

Envío: 30-08-2012

Aceptación: 10-09-2012

Publicación: 28-12-2012

# LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN APLICADAS A LA PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN FLEXIBLE.

---

## INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES APPLIED TO PROGRAMMING FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS.

David Juárez<sup>1</sup>Miguel Angel Peydró<sup>2</sup>Santiago Ferrándiz<sup>3</sup>Ana Mengual<sup>4</sup>

1. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
2. Ingeniero en Organización Industrial. Doctorando en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
3. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
4. Ingeniero en Organización Industrial. Diploma de Estudios Avanzados (programa del dpto. de ingeniería Textil y Papelera). Automatización, Reingeniería e Integración de Sistemas, S.L.

## RESUMEN

El análisis cuantitativo de sistemas de fabricación flexible puede ser logrado utilizando diferentes técnicas de modelado matemático. De esta manera se pretende una reconfiguración de la célula, basada en la mejora continua de la misma. Estos modelos pueden ser divididos en tres categorías: modelos estáticos y deterministas, modelos de colas y simulación por ordenador. La simulación discreta de eventos en sistemas de fabricación flexible permite reconstruir con gran detalle operaciones complejas, incorporando características como distribución en planta, transportes y planificación de producción, permitiendo el rediseño y mejora continua del sistema, no posible con los modelos estáticos o de colas.

## ABSTRACT

The quantitative analysis of flexible manufacturing systems can be obtained using different techniques from mathematical modeling. This way a reconfiguration of the cell is tried, cradle in the continuous improvement of the same one. These models can be divided in three categories: static and determinist models, queuing models and simulation by computer. The discreet simulation of events in flexible manufacturing systems allows reconstructing with great detail complex operations, incorporating characteristic as plant distribution, transports and planning of production, allowing the redesign and continuous improvement of the system, non possible with the static models or queuing models.

## PALABRAS CLAVE

Sistemas, Fabricación, Flexible, Simulación, Ordenador.

## KEYWORDS

Flexible, Manufacturing, Systems, Simulation, Computer.

## INTRODUCCIÓN

El análisis cuantitativo de sistemas de fabricación flexible puede ser logrado utilizando diferentes técnicas de modelado matemático. De esta manera se pretende una reconfiguración de la célula, basada en la mejora continua de la misma. Estos modelos pueden ser divididos en tres categorías:

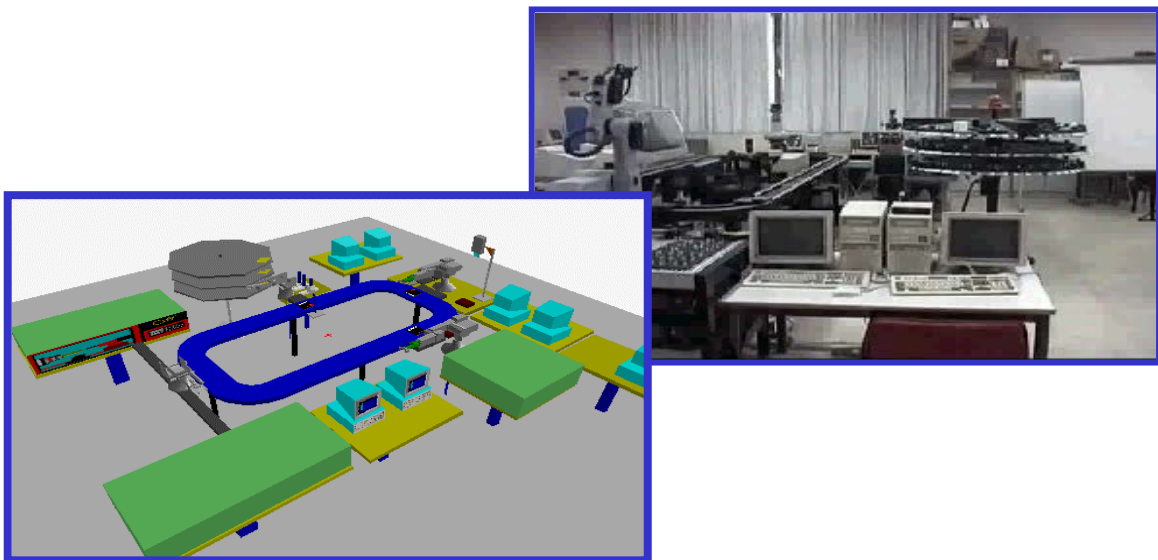
- **Modelos estáticos y modelos deterministas.** Son modelos para sistemas de producción cuantitativos. Son utilizados para estimar parámetros de producción como capacidad y utilización. No permiten la evaluación de colas u otros parámetros dinámicos, lo que tiende a sobrestimar las actuaciones de un S.F.F.
- **Modelos de colas.** Estos modelos están basados en la teoría matemática de colas. Permiten la inclusión de ciertas características dinámicas, pero sólo de forma general y para configuraciones simples.
- **Simulación por ordenador.** La simulación discreta de eventos en un ordenador, ofrece el acercamiento más flexible para el modelado de sistemas de fabricación flexible. El modelo por ordenador puede reconstruir con gran detalle operaciones complejas de un S.F.F., no posible con los modelos estáticos o de colas.

