

Simulación de un Proceso de Producción de Marquillas

Jhorman Zapata Gaviria y Gloria Elena Peña Zapata

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Medellín. Escuela de la Organización
jhzapatag@yahoo.com ; gepena@unal.edu.co

Recibido para revisión May-2006, aceptado Jun-2006, versión final recibida Jun-2006

Resumen: En esta investigación se interactuó con el sistema objeto de estudio, con el propósito de obtener la mayor cantidad de información para poder garantizar el logro de los objetivos y la generación de resultados satisfactorios que ayuden a una buena toma de decisiones. El conocimiento de la empresa Creatum Accesorios S.A., productora de accesorios y marquillas, permitió hacer un modelo del proceso de producción, la cual maneja una alta diversidad en la demanda, generando un gran número de productos y líneas de producción, haciendo indispensable una efectiva utilización de los recursos para el cumplimiento de las fechas de entrega. Luego de haber desarrollado el modelo a partir de restricciones de tiempos, ambientes y eficiencias, se hicieron las simulaciones necesarias y se recolectan resultados que seguidamente se analizaron para poder presentar las conclusiones y recomendaciones.

1 INTRODUCCIÓN

El trabajo se realizó en la planta de Marquillas de la Empresa Creatum Accesorios S.A.; las marquillas son poco mencionadas, pero son de alta demanda y productividad, como un producto complementario al sector textil y de la moda; en jeans, pantalones, bolsos, etc.; pero su sector real es el del cuero.

La creación de tecnología y de nuevos materiales ha generado una gran diversidad de presentaciones y estilos para las marquillas, permitiendo la innovación constante y la demanda cada vez de productos diferentes.

En este trabajo se presenta una aplicación de la técnica de Simulación, haciendo alusión a la enorme ayuda que presta a los Industriales y jefes de operaciones, para lograr con un mejor control y coordinación, la máxima producción, a los menores tiempos y costos en sus plantas de producción.

El objetivo principal para este estudio, es mostrar una solución factible para minimizar las demoras y tiempos de cola que afectan el Tiempo Total de producción (Meskpan) de las órdenes; haciendo un modelo para simularlo con el software Simul8.

La simulación aplica a muchas situaciones, pero su grado de dificultad varía según los procesos y variabilidad de ocurrencia de los fenómenos que se deseen modelar.

En Colombia, la pequeña y mediana empresa ha estado enfocada durante los últimos años, principalmente en el desarrollo de sistemas computacionales que almacenen la información de sus procesos o de los clientes. Por otro lado, no ha habido tiempo o recursos para desarro-

llar sistemas computacionales de nivel superior.

2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La Empresa Creatum Accesorios S.A está dedicada a la producción y comercialización de insumos para la industria de la confección, la marroquinería, el calzado y artículos publicitarios.

Las metas de la empresa siempre han sido el constante cambio e innovación para satisfacción de los clientes, la mejora en sus procesos productivos y el capital humano.

Actualmente, la empresa cuenta con recursos capaces de hacer frente a una alta demanda gracias a su flexibilidad y disponibilidad para la satisfacción de exigencias y presentaciones que se generan en el mercado de las marquillas. Pero la diversidad de productos crece cada día más y la empresa debe adaptarse a los retos y metas que nacen día tras día.

3 PROCESO PRODUCTIVO

El manejo de la producción en la planta de marquillas se hace por procesos, dado que la variedad de productos y estilos, así lo exige. Durante todo el año se programan procesos productivos para ordenes de producción aprobadas por el jefe de planta, pero es bien sabido en la empresa, que el periodo del mes de Agosto al mes de Noviembre, la demanda presenta un fuerte aumento y el jefe de planta en compañía de los supervisores deben tomar según sus conocimientos del proceso, las mejores decisiones de asignación para cumplir con las fechas de

entrega. Para la fabricación de marquillas la materia prima se puede dividir en tres grandes grupos: el cuero, sintéticos y plásticos. Según las características de termoformado, electro-formado, fijación de pintura, proceso de lavado industrial y coloración en cada material, se permite la realización de algunos procesos, o la mayoría de los procesos para los productos, es aquí donde la asignación correcta de las ordenes según los procesos a recorrer, permitirá entregar al cliente su pedido sin ningún retraso. En la planta existen los procesos de:

Alta frecuencia Da relieve al material sintético por medio de descargas eléctricas, es un proceso de comportamiento fijo.

El Screen Es un proceso de estampado o coloración con pintura para cualquier tipo de material.

El troquelado y/o retroquelado Es el corte del material para dar el tamaño deseado para realizar el proceso o para su empaque; pueden ser realizados en la máquina de bandera, puente o quijada.

El estampado a calor Es utilizado para generar un diseño por medio de quemaduras en el material.

Repujado Se utiliza para darle relieve al material ya sea al diseño o el resto del área de la marquilla por medio de calor.

Perforado Se utiliza para realizar perforaciones al material sintético que lleve un orring para ser colgado.

El remachado Es un proceso donde se le hace un ensamblaje a la marquilla de un herraje, el cual va sujeto con remaches.

