

PROPUESTA PARA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS MODELADOS CON SIMULACIÓN POR EVENTOS DISCRETOS

Ricardo R. Palma, Raymundo Forradellas

CEAL - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo
Centro Universitario – M5502JMA Mendoza
{rpalma, kike}@uncu.edu.ar

CONTEXTO

El presente trabajo está encuadrado en una línea de investigación que el CEAL (Centro de Estudio y Aplicaciones Logísticas) está desarrollando desde 2002 entorno a la aplicación de las TIC's a los dominios de la manufactura y su cadena de abastecimiento. Bajo de denominación de Supply Chain Management e Internal Logistics se han desarrollado en los últimos años una serie de trabajos científicos y aplicaciones de los mismos a los sistemas de manufacturas a efecto de optimizar su funcionamiento y dotarlos de flexibilidad para afrontar los frecuentes e intensos cambios que el entorno les impone.

RESUMEN

Este trabajo propone una instancia de optimización que ayuda al gerente de operaciones a configurar una nueva red de su sistema productivo agregando o quitando eslabones dentro de su planta industrial. Se complementan con las herramientas de optimización existentes para sistemas modelados y simulados por eventos discretos. De la revisión realizada hemos encontrado la necesidad de incorporar en la herramienta de optimización la posibilidad de modificar la red de producción.

Palabras clave: *Simulation, Supply Chain Management, Discret event simulation, Internal logistics.*

1. INTRODUCCION

1.1 Génesis de los SED

El sendero de la simulación ha estado siempre vinculado a la complejidad de los sistemas de manufactura. Desde un capítulo de la investigación operativa (Operational Research) surgió lo que se denomina Simulación por Eventos Discretos (SED).

En los últimos años han aparecido una serie de herramientas vinculadas a la simulación que han tenido un rápido crecimiento en su adopción en los medios industriales para mejorar la calidad del proceso de toma de decisión. Si bien algunos los SED son

conocidos desde los años 90, la gran mayoría de esta primera generación de herramientas estaba basada en el uso de leguajes específicos para su implementación. Ejemplos clásicos de estos leguajes son SIMAN y sus derivados. Esta primera generación de útiles para modelado de sistemas de manufactura incluía en su semántica elementos como las colas (filas) centros de manufactura y recursos necesarios para realizar los procesos. Todos estos lenguajes apelaban a 2 instancias denominadas *entry point* y *exit point* que permitían modelar una generalidad de procesos de fabricación utilizando descripción estadística de la tasa de arribos de objetos al sistema y un arsenal de distribuciones de probabilidades para describir cuanto tiempo demandaba el paso de estos objetos por los centro de manufactura.

1.2 Segunda generación SED

Los trabajos de W.D. Kelton [1] de 1999 dieron nacimiento a la segunda generación de herramientas para simulación que ampliaron el horizonte de utilización a un gran número de usuarios finales utilizando un lenguaje gráfico para el modelado. Si bien el trabajo de base se seguía siendo delegado al lenguaje como SIMAN, la estrategia de “dibujar” permitió ganar mucho en el terreno de la simplicidad del desarrollo de modelo. Por otro lado la posibilidad de documentar gráficamente lo que realmente ocurría en el piso de manufactura fue un elemento que aportó claridad a la comunicación dentro del entorno vinculado a la toma de decisiones industrial. Como resultado de esta segunda ola en la evolución de las herramientas aparecieron productos comerciales como Simul8 [1] PROMODEL [2] y ARENA [3] que tienen en nuestros días una gran difusión y uso a nivel del ámbito de programación de operaciones en empresas de manufactura.

1.3 Estado actual en la optimización

El crecimiento en las tecnologías de comunicaciones ha permitido que las herramientas de SED tomen contacto con le mundo real. Hoy casi todos lo productos comerciales que se señalaran en el párrafo

anterior son capaces de tomar contacto con las bases de datos o con los denominados sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) y basados en el modelo creado de antemano más la información que de ellos se dispone puedan predecir inconvenientes como cuellos de botella transitorios o retrasos que se producirán al alterar el plan de producción. Las herramientas para optimización que han desarrollado en las soluciones comerciales en parte imitan el comportamiento del gerente de producción. Algunas de ellas como *OptQuest Solver* y *OptQuest Callable Library* [4] interrogan al programador de la producción sobre cuales son las variables sobre las cuales él tiene control y cuales son fijas o externas utilizando así métodos como el de simulación comparables a “Montecarlo” para darle una idea general de en que rango debería moverse todas las variables que se pueden controlar a fin de obtener un resultado tan próximo al optimo como sea posible. Si bien los resultados de estos métodos de optimización han sido apreciados por quienes enfrentan a diario los complejos escenarios del mundo de la manufactura, es preciso reconocer que estas instancias de optimización están restringidas a iniciativa humana. Es decir que parten del hecho impuesto por el gerente de operaciones que designa las variables controlables y su rango de operación o variación.