## EXPERIMENTAL

Se ha analizado el sistema de fabricación flexible educacional instalado en el laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, mediante simulación por ordenador empleando el software Open-CIM del fabricante Eshed-Robotec. La aplicación de la teoría de las limitaciones (Theory of Constrains), impulsa la finalidad de la experimentación hacia la optimización de su distribución en planta, la eliminación de cuellos de botella y programación de la producción, empleando las máquinas disponibles actualmente en dicho laboratorio:

El laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación contiene un grupo de fabricación flexible consistente en:

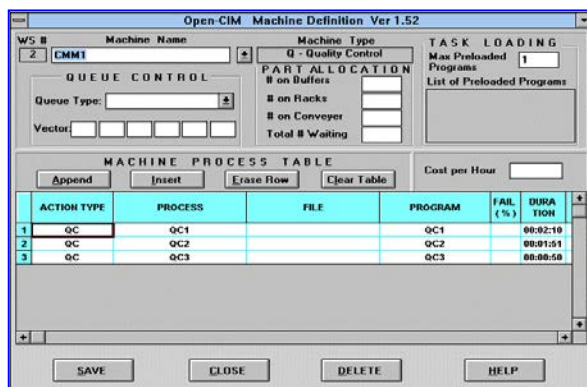
- Un torno de control numérico, marca Alecop, modelo Magnum (CNC Fagor 8025).
- Una fresadora de control numérico, marca Alecop, modelo Supernova (CNC Fagor 8025).
- Un robot-guía marca Mitsubishi, modelo Movemaster-EX.
- Una máquina de medición por coordenadas, marca DEA, modelo Swift.
- Robot marca Eshed Robotec, modelo Scorbot ER-VII (3 unidades).
- Robot marca Eshed Robotec, modelo Scorbot V Plus.
- Unidad de almacenamiento marca Eshed Robotec, en forma de carrusel.
- Unidad de visión artificial, marca Sony.
- Mesa de ensamblaje X-Y.
- Cinta transportadora forma oval controlada por PLC.
- Software Open-CIM V.1.52



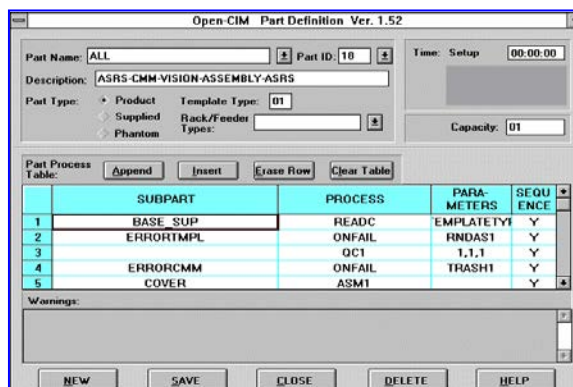
**Figura 1. Disposición actual y simulación por ordenador del grupo flexible de fabricación ubicado en el Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. Fuente: Elaboración propia.**

