

septiembre del 2001

ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DEL TRABAJO

JUSTO A TIEMPO Y MANUFACTURA MODULAR: ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA COMPETITIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN

Resumen / Abstract

Lograr la competitividad empresarial, requiere de la adopción de diferentes estrategias, relacionadas o no, que actúan sobre toda la cadena de suministro de una empresa. En este artículo, se hace mención a las ventajas que proporciona la filosofía justo a tiempo y más específicamente la fabricación modular, demostrándose su superioridad sobre la tradicional fabricación en línea mediante un caso de estudio, a partir de la experiencia obtenida por los autores en lo relativo a su empleo en la industria de confecciones.

To achieve the competitiveness in the industry, is necessary the adoption of different strategies that act on the whole supply chain of a company. In this article there are mentioned the advantages that the "just in time" philosophy and more specifically the modular manufacturing provide to the clothing industry. This is based on the authors experience in relation to its use in the clothing industry, showing its superiority over the traditional online manufacturing.

Palabras clave / Key words

Manufactura modular, inventario, competitividad, sistemas de producción, industria de confecciones

Modular manufacturing, inventory, competitiveness, production systems, clothing industry

William Ariel Sarache Castro, Ingeniero Industrial, Máster en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

Roberto Cespón Castro, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería, Industrial Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Central de Las Villas (UCLV)

>-mail:rcespon@fc.uclv.edu.cu

Santiago Ibarra Mirón, Ingeniero Industrial, Máster en Creación, Estrategia y Gestión de Empresas, Asistente, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV, Cuba

>-mail:sibarra@fce.uclv.edu.cu

INTRODUCCIÓN

Durante las décadas de los años 60 y 70, las estrategias competitivas de las empresas industriales estaban orientadas a la fabricación en masa, con el ánimo de lograr mejoras sustanciales y diferenciación en costes. Actualmente, aunque reducir costes es una condición necesaria para poder ser competitivo, esto no es suficiente, dadas las características y evolución en el comportamiento de los consumidores contemporáneos y la creciente competencia proveniente de otros países, a raíz del fenómeno de globalización de la economía.

Dentro de este marco de referencia, es importante diferenciar los conceptos de competitividad estratégica y operativa,¹ planteados en las expresiones (1) y (2).

Competitividad estratégica = Innovación + Anticipación + Velocidad ... (1)

Competitividad operativa = Costes + Calidad + Flexibilidad + Plazos de entrega ... (2)

Con respecto a esta última y en aproximación al concepto de varios autores,^{2,3} es posible concluir que, actualmente para que una empresa se considere competitiva desde el punto de vista operativo, debe diseñar su estrategia, para cumplir las siguientes condiciones: precios competitivos, productos de excelente calidad y un alto nivel de servicio al cliente (velocidad y variedad).

En particular para la industria de la confección, resulta importante dadas sus características, entrar a considerar la adopción de nuevas estrategias que le permitan alcanzar mayores niveles de competitividad, que es lo que el mercado exige actualmente. En este sentido, una de las posibilidades que se presenta como alternativa viable para este sector productivo, la constituyen las técnicas de manufactura modular, las cuales se fundamentan en los principios de la filosofía JIT (justo en tiempo según su traducción al castellano; en lo sucesivo se empleará la abreviatura JIT que es como comúnmente se conoce en el argor académico y empresarial).

FILOSOFÍA JUSTO A TIEMPO. UNA ALTERNATIVA PARA EL AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD

Esta filosofía de producción, desarrollada inicialmente en las empresas japonesas, persigue como principal estrategia competitiva, la reducción de los ciclos de fabricación, el aumento de la flexibilidad, de la calidad y la reducción de costes, a través de un enfoque logístico de tipo *Pull*. En pocas palabras, la filosofía justo a tiempo tiene como principio básico: "que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilice el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier despilfarro o costo innecesario".⁴

En el sistema JIT, el tamaño ideal del lote es un ítem y para alcanzarlo, se necesita de una producción estructurada, de tal forma que la distribución de planta facilite el manejo de lotes de este tamaño. La idea es aproximar a cero las acumulaciones de piezas en espera de ser procesadas y con ello lograr los resultados siguientes:

- Invertir lo mínimo en inventarios.
- Reducir los tiempos de entrega de la producción.
- Reaccionar más rápidamente ante los cambios de la demanda.
- Descubrir cualquier problema en la calidad.

