

La alimentación a una línea de montaje. Procedimientos y Costes

The Supply in an Assembly Line. Procedures and Costs.

Valero-Herrero M¹, Garcia-Sabater JP, Morell-Monzo V

Abstract (English) When designing a new assembly plant or restructuring an existing one, it is critical to determine where all the components are received, stored and used. Due to the variety of existing references and their different types, the large number of points of use, the different types of delivery, the storage characteristics and the restrictions of the plant, the problem is complex and it is not always solved optimally. In this paper we propose a model for optimizing material flow in an assembly line.

Resumen (Castellano) Cuando se diseña una nueva planta de montaje o se reestructura una existente, resulta crítico determinar donde se reciben, almacenan y montan cada una de los componentes. Debido a la gran variedad de referencias existentes y sus diferentes tipologías, la gran cantidad de puntos de uso, los diferentes tipos de suministro, las características de almacenes y las restricciones propias de la planta, el problema a bordar presenta cierta complejidad y no siempre es resuelto de manera óptima. En este trabajo se propone un modelo para la optimización del flujo de materiales en una línea de montaje.

Keywords: Simulation, FactoryFlow, Virtual Factory layout, Assembly Line, Routes Optimization **Palabras clave:** Simulación, FactoryFlow, Líneas de Montaje, Optimización de Rutas

¹ Maria Valero Herrero (✉)
Grupo de Investigación en Reingeniería, Organización, trabajo en Grupo y Logística Empresarial (ROGLE). Departamento de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València.
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain
e-mail: mavaher@upv.es

1 Introducción

El flujo de las aproximadamente 10.000 piezas diferentes que entran cada día en una planta de montaje en una factoría de automoción es variado. Hay piezas que entran “embebidas” en otras piezas más grandes y las hay que vienen individualmente, hay piezas que vienen directamente desde el proveedor que las produce y otras que pasan por una serie de operadores intermedios, las hay que vienen por carretera y las hay que vienen por conveyor. Hay piezas que se suministran secuenciadas, otras a través de rutas Kanban. Hay referencias que son suministradas a varios puntos de uso simultáneamente, hay piezas que se suministran en un mismo punto de uso pero se montan en diferentes puntos.

Para que la fabricación de automóviles sea un hecho, se ha de procurar que los componentes lleguen desde la base de proveedores al punto de uso en la cantidad correcta y el momento adecuado. Además es importante que se realice de una manera eficiente, con el fin de reducir costes tanto de transporte como de almacenamiento.

En este trabajo se aborda este problema del diseño del flujo de aprovisionamiento a una línea de montaje. En primer lugar se establece un marco de actuación del citado problema. Este primer paso da lugar a una definición de un modelo matemático. Por último se evalúan los resultados aplicando el modelo en una línea de montaje del sector de automoción.

2. El diseño del flujo de materiales en una línea de montaje

El principal problema asociado al suministro de componentes a una línea de montaje es la limitación de espacio en los puntos de uso. Por tanto, es importante reponer el material consumido en el momento de tiempo se corresponda. Sin embargo, la mejora en los procesos de secuenciación de los componentes (Womack and Jones 1994) provoca problemas con el flujo de transporte interno en las plantas de montaje, sobretodo afectando a la seguridad en la planta.

El flujo interno de materiales depende de las condiciones de la producción y de las características particulares de cada punto de uso, afectando por tanto al diseño de las rutas para el abastecimiento de los puntos de uso. Diferentes autores han estudiado el problema del diseño de rutas (Du et al. 2007;Gong 2008;Jiang et al. 2010;Parragh et al. 2008), concretamente las rutas de tipo Kanban (Chan 2001;Iannone et al. 2009;Yang et al. 2010).

Para el diseño del flujo de materiales se han utilizado diferentes herramientas de simulación (Ertay et al. 2006;Iqbal and Hashmi 2001;Sly 1995) que permiten al diseñador de manera fácil optimizar la toma de decisiones en cuanto a las ubicaciones o los diferentes tipos de suministros.

Se distinguen las siguientes estrategias de suministro:

- Secuencia.
 - A través del conveyor. Se montan en el momento que son suministrados a la línea. Suelen ser componentes de grandes dimensiones.
 - A través de Carros Secuenciados. No tienen porqué ser de grandes dimensiones. El motivo de ser suministrados en secuencia es por la gran cantidad de variantes del mismo producto existente.
 - A través de Carros de kitting. Se introducen en la línea junto con otras piezas y cada una será montada en su punto de uso.
- Call: Se suministran normalmente en embalajes grandes.
- Kanban: Se utiliza en componentes de reducidas dimensiones. Se suministran normalmente en cajas pequeñas.

Además hay que tener en cuenta la existencia de referencias que en su flujo tienen puntos intermedios, por ejemplo aquellas que pertenecen a un kitting, y el tipo de suministro al punto intermedio es distinto al tipo de suministro del punto de uso.