En el presente trabajo se están explorando herramientas que aporten soluciones a este problema mediante cambios en la estructura misma de los proceso de manufactura. La técnica esta inspirada en los trabajos de líneas de investigación como es la Automatización de Reconocimiento de planes de fabricación [1].

El objetivo final es operar con un agente inteligente que sea capaz de interpretar que está tratando de hacer el gerente de operaciones al correr las simulaciones en diferentes oportunidades y que pueda sugerirle, respetando las restricciones tecnológicas el agregado o la eliminación de centros de manufactura, el incremento o disminución de recurso de producción y el incremento o descenso de el *tack time* o ritmo de producción y tiempo de ciclo.

1.4 Condiciones iniciales para el diseño del agente inteligente

Uno de los requisitos esenciales de para el que agente inteligente pueda inferir que pretende cambiar el gerentes de operaciones, es contar con una biblioteca de modelos de

sistemas de manufactura que le permitan hallar variantes que aporten resultados de performance superior al sistema de manufactura en operación.

Para ello es necesario desarrollar una nueva forma para describir el proceso de manufactura. En parte esta misión está resuelta por la metodología de la representación gráfica que las herramientas de simulación comerciales mencionadas han aportado.

A fin de poder establecer un marco que posibilite el intercambio de datos y modelos H.K. Concannon y K.I Hunter [6] propusieron en 2003 el desarrollo de una técnica que descripción de modelos de manufactura basada en XML. Esta propuesta ha sido adoptada por Simul8 y como parte de las actividades del CEAL se han desarrollado herramientas que permitan generar los archivos en formato XML a partir de ficheros de los modelos generados por las herramientas mencionadas como, ARENA y PROMODEL. Además se están ensayando métodos de generación del archivo XML a partir de modelos generados en formato VSD (Microsoft Visio) y de otras herramientas GNU como DIA.

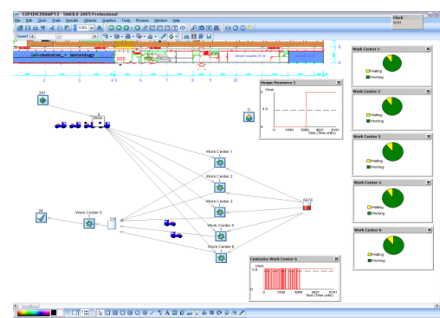


Fig.1: Ejemplo de Modelo de Manufactura S8

1.5 Estructura general en XML para el modelado de sistema de manufactura

A los efectos de comprender la estructura básica con la que se logra describir un sistema real de manufactura mediante marcadores de texto se expondrá un ejemplo de sistema extremadamente simple.

El sistema de manufactura en cuestión se representa en la Figura 2. En el mismo podemos identificar a derecha un punto de entrada (*entry point*) en el que las órdenes de proceso arriban cada cierto intervalo de tiempo establecido por una ley de distribución de probabilidades. Conforme estas órdenes entran en la simulación se encolan frente al proceso de manufactura en una fila (*queue 1*) que tiene cierta capacidad de almacenamiento antes de bloquear su

entrada y en la que las órdenes de proceso pueden estar solo un tiempo antes de considerarse retrasada o vencida.

De allí los productos son admitidos en el centro de manufactura que es capaz de procesar órdenes a razón de cierto tiempo distribuido según otra ley de probabilidades.

Para poder operar el centro de manufactura emplea un recurso (operador 10) de modo que la manufactura no comienza hasta que la orden de producción está disponible en la cola y el recurso operador es librado por el otro proceso o la orden de proceso anterior.

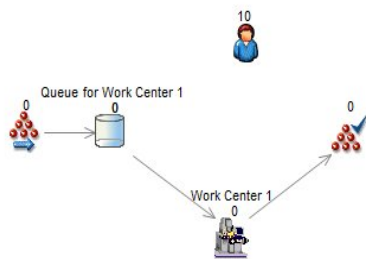


Fig 2 Ejemplo simple de Sistema de Manufactura

Este ejemplo se puede describir mediante un archivo en formato XML como:

```
<SED_SIM.XML>
<Simulation parameters>
Parametros de simulación , semillas random .etc
</Simulation parameters>
<Work entry point>
  <interarrival time>
  < bernoulli 20,12>
  </interarrival time>
  < fixed cost>
  <unit cost>
  <stetup cost>
</Work entry point>
  <Queue for Work Center 1>
  <capacity> 50 units</capacity>
  <self_time> 12 min </self_time>
  <arrivals> from entry point>
</Queue for Work Center 1>
<Work Center 1>
<setup time> 7 min </setup time>
<work time per item>
  <batch tipe>
<nromal , 3 min , sigma 0,5 min>
  </barch>
<Resource 10>
  <capacity 2 units>
  <schedule : odbc//200.55.21.122>
  <initial cost>
  <per hour cost>
  <waiting cost>
</Resource 10>
```