Las empresas japonesas, pioneras en la aplicación del JIT, reconocen al exceso de inventario (ya sea de materias primas, en proceso y de producto terminado) como "el enemigo número uno" de la productividad, pues por lo general, la tendencia en los procesos manufactureros ha sido siempre el protegerse o "cubrirse" usando niveles apropiados o excesivos de inventario contra contingencias. Es así como algunos problemas, tales como el índice de piezas rechazadas, se solucionan produciendo algunas unidades de más; el problema de las averías, mecánicas y (o) eléctricas, se prevé con un aumento en la capacidad productiva o

con inventarios de seguridad en proceso; la incertidumbre en la demanda se soluciona produciendo para inventario; y los pedidos a los proveedores se hacen con una gran anticipación y en una cantidad mayor a la realmente necesaria, etcétera.

Por las razones antes expuestas, los esfuerzos de mejora para alcanzar mejores niveles superiores de competitividad, deben enfocarse, a la reducción del nivel de inventarios y así poder empezar a visualizar los verdaderos problemas de la empresa, a través de un proceso de mejoramiento continuo. Esta forma de gestionar el sistema productivo, unido al cumplimiento de una serie de elementos necesarios para su implementación práctica exitosa, ha llevado a muchos productores japoneses a convertirse en fabricantes de categoría mundial.

CONCEPTO DE MANUFACTURA MODULAR

En el caso específico de la industria de la confección, aparecen los denominados sistemas de manufactura modular, los cuales se han convertido en una alternativa viable de mejoramiento para este tipo de empresas. Estas organizaciones empresariales en muchos países, se han visto en la imperiosa necesidad de adoptar mejoras sustanciales que les permitan incrementar su capacidad competitiva.

De acuerdo con Rubinfeld,⁵ la manufactura modular se define como un cambio profundo en la naturaleza técnico-filosófica en la forma de operar una empresa, que nace a partir de las nuevas necesidades del mercado y que implica una nueva actitud de todos los integrantes de la empresa sin importar su nivel jerárquico, tendiente a crear un marco de mejora continua y un sistema flexible orientado hacia las necesidades del cliente.

Desde el punto de vista filosófico, acoge los conceptos JIT; y desde del punto de vista técnico, exige la desintegración de las líneas rígidas de producción y la adopción de un sistema de trabajo en equipo, bajo la conformación de grupos de trabajo polivalentes y autónomos, que trabajan bajo los criterios de calidad total.⁶

CONCEPTO DE MÓDULO Y REQUISITOS PREVIOS

Un módulo, es un equipo de trabajadores asignados a la fabricación de un producto específico, organizados, de forma tal que el producto fluya de forma rápida y sincronizada de acuerdo con el orden de sus operaciones. Para lograrlo, es necesario previamente estimar los tiempos de producción por cada operación y mediante la aplicación de expresiones matemáticas llegar a un modelo de distribución de cargas de trabajo o balanceo modular, buscando el aprovechamiento del factor humano, las máquinas y el espacio.

Uno de los requisitos fundamentales para el éxito en el funcionamiento de un módulo, lo constituye la integración de sus componentes como un verdadero equipo de trabajo, con una alta conciencia de calidad y actitud de mejora continua, que permita acercarse a niveles de cero defectos en el corto plazo con altos indicadores de eficiencia en la operación.

Lo anterior, hace imprescindible que la alta gerencia esté convencida de la necesidad del cambio y de las ventajas que este traería, así como de las medidas a tomar para evitar el fracaso. Posteriormente, es necesario capacitar al nivel medio de la organización, especialmente en las técnicas de organización modular y coordinación de grupos de trabajo, para finalmente, concientizar y hacer partícipe del cambio al personal de planta, que es quien determina el éxito o fracaso de su funcionamiento. El siguiente paso, consiste en diseñar y conformar cada uno de los grupos de trabajo de acuerdo con las necesidades del programa de producción.

Es importante aclarar, que el cambio hacia un esquema de producción grupal, genera una reacción de reserva en los empleados, necesiéndose un tiempo prudencial para su asimilación, el cual depende, en gran medida, del esfuerzo de los directivos y del clima organizacional existente en ese momento. Por ello, se recomienda comenzar con la creación de un módulo piloto, que permita afianzar los conocimientos en la aplicación de la técnica y a la vez vencer la resistencia al cambio del resto de los empleados.

