresponden al primer ejecutivo de la compañía, serán las siguientes:

- Que entienda lo que se pretende y lo que se puede conseguir con la implantación de la administración de calidad.
- Que, si no los redacta, al menos firme y suscriba los documentos de política de calidad de su empresa: declaraciones de programas, planes estratégicos de calidad o planes anuales de calidad.
- Que acepte estar involucrado en los órganos rectores de calidad, a los que llegará información periódica sobre grados de implantación, resultados conseguidos y obtención de mejoras, debiendo participar en el análisis y la supervisión de dicha información.
- Que defina los proyectos en los que a la empresa le conviene estratégicamente establecer planes de mejora y distinguirse en el mercado, para actuar en ellos con el mayor entusiasmo y contundencia.
- Que facilite los recursos humanos y materiales que sean precisos para implantar estos planes de mejora.
- Que sea el encargado de otorgar recompensas y reconocer públicamente los logros obtenidos en los proyectos que se distinguen por los progresos conseguidos en temas relacionados a la mejora continua.
- Que anime y estimule la implantación de medidas encaminadas a la gestión y a la mejora de la calidad.

## Análisis de la Situación

Coherentemente con todo lo que hemos dicho, no sería sensato embarcarse en un programa de mejora continua, sin

conocer perfectamente la situación de la que se parte y la que se pretende alcanzar.

A la etapa destinada a definir estos tres pasos:



es la que denominamos análisis de la situación.

En ella convendrá realizar las acciones que sean oportunas para disponer de detalles precisos relativos a la siguiente información:

- a. Definición clara de la *Misión y Objetivos de la Empresa*, considerados desde la óptica de la calidad. Esta labor es responsabilidad directa de los primeros ejecutivos de la empresa.
- b. *Análisis Histórico*, para conocer la cultura disponible en la compañía en cuanto a la consecución de la calidad. Este reflexión, todavía somera, corresponde a hacerla exclusivamente al personal de la empresa, que es quien puede conocer dicha historia y extraer las conclusiones oportunas respecto a la cultura de la empresa.
- c. *Análisis del entorno y su impacto*. Lo que se propone llevar a cabo es una investigación de mercado que nos permita conocer la situación de la calidad en el mismo. De este modo, conseguiremos información sobre:
  - \* El nivel de calidad de productos o servicios ofertados por la competencia.
  - \* El nivel de calidad requerido por el mercado, lo que incluye no sólo a los clientes directos a los que habrá de ofertarse nuestro producto, sino lo que demanda al respecto la sociedad en su conjunto. Podríamos sintetizarlo llamándolo "necesidades externas de calidad".

- \* Tendencias previsible de futuro, que nos permitan suponer acertadamente hacia dónde pueden derivar las exigencias del mercado, los requisitos y limitaciones que puedan imponerse al sector y la evolución esperada del gusto de los clientes.

En este tipo de análisis puede ser útil disponer de la ayuda de consultores externos, encuestadores o analistas de mercado que nos ayuden a clarificar nuestra perspectiva de la situación, con vistas a la posible redefinición de objetivos de la empresa.

- Conocimiento de la situación de la empresa con respecto a la calidad.* Es un paso más que consiste en profundizar respecto a lo que sabíamos de la cultura y de la historia de la empresa. El modo más habitual de proceder en este punto es la realización de un análisis denominado DAFU a cargo del propio personal, que conozca bien a la compañía y disponga suficiente visión de la situación real de la compañía. Este análisis consiste en estudiar:
  - \* Las debilidades de la empresa en relación con el tema que se analiza, que en este caso es la calidad. Por debilidades se entiende exclusivamente temas de carácter interno: problemas de producción, falta de formación, abastecimiento, carencias del propio sistema, etc.
  - \* Las amenazas exteriores que puedan ser causa de situaciones de perjuicio y copromiso para la compañía. Se puede aclarar este concepto diciendo que las amenazas son aquellas debilidades de la empresa que son causadas por situaciones exteriores a ella: crisis en el sector, conflictos sindicales en las industrias de nuestro ramo, política exportadora o importadora del gobierno, recesión económica en el país, encarecimiento del dinero y altos intereses, superior nivel de calidad obtenido por la competencia, etc.
  - \* Los Puntos Fuertes son aquellas características internas de la empresa que la colocan en situación de superioridad con respecto a los restantes competidores. Puede tratarse de un prestigio de marca, el nivel de

formación de nuestra gente, de la liquidez de la compañía, de la visión de sus altos ejecutivos, etc.