</Work Center 1>

</SED_SIM.XML>

Además es posible ver aspectos vinculados a costos operativos, parámetros estadísticos de los tiempos de espera y operación e incluso mecanismos de acceso a los turnos y horarios de disponibilidad del recurso humano accedido desde terceras partes, mediante una consulta QSL [5].

2. LINEAS DE I+D

2.1 Optimización por cambio de configuración

Basados en la propuesta de descriptor XML de sistema de manufactura se han montado 3 laboratorios gemelos en las carreras de Ingeniería Industrial de las Uiversidades:

UNLitoral, UNSan Luis y UNCuyo que han relevado con esta técnica uno 120 sistemas de manufactura existentes en el interior del país. De esta forma, es posible extrapolar instancias de optimización tomadas en terrenos de una línea de fraccionamiento de vinos y llevarlas a un sistema de ambulancias [7y5]. La modificación que un operador humano encontró como mejor alternativa para la línea de fraccionamiento fue aumentar el tiempo de ciclo en el llenado de botellas e incorporar una segunda línea de llenado (repetir líneas amarillas del XML) con el mismo número de personas que la operaban. Este mecanismo de optimización puede imitarse en un sistema de manufactura a condición de que su estructura tenga un grado de semejanza importante con el que ya ha obtenido la mejora. Es finalmente un parámetro de performance como la relación costo beneficio o el número probable de unidades procesadas al año lo que lleva al operador del simulador a indicar que la solución obtenida es mejor que la inicial. El agente inteligente detecta este hecho y lo guarda en su base de datos para utilizarlo como sugerencia a otro operador humano que está consultando por alternativas para optimizar su sistema[7].

2.2 Caracterización de sistemas de manufactura y factores de semejanza

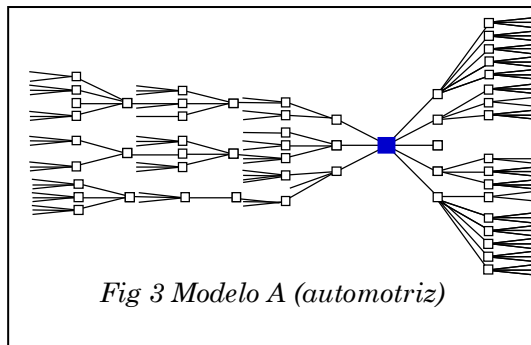
Dado que la colección de modelos de sistemas de manufactura está validada por intervención humana, es esperable entonces que la biblioteca generada pueda servir para comprender muchos aspectos vinculados a la dinámica de evolución y tipificación de los sistemas de manufactura de la región. Pensando en esto se ha tratado de encontrar patrones comunes y características que permitan a los docentes de administración de

operaciones encontrar “denominadores comunes”[8]. Basados en esta estrategia se han podido establecer por el método de mínimos componentes un conjunto de 4 parámetros que logra explicar el 85% de las diferencias entre los archivos XML que representan al total de los sistemas relevados a la fecha. En rigor estos 4 parámetros constituyen una base ortogonal que representa un espacio multidimensional en el que es posible caracterizar a los sistemas de manufactura. Los 4 parámetros son: a) El número de proveedores (*enrty points*), b) La altura del árbol a la que se encuentra un nodo concentrador de procesos, c) La cantidad de instancias de almacenamiento interno (colas de productos semielaborado), d) La forma en que arriban los productos o materia prima el sistema. Es decir si es en forma estacional siguiendo ciclos anuales, o mensualmente, o por días u horas semejante a lo expuesto en la referencia [6].