VENTAJAS COMPETITIVAS DE LA MANUFACTURA MODULAR

Los aportes importantes, que los sistemas de manufactura modular ofrecen se evidencian en la mejora de los siguientes aspectos:

- Reducción de costes de producción, representado en el aumento de la eficiencia de la mano de obra, reducción del inventario en proceso y la disminución de los gastos por concepto de manejo de materiales.
- Aumento en el servicio al cliente, ya que se reduce el ciclo de fabricación y entrega.
- Mejora la calidad, debido a que es posible implantar sistemas autocontrolados y además, porque es más fácil la detección temprana de errores debido al bajo nivel de inventarios.
- Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta, al lado que el reordenamiento de los equipos y la disminución de los niveles de inventario, elimina recorridos innecesarios y la necesidad de espacios para el almacenaje.
- Disminuyen los índices de fluctuación y ausentismo del personal creando un mejor clima laboral.

FABRICACIÓN MODULAR FRENTE AL SISTEMA DE FABRICACIÓN EN LÍNEA

Resultados de un caso de estudio mediante técnicas de simulación

Con el ánimo de comprobar las ventajas competitivas que ofrecen los sistemas de fabricación modular, frente a los sistemas clásicos de fabricación en línea utilizados en la industria de la confección, se tomó como base la simulación de estos dos sistemas fabri-

cando una camiseta tradicional, cuya secuencia de operaciones y tiempos estándares de producción por unidad se presentan en la tabla 1.

Para el desarrollo de la simulación, en primera instancia, se presenta en la tabla 2 el diseño de la línea de fabricación, la cual con una asignación de 10 operarios y 10 máquinas, se espera que produzca, de acuerdo con el balanceo de cargas de trabajo, un total de 1 250 camisetas en un turno de 8 horas.

TABLA 1 Tiempos estándares para las operaciones de la camiseta		
Operación	Nombre	Tiempo por operación (Ti)(Min./Unid)
1	Cerrar hombros (CH)	0,290
2	Dobladillar falda (DF)	0,306
3	Dobladillar mangas (DM)	0,384
4	Cerrar mangas (CM)	0,244
5	Pegar cuello (PC)	0,442
6	Pegar sobrecinta (SC)	0,506
7	Pegar mangas (PM)	0,647
Total		2,819

TABLA 2 Balanceo de la línea de producción para 1 250 unidades/turno de 8 h.					
No.	Operación	NTO	NRO*	Operario	Producción esperada
1	Cerrar hombros (CH)	0,75	1	A	1 655
2	Dobladillar falda (DF)	0,80	1	B	1 568
3	Dobladillar mangas (DM)	1,00	1	C	1 250
4	Cerrar mangas (CM)	0,63	1	D	1 967
5	Pegar cuello (PC)	1,15	2	E+F	2 171
6	Pegar sobrecinta (SC)	1,32	2	G+H	1 897
7	Pegar mangas (PM)	1,68	2	I+J	1 483
Total		7,33	10		

NRO*: Número real de operarios.

Eficiencia del balanceo: $(7,33 \cdot 100) / 10 = 73,3 \%$
 Producción máxima esperada: 1 250 unidades por turno.

El cálculo del número teórico de operarios (NTO) para cada operación se realizó mediante la aplicación de la expresión.

$$NTO = \frac{P \cdot Ti}{TD} \quad \dots(3)$$

donde:

NTO: Número teórico de operarios.

P : Producción planeada para el turno; en unidades /turno.

TD: Tiempo disponible en el turno; en minutos/turno.

Ti: Tiempo por operación; en minutos /unidad.

El *layout* correspondiente al diseño de esta línea se presenta en la figura 1. Se observa que cada centro de trabajo posee un área de entrada y una de salida para el material en curso. El área ocupada para la configuración mostrada corresponde a 34,5 m²