El software Open-CIM empleado en la simulación del grupo flexible consta principalmente de los siguientes módulos:

- Configuración de máquinas (figura 2)
- Configuración de piezas (figura 2)
- Configuración de la unidad de almacenaje (figura 3)
- Configuración del MRP: Elaboración de pedidos y Órdenes de compra de materia prima
- Planificación representada mediante un diagrama Gantt (figura 3)

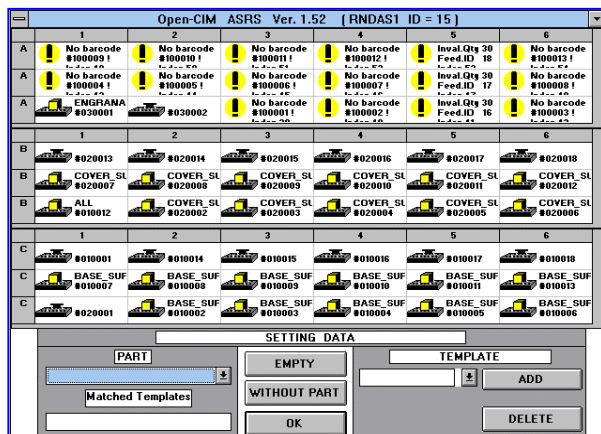


**MÁQUINAS**

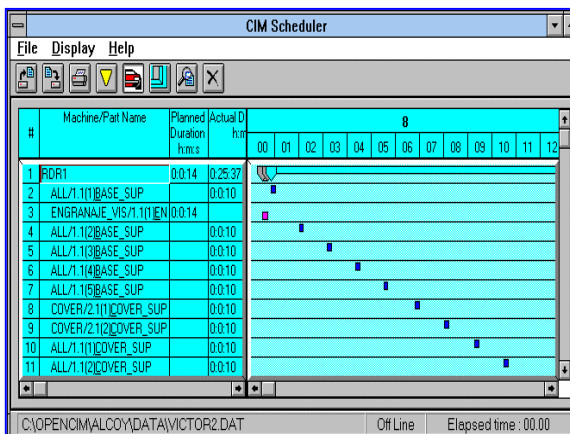


**PIEZAS**

Figura 2. Módulos de configuración de máquinas y Piezas. Fuente: Elaboración propia.



**UNIDAD ALMACENAJE**



**PLANIFICACIÓN**

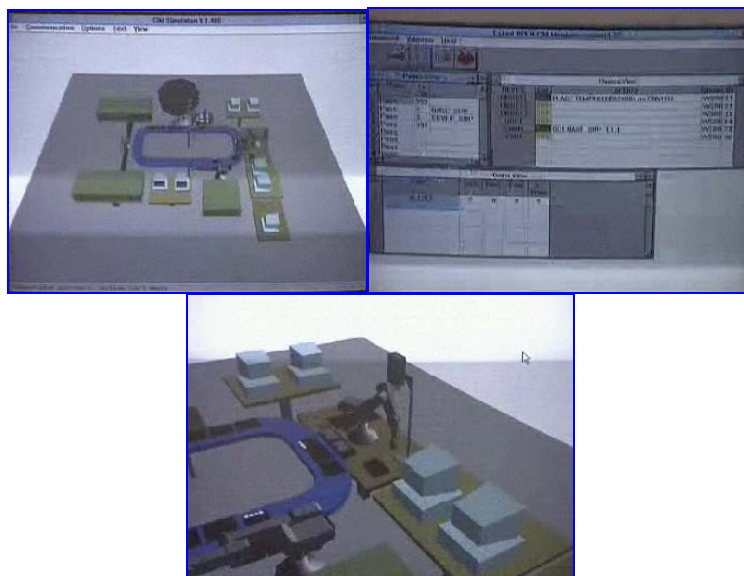
Figura 3. Módulo de configuración de la unidad de almacenaje y diagrama Gantt para la información gráfica de la planificación de procesos. Fuente: Elaboración propia.