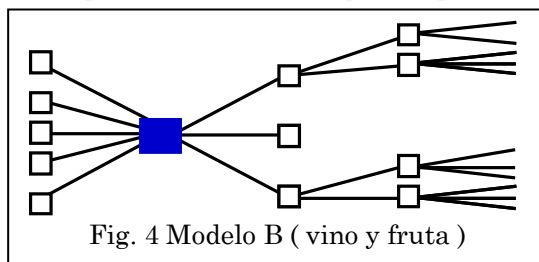
Basándose en este hecho se han construido 4 modelos de simulación o configuraciones típicas con las que es posible explicar un gran número de casos que representan a empresas de la región.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Según lo presentado en el punto 2.2 se muestran las 4 configuraciones que aparecen

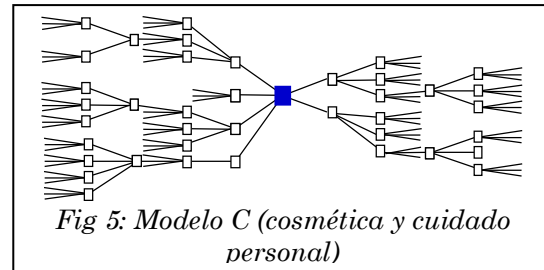


como casos extremos o más representativas de los 4 parámetros hallados para explicar las

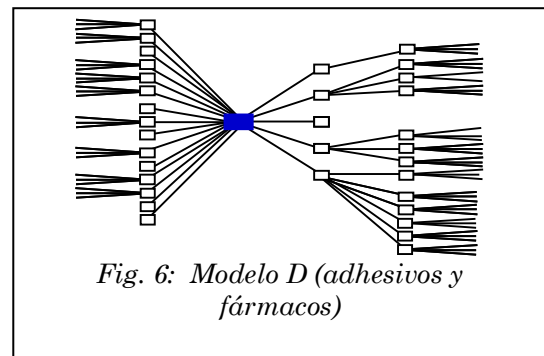


diferencias de los sistemas de manufactura. El primer modelo identificado está relacionado por su proximidad a los que se encuentran de la industria del montaje de

automotores. El segundo tiene 99% de proximidad con los que se encuentran en la



industria del mueble y otros semejantes. El tercero tiene gran parecido con el que se encuentra en la elaboración del vino y frutas



frecas.

Y finalmente un modelo de manufactura que tiene como instancia más próxima a la de las actividades de producción de cosméticos, productos de perfumería artesanal y productos de tocador.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

A la fecha la técnica de modelado de sistemas de manufactura ha sido impartida a recursos humanos que se encuentran en su etapa de redacción de tesis de maestría y doctorado. Se han desarrollado 2 talleres. Tesistas han adoptado el método como marco teórico o método de comprobación de hipótesis. Este trabajo está enmarcado en el trabajo de tesis doctoral del autor bajo dirección de coautor

5. BIBLIOGRAFIA

- 1- Designing simulation experiments Kelton, W.D. Dept. of Quantitative Anal. & Oper. Manage., Cincinnati Univ., OH; ISBN: 0-7803-5780-9
- 2- Decision Making Tool Techniques <http://www.promodel.com/>
- 3- Simul 8 software www.simul8.com
- 4- The OptQuest Callable Library M. Laguna, R. Martí
University of Colorado at Boulder and Universitat de Valencia

5- Generalized plan recognition - H Kautz, JF Allen - Proceedings of the Fifth National Conference on Artificial, 1986 - aaai.org

6- SIMUL8-Planner simulation-based planning and scheduling Concannon, K.H. Hunter, K.I. Tremble, J.M. Visual8 Corp., Mississauga, Ont., Canada; Volume: 2, On page(s): 1488- 1493 vol.2 ISBN: 0-7803-8131-9 INSPEC Accession Number: 8045456 DOI: 10.1109/WSC.2003.1261593

7- Simulation data exchange (SDX) implementation and use Source -Winter Simulation Conference archive Proceedings of the 33rd conference on Winter simulation table of contents Arlington, Virginia SESSION: Future of simulation table of contents Pages: 1473 - 1477 Year of Publication: 2001

ISBN:0-7803-7309-X Authors Dave Sly UGS e-Factory, Ames, IA Shreekanth Moorthy UGS e-Factory, Southfield, MI

8- Panel on future challenges in modeling methodology Taylor, S.J.E. Lendermann, P. Paul, R.J. Reichenthal, S.W. Strassburger, S. Turner, S.J. Dept. of Inf. Syst. & Comput., Brunel Univ., Uxbridge, UK;

Publication Date: 5-8 Dec. 2004 Volume: 1, On page(s): - 335 ISSN: ISBN: 0-7803-8786-4

Digital Object Identifier: 10.1109/WSC.2004.1371333

Current Version Published: 2005-01-03

6. AGRADECIMIENTOS

El autor desea manifestar el agradecimiento a las autoridades del Instituto Politécnico de Lorenia (INPL Francia), las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo y al programa ARFITEC por la posibilidad de avance en el desarrollo de su tesis doctoral.