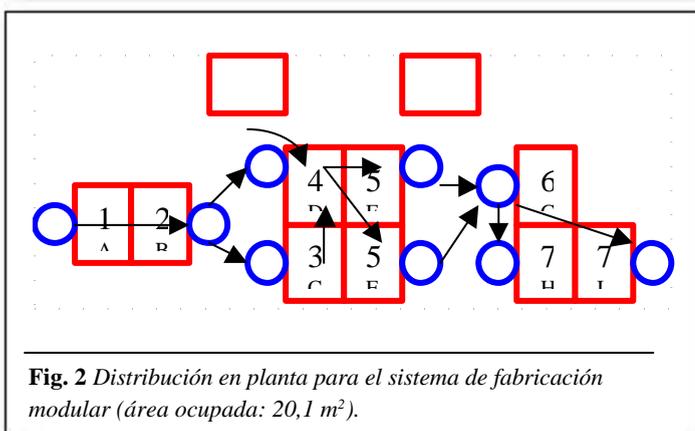
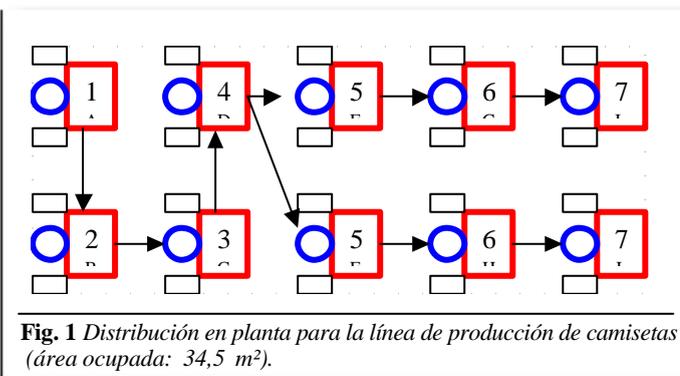
En la propuesta, el módulo resultante para la fabricación de este mismo producto, se diseñó para el empleo de 9 operarios (uno menos que la línea) y 11 máquinas (una más que la línea) y se espera que, de acuerdo con la asignación de cargas de trabajo, la producción total del turno sea de 1 483 unidades. El balanceo de cargas de trabajo y el *layout* propuesto (distribución en planta de la instalación productiva) se presenta en la tabla 3 y la figura 2 respectivamente

TABLA 3 Balanceo del módulo de producción para 1 483 unidades/turno de 8 h				
No.	Operación	NTO	Operario	Producción esperada
1	Cerrar hombros (CH)	0,90	A	1 655
2	Dobladillar falda (DF)	0,94	B	1 568
3	Dobladillar mangas (DM)	1,19	C + D	1 488
4	Cerrar mangas (CM)	0,75	D	1 495
5	Pegar cuello (PC)	1,37	E + F	1 487
6	Pegar sobrecinta (SC)	1,57	G + F	1 489
7	Pegar mangas (PM)	2,00	H + I	1 483
Total		8,72	9	

Eficiencia del balanceo: $(8,72 \cdot 100) / 9 = 96,9 \%$

Producción máxima esperada: 1 483 unidades / turno.

Se puede inferir de los resultados obtenidos sobre la capacidad calculada, que la eficiencia en lo que respecta a la utilización del recurso humano, será de 96,8 % en el sistema modular, frente a un 73,44 % esperado para la línea. Sin embargo, al analizar la utilización de la maquinaria, en el sistema modular el valor esperado es del 79 % frente a un 73,44 % de la línea, lo cual evidencia que si bien existe una diferencia notoria en el incremento esperado de la eficiencia de la mano de obra en un sistema modular, en lo que respecta a la maquinaria, esta diferencia no es tan notable. Con respecto a la utilización del espacio ocupado, solamente se necesitará 20,1 m² en el sistema modular lo que significa un ahorro con relación a la distribución en línea de 14,4 m², es decir, se reduce la necesidad de espacio en un 41,73 %.



Diseño del experimento de simulación

Para corroborar el grado de cumplimiento de los cálculos anteriores y en aras de comprobar la calidad de la estrategia de reducción de inventarios, se realizó una simulación de este proceso en ambos sistemas de fabricación antes evaluados. Para ello se realizaron los siguientes experimentos:

1. Sistema de fabricación en línea con lanzamiento de lotes de 50 unidades entre cada operación.
2. Sistema de fabricación en línea con lanzamiento de lotes de 25 unidades entre operaciones.
3. Sistema de fabricación en línea con lanzamiento de lotes de una unidad entre operaciones.
4. Sistema de fabricación modular, con lanzamiento de lotes de una unidad.

Las variables a comparar entre los distintos experimentos son:

- Producción por semana.
- Productividad de la mano de obra.
- Tiempo de carga del sistema.
- Inventario promedio en el sistema.

Los resultados del análisis estadístico de las operaciones del proceso se presentan en la tabla 4.

Resultados del experimento de simulación

Una vez desarrollado el programa de simulación, se realizaron 5 corridas en cada experimento planteado, las cuales corresponden al número óptimo de los cálculos estadísticos, para un tiempo de trabajo de una semana de 5 días hábiles, encontrándose los resultados que se resumen en la tabla 5.