Una vez se ha decidido la ubicación y el tipo de suministro también se ha de decidir la cantidad a transportar. En algunas ocasiones se transportan varios contenedores de una misma referencia y en otras ocasiones varios contenedores de varias referencias distintas.

Si se permiten hacer *convoys* con varios *containers* se puede reducir la cantidad total de desplazamientos o lo que es equivalente, de tiempo consumido en el transporte, como se muestra en la Figura 1. Hay que tener en cuenta que en este ejemplo utilizado para ilustrar el concepto de *convoys*, si la capacidad de la carretilla y el número de carretillas son bajos, no hay suficiente disponibilidad del recurso para la demanda existente. Solamente con 4 carretillas se puede abastecer toda la demanda independientemente de la capacidad de las mismas.

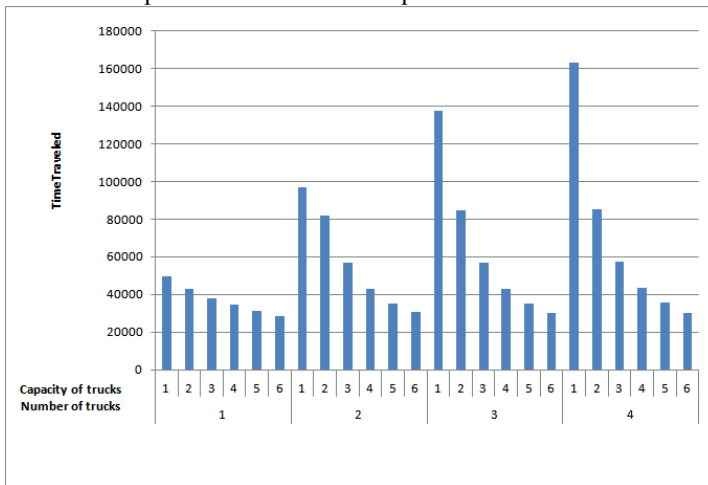


Fig. 1 Número y capacidad de carretillas vs. tiempo de transporte

3. Modelo matemático para el suministro a una línea de montaje

Teniendo en cuenta los tipos de suministros planteados en el apartado anterior, se plantea a continuación un modelo matemático para la optimización del suministro de materiales en una línea de montaje.

3.1 Notación

Tabla 1 Notación

Constantes

- P = Número de referencias
- S = Número de Tipos de suministro
- K = Número de tipos de Recurso Almacén
- T = Número de tipos de Recurso Transporte

Índices

- i = Índice referido a los tipos de referencias
- j = Índice referido a los tipos de Suministro
- k = Índice referido a los Tipos de Recurso Almacén
- l = Índice referido a los Tipos de Recurso Transporte

Parámetros

- C_{ij} = Coste sujeto a suministrar una referencia i con un tipo de suministro j
- CF_k = Coste fijo del Recurso Almacén k
- CF_l = Coste fijo del Recurso Transporte l
- R_{ijk} = Cantidad de Recurso Almacén k utilizada por la referencia i suministrada según el tipo de suministro j
- T_{jli} = Cantidad de Recurso Transporte l utilizada por la referencia i suministrada según el tipo de suministro j
- $Disp_k$ = Cantidad de Recurso Almacén k disponible
- $Disp_l$ = Cantidad de Recurso Transporte l disponible

Variables

- δ_{ij} = Valor binario que indica si la referencia i se suministra según el tipo de suministro j
 - γ_k = Valor binario que indica si se utiliza el Recurso Almacén k
 - γ_l = Valor binario que indica si se utiliza el Recurso Transporte l
-

3.2 El modelo matemático

Se puede expresar el modelo para la optimización de costes en el aprovisionamiento a una línea de montaje según se indica en la Tabla 2.

Tabla 2 Modelo matemático Aprovisionamiento a una Línea de Montaje

$$\min C_{ij}\delta_{ij} + CF_k\gamma_k + CF_l\gamma_l \quad (o.1)$$

sujeto a:

$$\sum_{i,j} R_{ijk}\delta_{ij} \leq Disp_k\gamma_k \quad i=1..R, j=1..S, k=1..K \quad (r.1)$$

$$\sum_{i,j} R_{ijk}\delta_{ij} \leq Disp_l\gamma_l \quad i=1..R, j=1..S, l=1..T \quad (r.2)$$

La función objetivo busca minimizar los costes que supone para cada referencia su suministro, teniendo en cuenta el tipo de suministro utilizado (Call, Kanban, Secuencia), y los recursos necesarios tanto de almacén (Ubicaciones, Carretillas, Personal) como de transporte (Espacio en pasillos para el tráfico, Carretillas, Personal).

Las restricciones a las que está sujeta, tanto de almacén como de transporte son función de la disponibilidad de los recursos.