- \* Las Oportunidades, por fin, son aquellas circunstancias externas a la empresa que pueden ser aprovechadas por ella en beneficio propio para mejorar su situación actual. Ejemplos sencillos podrían ser: la política de apoyo a la calidad de los Ministerios, la apertura de los nuevos mercados internacionales, la tendencia expansionista de un grupo o sector, pactos culturales a nivel país, región o comunidad, etc.

Una vez estudiados estos cuatro puntos de vista, cuyas iniciales dan nombre a este tipo de análisis y establecido su rango de importancia de mayor a menor, los cruzamos sobre una matriz para estudiar las influencias que todos ellos tienen entre sí. Es en este momento cuando utilizaremos la herramienta del Benchmarking, en base a las coincidencias de la matriz y a los resultados de las pruebas de calidad (Benchmarking), dispondremos de información para reorientar nuestros objetivos.

- e. *Medida del nivel de calidad disponible.* Será útil disponer de una base de referencia que nos indique cuál era el estado de la calidad en la empresa en el instante previo al arranque. Se trata pues, de medir y comparar. Bien es cierto que estas medidas iniciales serán en muchos casos estimativas. No importa, con tal y que seamos conscientes de ello y sepamos que nuestro objetivo es conseguir datos cada vez más exactos. Veamos algunos ejemplos posibles:
  - Coste de calidad atribuible a los conceptos de costos de calidad: fallas externas e internas, evaluación y prevención.
  - Productividad neta, medida en número de errores o piezas defectuosas obtenidas o en costo unitario real de un servicio prestado o de un elemento fabricado, siempre en relación con los volúmenes totales producidos o facturados por la empresa.
  - Efectividad de los controles, medibles a través de número de desviaciones detectadas o mejor aún

midiendo el tiempo que se tarde en resolver y su evolución.

- Número de mejoras al proceso propuestas, implantadas o documentadas durante los últimos seis meses, etc..
  
- f. *Definición de estrategias, prioridades y objetivos concretos*, una vez conocida la situación actual de la calidad de un modo objetivo y cuantificable, lo que procede a continuación es definir en qué se requiere mejorar y, de nuevo, dar valores a esta mejora esperada. Estos valores se convertirán en objetivos de calidad para el período inmediato que comienza con la implantación: los próximos tres o seis meses, un año, o lo que se acuerde al respecto.

# MANTENIMIENTO TOTAL

## LA FIABILIDAD DE LAS MAQUINAS

Las averías e incidentes de la maquinaria son una de las principales plagas de la industria. ¡ No es raro encontrarse con fábricas en que la tasa media de inmovilización del conjunto de los equipos es superior al 40%!

Esta falta de disponibilidad recorta gravemente la capacidad de producción de las máquinas y, con ello, aumenta el precio de los costos. Ello explica que los plazos de fabricación sean largos y que, sin embargo, difícilmente se respeten. Constituye un obstáculo fundamental para la rápida salida de los productos de una fábrica.

La falta de disponibilidad de los equipos es la resultante de dos fenómenos: *falta de fiabilidad y mantenimiento insuficiente.*

La falta de fiabilidad explica la frecuencia elevada de averías e incidencias. El mantenimiento defectuoso se traduce en plazos largos de reparación y de puesta a punto.

Para determinar la perspectiva a considerar, conviene comenzar por examinar esos dos fenómenos. Será enseguida posible tratar el problema de la falta de disponibilidad de la máquina atendiendo a sus causas.

## LA FALTA DE FIABILIDAD

Las averías e incidencias en el funcionamiento de las máquinas pueden presentar múltiples aspectos. Se trata a veces de insuficiencias en la concepción de las máquinas y a menudo del modo como se utilizan.

Las máquinas complicadas: numerosos tipos de averías.

Una máquina industrial es un sistema complicado, compuesto

de elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos.

Las posibilidades de averías o incidencia son por ello múltiples.

#### ALGUNOS TIPOS DE AVERIAS O INCIDENCIAS

- \* Desgaste, rotura de una herramienta.
- \* Desgaste, rotura de una pieza.
- \* Desgaste, rotura de un rodamiento
- \* Fusible fundido.
- \* Circuito electrónico fundido.
- \* Motor eléctrico fundido.
- \* Elemento eléctrico fundido o defectuoso.
- \* Nivel de aceite insuficiente; pérdidas de aceite.
- \* Proyección de agua en los detectores o contactores.
- \* Rotura de una correa.
- \* Error en el programa de control.
- \* Virutas que impiden el funcionamiento de un dispositivo

Esta diversidad de tipos de averías o incidencias hace, en ciertos casos, su diagnóstico difícil. Explica además que parezca a priori muy delicado prever las averías. Por ello, tradicionalmente, los servicios de Mantenimiento esperan las averías para repararlas, en lugar de preverlas y prevenirlas.