TABLA 4 Distribución de probabilidad del tiempo de fabricación de las operaciones de la camiseta			
Operación		Tipo de distribución	Parámetros
Cerrar hombros	(CH)	Uniforme	0,216; 0,303
Dobladillar falda	(DF)	Uniforme	0,266; 0,322
Dobladillar mangas	(DM)	Uniforme	0,375; 0,403
Cerrar mangas	(CM)	Uniforme	0,200; 0,236
Pegar cuello	(PC)	Uniforme	0,400; 0,466
Pegar sobrecinta	(SC)	Uniforme	0,491; 0,533
Pegar mangas	(PM)	Uniforme	0,633; 0,658

A los resultados obtenidos, se les aplicaron las pruebas estadísticas necesarias para demostrar su confiabilidad.

Tal como lo evidencian los resultados de la tabla 5, queda demostrada la ventaja competitiva de los sistemas de fabricación modular, en lo referente, a las variables estudiadas. Así mismo, se puede apreciar como en la medida que se reducen los tamaños de lote (e inventario en curso) en cada uno de los sistemas simulados, todas las variables analizadas mejoran, lo cual corrobora los efectos esperados en los sistemas JIT o de manufactura ajustada.

Con respecto al espacio ocupado y de acuerdo con la distribución en planta mostrada en las figuras 1 y 2, es destacable el área ocupada de 34,5 m² en el sistema en línea, frente a solo 20,1 m² del sistema modular. Esta notoria diferencia, se ve reflejada en el hecho de que, dado el alto nivel de inventarios que se acumulan en una línea, surge la necesidad de calcular y prever espacio para su almacenamiento temporal, lo cual no sucede con el sistema modular, tal como lo evidencian los resultados de la simulación.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, se demuestra la ventaja competitiva que conlleva la adopción de un sistema de manufactura modular, reflejada en el aumento de la productividad de la mano de obra, la reducción de inventarios en proceso, la reducción del ciclo de fabricación y la economía en el espacio necesario para su operación.

Sin embargo, vale la pena aclarar que la adopción de este sistema exige un cambio profundo en la filosofía y en la forma de operar de la organización, la cual debe comenzar por variar los antiguos esquemas de producción e incentivos individualizados y tender hacia la promoción del trabajo en

TABLA 5 Resultados de la simulación del sistema de fabricación modular frente al sistema de fabricación en línea, para una semana de trabajo				
Variable	Sistema en línea (lote de 50)	Sistema en línea (lote de 25)	Sistema en línea (lote de 1)	Sistema modular (lote de 1)
Producción promedio (unidades)	5 810	5 990	6 159	7 266
Productividad de la mano de obra (unidades /persona)	581	599	615	807
Inventario en proceso (unidades)	2 610	2 455	2 274	179
Tiempo de carga (minutos)	141,6	70,4	6,8	3,8

equipo bajo una cultura de calidad total, donde el recurso humano representa un aspecto de máxima importancia.

Además, se deben iniciar programas de capacitación en todos los niveles jerárquicos, que les permita conocer la técnica y la filosofía que lleva implícita la manufactura modular. Una vez que se desarrolle su implantación, la organización se acercará a mejores niveles de desempeño competitivo, que le permitirán explorar y entrar en nuevos mercados potenciales con productos no solo de excelente calidad, sino además de bajo precio y con entregas rápidas. Asimismo, no debe olvidarse las capacidades que ofrece la manufactura modular en lo relativo a la flexibilidad de sus operaciones en general, lo que hace que sea un sistema más adaptable que la línea de fabricación. 

REFERENCIAS

1. **GABIÑA, J.:** "El futuro revisitado. La competitividad estratégica", *Revista Apparel Industry International*, Vol.1, p. 179, 1996.
2. **UMBLE, M. Y M. L. SRIKANTH:** *Manufactura sincrónica. Principios para lograr una excelencia de categoría mundial*, Ed. CECSA, México, 1995.
3. **RUSSELL, R. Y B. TAYLOR:** *Operations Management. Focusing on Quality and Competitiveness*, second edition, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
4. **DOMÍNGUEZ MACHUCA, J. A. Y OTROS:** *Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*, McGraw-Hill de España, Madrid, 1998.
5. **RUBENFELD, H.:** "Aplicación de líneas modulares", *Revista La Bobina Notivest*, No. 46, pp. 51-52, 1990.
6. **CASTILLO, J.:** "La implementación de sistemas de producción modular", *La Bobina Notivest*, No. 55, p. 44, diciembre, 1993.

REVISTAS CIENTÍFICAS DEL ISPJAE AHORA EN SU NUEVO FORMATO ELECTRÓNICO



- <http://intranet/ediciones/default.htm>
- www.ispjae.edu.cu/ediciones/default.htm