De esta manera los costes son función del número de viajes necesarios para el suministro y de los costes fijos de los recursos. Asimismo, el número de viajes depende de la demanda de cada una de las referencias, del tipo de suministro utilizado, del tiempo requerido para la carga y descarga, de la capacidad del *Container* y de la utilización o no de *convoys*.

Para el análisis también son necesarios datos de velocidades dentro y fuera de la planta, restricciones propias de los pasillos como pueden ser los sentidos de circulación o limitaciones de ancho.

4. Evaluación en un problema real

Este modelo ha sido aplicado en una línea de montaje del sector de automoción aunque los resultados obtenidos no se pueden mostrar por motivos de confidencialidad.

Para un análisis previo de la situación o para evaluar la situación obtenida se puede realizar una simulación de los flujos. En la Figura 2 se muestra la representación euclídea que se obtiene con el programa FactoryFlow, que permite visualizar fácilmente los puntos de origen y destino de los materiales. Estos diagramas son muy útiles para evaluar la asignación de almacenes y posibles cambios de localización.

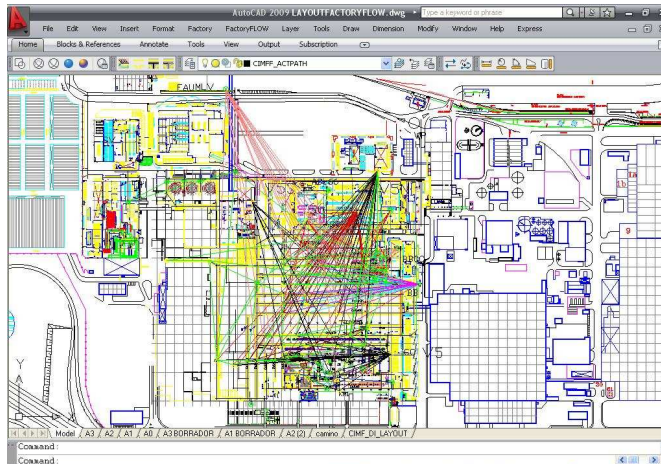


Fig. 2 Distancias entre puntos de almacenamiento y de uso mediante FactoryFlow

5. Conclusiones

Se ha presentado en este trabajo un modelo para la optimización del flujo de materiales en una línea de montaje. Este modelo ha sido aplicado en una línea de montaje del sector de automoción aunque los resultados obtenidos no se pueden mostrar por motivos de confidencialidad.

Agradecimientos

El presente trabajo se ha desarrollado gracias a la ayuda DPI2010-18243 del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España dentro del programa de Proyectos de Investigación Fundamental no orientada, con el título "Coordinación de operaciones en redes de suministro/demanda ajustadas, resilientes a la incertidumbre: modelos y algoritmos para la gestión de la incertidumbre y la complejidad".

Este trabajo también ha sido financiado parcialmente a partir del proyecto DPI2011-27633 y título “Programacion de produccion en cadenas de suministro sincronizadas multietapa con ensamblajes/desensamblajes con renovacion constante de productos en un contexto de innovaci3n”

Referencias

- Chan, F.T.S. 2001. Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. *Journal of Materials Processing Technology*, 116, (2-3) 146-160
- Du, T., Wang, F.K., & Lu, P.Y. 2007. A real-time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, (5) 565-577
- Ertay, T., Ruan, D., & Tuzkaya, U.R.f. 2006. Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems. *Information Sciences*, 176, (3) 237-262
- Gong, Z. 2008. An economic evaluation model of supply chain flexibility. *European Journal of Operational Research*, 184, (2) 745-758
- Iannone, R., Miranda, S., & Riemma, S. 2009. The search for the optimal number of kanbans in unstable assembly-tree layout systems under intensive loading conditions. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22, (4) 315-324
- Iqbal, M. & Hashmi, M.S.J. 2001. Design and analysis of a virtual factory layout. *Journal of Materials Processing Technology*, 118, (1GÇ3) 403-410
- Jiang, Z., Huang, Y., & Wang, J. 2010. "Routing for the Milk-Run Pickup System in Automobile Parts Supply," pp. 1267-1275.
- Parragh, S., Doerner, K., & Hartl, R. 2008. A survey on pickup and delivery problems. *Journal f+r Betriebswirtschaft*, 58, (2) 81-117
- Sly, D. P. 1995, "Material flow analysis of automotive assembly plants using FactoryFlow," In *Proceeding WSC '95 Proceedings of the 27th conference on Winter simulation*, Coronado, California, United States: IEEE Computer Society, pp. 584-587.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. 1994. *From Lean Production to the Lean Enterprise*. (cover story). *Harvard Business Review*, 72, (2) 93-103
- Yang, L., Zhang, X., & Jiang, M. 2010. An optimal Kanban system in a multi-stage, mixed-model assembly line. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 19, (1) 36-49