La utilización de las máquinas.

Siendo producir el imperativo de una fábrica, las máquinas se utilizan en el mayor grado posible. Resulta por tanto difícil

encontrar tiempo para su mantenimiento. Se espera simplemente que la próxima avería sobrevenga lo más tarde posible. A fin de limitar sus efectos, se aprovechan los períodos de buen funcionamiento de la maquinaria para construir stocks.

Las máquinas, en consecuencia, reciben mantenimiento insuficiente y se limpian en pocas ocasiones, de modo que en la mayoría de las fábricas se encuentran sucias, cubiertas de polvo, de grasa, etc. E igual sucede con su entorno inmediato; una avería desencadena, en efecto, una secuencia de acontecimientos que bien podría ser el siguiente ejemplo:

1. El operador de la máquina pulsa todos los botones o resortes y comprueba que la máquina no marcha.
2. Llama al jefe de equipo (o al supervisor, o al técnico de fabricación).
3. Este comprueba la avería, complementa un boletín de avería y lo hace transmitir al servicio de mantenimiento.
4. En el servicio de mantenimiento, el jefe de equipo examina el boletín y decide enviar un técnico.
5. El técnico de mantenimiento (por ejemplo que sea un mecánico) mira la máquina. Descubre que la avería no es de su incumbencia, se trata de un problema eléctrico.
6. Va a buscar a un especialista en electricidad.
7. Llega el electricista y arranca el motor de la máquina.
8. El mecánico descubre que hay una pieza rota. Vuelve al servicio de mantenimiento para consultar los planos detallados de la máquina y encuentra en ellos la referencia de la pieza.
9. El mecánico va al almacén a buscar la pieza.



10. Regresa a la máquina y cambia la pieza.
11. Vuelve a buscar al electricista para que éste vuelva a poner en marcha el motor.
12. El electricista vuelve a poner en marcha el motor: la máquina está reparada.
13. Si, durante el intervalo, el operador de la máquina ha estado ocupado en otras tareas, hay que ir a buscarlo, en caso contrario puede haber estado inactivo durante este período.

Esta secuencia de acontecimientos requiere como mínimo dos horas, siempre que no se vea interrumpida por una pausa (almuerzo, fin de jornada), que la avería sea simple, que la pieza de cambio se encuentre en el almacén y que no haya ninguna dificultad en la reparación.

Cuando no se dan estas condiciones, la inmovilización de la máquina puede llegar a durar mucho más tiempo, incluso días.

No es posible limitarse a un mantenimiento accidental orientado a reparar o a poner nuevamente en servicio los equipos cada vez que se averían.

Es preciso luchar contra las causas de la falta de disponibilidad de las máquinas. El objetivo sustancial a establecer para ello es el de intentar **DISMINUIR EN GRADO MUY ALTO LAS AVERIAS O INCIDENCIAS.**

Esta acción deberá acompañarse de una reducción de los tiempos de reparación o de nueva puesta en servicio, a fin de evitar que los fallos inesperados resulten penalizadores.

El camino a seguir: el "Mantenimiento Total".

La puesta en práctica generalizada del mantenimiento preventivo se juzga a veces (erróneamente) de defectos lentos. El mantenimiento predictivo puede necesitar un nivel

de medios y de conocimientos técnicos que ciertas fábricas pueden considerar como lejano a obtener.

Más que continuar con estas discusiones, conviene definir acciones sencillas que permitan reducir *Rápidamente y en Alto Grado* el número de averías e incidencias. El conjunto de tales acciones puede agruparse bajo el término "Mantenimiento Total", del que el preventivo o predictivo no presentan sino dos aspectos.

Las acciones a efectuar deben inspirarse en tres ideas simples:

1. Para reducir el número de fallos de una máquina es preciso, ante todo, saber qué le sucede.
2. Para mejorar la utilización y el seguimiento de la máquina, hay que implicar a su operador.
3. Dados los múltiples casos de averías o incidencias de máquinas, puede parecer difícil reducir rápidamente su frecuencia. Basta en realidad ser lógico: hay que empezar por luchar contra los problemas principales.

#### Saber lo que sucede

Lo primero que ha de hacerse es situar junto a *cada una* de las máquinas un cuaderno de seguimiento de su funcionamiento, a complementar por el operador cada vez que sobreviene una avería o incidencia.

El cuaderno debe contener información muy simple que permita después hacer un análisis posterior de las fallas.

#### Implicar al operador

El operador de la máquina tiene un papel muy importante en la consecución de la fiabilidad de su equipo y en la reducción del período de inmovilización.