El software Open-CIM V.1.52 permite la simulación del grupo flexible de fabricación sin necesidad de encender las máquinas, así como la visualización en modo simulación en tiempo real de funcionamiento del sistema (máquinas procesando).

Se ha procedido a la simulación del sistema (grupo flexible) incorporando el porcentaje de mermas típico para cada proceso, para que el software descarte durante la simulación las piezas correspondientes a los porcentajes indicados y de esa manera se compute un tiempo total de fabricación adaptado a la realidad.

De igual manera, se observa dónde aparecen colas, resultado del desequilibrio del sistema.

Así mismo, nuevas distribuciones en planta (modo simulación – figura 4) con los mismos equipos, permiten estudiar los efectos de elegir determinadas agrupaciones de máquinas y su distribución en planta.



**Figura 4. Simulación funcionamiento grupo de fabricación flexible. Fuente: Elaboración propia.**

La extrapolación del análisis realizado sobre el grupo de fabricación flexible del laboratorio de Ingeniería de los procesos de fabricación de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy a pequeñas células de fabricación flexible actualmente disponibles en empresas de mecanizado de la zona, permite que la pequeña y mediana empresa pueda ver los resultados, mediante simulación por ordenador, de una inversión relativamente importante, antes de llevar a cabo ninguna compra, de manera que obtiene, entre otras, las siguientes ventajas:

- Optimizar la distribución en planta.
- Estudiar el proceso de fabricación y los cuellos de botella.
- Estudio de tiempos de fabricación.
- Posibilidad de ampliación del sistema y su análisis previo.
- Estudio de recuperación de la inversión.

## CONCLUSIONES

La simulación por ordenador de sistemas de fabricación flexible permite reconstruir con gran detalle operaciones complejas, incorporando características como distribución en planta, transportes y planificación de producción, permitiendo el rediseño y mejora continua del sistema.

La detección de cuellos de botella, la búsqueda de soluciones y la resolución de problemas de gestión de stocks (siempre adaptado al sistema a analizar), ha derivado en el replanteamiento de la distribución en planta y la necesidad de adquisición de más unidades de los equipos ya existentes.

Los resultados obtenidos son extrapolables a pequeñas células de fabricación flexible montadas en un futuro próximo en industrias de la zona (principalmente mecanizado), con conclusiones sobre el aprovechamiento de estos equipos, expresado como porcentajes de utilización de los mismos.

## REFERENCIAS

- [1] **HÅKANSSON, Anne; HARTUNG, RONALD; NGUYEN.** (2010) “Agent and Multi-agent Technology for Internet and Enterprise Systems”, Ed. Ngoc Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [2] **CARDOSO, JOÃO M. P.; HÜBNER.** (2011). “Reconfigurable Computing: From FPGAs to Hardware/Software Codesign”, Ed. Michael Springer New York, New York, NY.
- [3] **LEE, RAYMOND; LOIA, VINCENZO.** (2007) “Computational Intelligence for Agent-based Systems, Ed. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [4] **ALONSO URBANO Jesús; TORNERO MONTSERRAT, Josep** (1998) “Integración de los sistemas de información de un sistema flexible de fabricación en un entorno de red multiusuario”, Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Informática.
- [5] **CUATRECASAS ARBÓS, Lluís.** (2009) “Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático”, Ed. Barcelona: Profit.
- [6] **BOJ VIUDEZ Jorge Juan, ROMANO Carlos Andrés,** (2001) “Desarrollo de una metodología para la mejora de la distribución en planta en un sistema de fabricación flexible. Aplicación a una empresa del sector metal-mecánico”, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- [7] **MIKELL P. GROOVER.** (2001) “Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing”, Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- [8] **U. REMBOLD, B.O. NNAJI, A. STORR.** (1994) “Computer Integrated Manufacturing and Engineering”, Ed. Addison Wesley, Wokingham, England.
- [9] **H. BAUMGARTNER / K.KNISCHIEWSKI / H. WIEDING.** (1991) “CIM. Consideraciones Básicas (Automatización de la producción)”, Ed. Marcombo, Barcelona.