Debe conocer mejor su máquina, a fin de utilizarla en las mejores condiciones y no ir más allá de sus posibilidades.

Debe vigilar de modo regular su buen funcionamiento y encargarse de las operaciones elementales de mantenimiento: verificación de los niveles, visores, ajustes, etc. Esto le permitirá prevenir buen número de incidencias.

Un conocimiento más profundo de su máquina hará además al operador capaz de diagnosticar e incluso, en ocasiones, de arreglar por sí mismo, un fallo. Un operador formado puede, por ejemplo, cambiar un fusible, una correa, un contactor o limpiar un montón de virutas. La intervención directa del operador permite disminuir de modo muy notable los tiempos de nueva puesta en funcionamiento.

Resulta por tanto necesaria una formación destinada a que los operadores conozcan sus equipos. La experiencia muestra que existe para ello un medio de formación excelente y poco costoso, consistente en hacer efectuar a los operadores mismos, perfectamente de modo diario, la limpieza de su máquina.

Si esta práctica puede sorprender, hay que precisar que viene ya aplicándose con éxito por diversas sociedades americanas y francesas.

Luchar prioritariamente contra los problemas más frecuentes.

Tras una sólo semana de puesta en práctica de los cuadernos de seguimiento, resulta fácil identificar los dos o tres tipos de averías o incidencias que inmovilizan con mayor frecuencia a la máquina.

Basta para ello utilizar el método muy simple del diagrama de Pareto. Una vez identificados los principales problemas de una máquina, conviene intentar resolverlos, tratando sus causas.

El análisis de cada problema deberá concluir por identificar su causa. El camino a seguir para hacer luego más fiable la máquina podrá variar según los casos.

Ver cuadro anexo.

<u>LA PUESTA EN MARCHA DEL MANTENIMIENTO EN FUNCION DEL TIPO DE INCIDENTE</u>	
1.	<u>Incidente repetitivo anormal.</u> Taladro roto con mucha frecuencia. Este caso requiere generalmente una puesta punto de la máquina, de su calibrado y una revisión de sus condiciones de utilización.
2.	<u>Incidencia debido a una deficiencia de la máquina.</u> Como un mecanismo demasiado complejo o una secuencia de regulación. Será entonces necesario mejorar la máquina.
3.	<u>Incidente debido a la mala utilización de la máquina.</u> Habrá que formar al personal para que aprenda a respetar las condiciones normales de utilización de la máquina. Esto puede en su caso acompañarse de una mejora del equipo.
4.	<u>Incidente debido a la falta del mantenimiento corriente o de limpieza.</u> El operador debe ser el encargado de la limpieza y del mantenimiento corriente de la máquina.
5.	<u>Incidente debido al desgaste normal.</u> Originado por el funcionamiento de la máquina. Es a este tipo de incidente al que se aplican los mantenimientos preventivos y predictivos.

A más largo plazo, las diferentes acciones deberán completarse mediante la intervención del personal de mantenimiento en el momento de la concepción o de la elección de los futuros equipos. Será cada vez más necesario, antes de instalar nueva maquinaria, pensar en la fiabilidad y en el mantenimiento.

La facilidad de mantenimiento comprenderá en particular la de acceso a los elementos, su carácter modular, la rapidez de desmontarlos y montarlos. Deberá verse acompañada por medios que permitan la obtención rápida de piezas, así como de libros de instrucciones de mantenimiento, que contendrán consignas para el diagnóstico y la identificación de averías, reglas de intervención urgente, esquemas de reparación y tareas de mantenimiento corriente preventivo a efectuar.



Esta publicación termino de imprimirse  
en Noviembre de 1993  
en los Talleres de la Universidad  
Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.  
la edición consta de 200 ejemplares

**Formato de Papeleta de Vencimiento**

*El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha  
señalada en el sello mas reciente*

Código de barras. 2894799

FECHA DE DEVOLUCION


- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro





UAM  
TS155  
M2.766

2894799  
Martínez Reyes, Marcos  
Producción justo a tiempo

DR. GUSTAVO CHAPELA CASTAÑARES  
Rector General UAM

DR. ENRIQUE FERNANDEZ FASSNACHT  
Secretario General UAM

LIC. EDMUNDO JACOBO MOLINA  
Rector UAM Azcapotzalco

MTRO. ADRIAN DE GARAY SANCHEZ  
Secretario de la Unidad

M.D.I. EMILIO MARTINEZ DE VELASCO  
Director de la División de CYAD

ARQ. ROSA ELENA ALVAREZ MARTINEZ  
Jefa de Dpto. de Procesos y Técnicas de Realización