Proceso de automáticas Es una máquina que puede realizar sobre un mismo material varias operaciones a la vez; estos procesos pueden ser: Screen, alta frecuencia y retroquelado.

La Figura 1 muestra el proceso productivo de la empresa de marquillas; se observan el proceso inicial de la demanda, el cual genera todo el proceso productivo, hasta el final de éste, dado por el proceso del empaque. Antes de cada proceso productivo, se observan los puntos de almacenamientos parciales, los cuales corresponden a puntos de espera de los productos en procesos, para poder ser manufacturados en cada una de las máquinas correspondientes, y al final ser ensamblados y empacados. En la figura 1 se observan las máquinas correspondientes a los procesos de: troquelado de bandera y de puente, retroquijada, calor, automáticas, screen, repujadora, perforadora, alta frecuencia, remachadora y empaque.

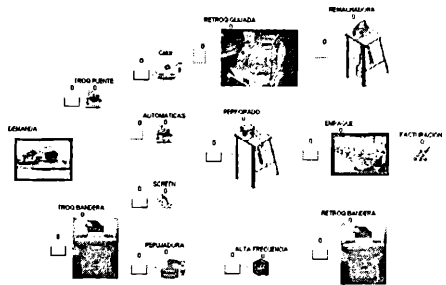


Figura 1: Modelo del Proceso de producción de marquillas

4 MARCO CONCEPTUAL

Todo estudio de simulación debe realizar una serie de pasos, que incluyen análisis y arduas dedicaciones para obtener datos representativos del sistema en lo mejor posible [Azarang y García-Dumna (1996), Gottfried (1984)].

Los sistemas reales pueden ser identificados de varias formas para la elaboración de un modelo, ellos pueden ser: dinámicos o estáticos, estocásticos o determinísticos, discretos o continuos, entre otros. Para el presente estudio se supuso un sistema discreto, debido a que sus variables o situaciones no se comportan de forma continua [Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (n.d.), Garavito (2000)].

En los pasos para la realización de una simulación se pueden citar los siguientes:

- Elección del método para realizar el estudio
- Variables a incluir en el modelo
- Recolección y análisis de los datos del sistema
- Definición de la estructura del modelo
- Programación computacional del modelo
- Validación del modelo
- Análisis y crítica de los resultados

En todos ellos se justifica la dedicación de tiempo que sea necesaria para el análisis y validación, ya que de ello depende un buen modelo para la simulación [SYBASE (2004)]. Todo lo anterior se puede ver representado por la Figura 2.

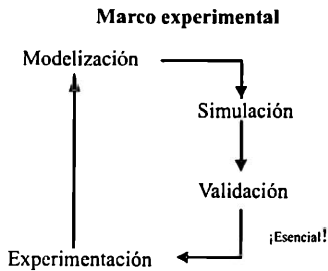


Figura 2: Ciclo del proceso de simulación

y tiempos de las órdenes de producción.

Work Type	Job	Location
1	1	TROQ BANDERA
1	2	REFUJADO
1	3	EMPAQUE
2	1	TROQ PUENTE
2	2	CALOR
2	3	RETROQ QUIJADA
2	4	EMPAQUE
3	1	TROQ PUENTE
3	2	CALOR

Figura 3: Datos de ruta en el Jobs Matrix

5 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN

La construcción del modelo físico, su estructura e interfaz con el modelador es un factor también determinante para la toma de decisiones, es por ello que la dedicación a este momento de la simulación es muy importante, como en este caso, la buena visualización del modelo permite definir rápidamente cuellos de botella y problemas de colas en cada uno de los centros de trabajo. Además, con el apoyo visual se puede evaluar la programación realizada y definir si es válida o no (ver la Figura 1).

Este estudio se apoyó mucho de las herramientas que tiene el software para la simulación. Para la definición de rutas de flujo se utilizó la opción del Software, Job Matriz (ver la Figura 3), la cual es una tabla de datos que permite definir para cada producto los centros de trabajos que debe visitar, sin la necesidad de utilizar las líneas de conexión y no congestionar la imagen del modelo; para generar la entrada se utilizó el cuadro de dialogo Visual Logic donde se hace la programación correspondiente para generar los parámetros de entrada de los productos.

A cada centro de trabajo, se le ingresaron, según los datos recolectados y ajustados, los parámetros correspondientes: medias de producción que según un aleatorio tomarán un valor diferente para cada orden por la variación del tamaño del lote; además, en cada centro de trabajo se le adicionó, a la media, el tiempo de preparación de máquina. La media se define de la siguiente forma:

$$\text{Media de procesamiento} = \frac{\text{tiempo/un} \cdot \text{tamaño de lote}}{\text{tiempo de procesamiento}}$$

El tamaño de lote se definió de acuerdo con el conocimiento del jefe de planta de la empresa y de acuerdo con algunos registros que existen; los tamaños se presentan de acuerdo con una probabilidad de rangos. La Figura 4 muestra los comandos, en lenguaje Visual Logic, que se utilizaron para generar los tipos, tamaños

```

DIRECCION DE PLANTA Entry Logic
- SET ALEATORIO = RANDOM[0]
- IF ALEATORIO <= 0.02
  - Set Work Item Image Default Image Vehicle
  - SET Work Type = 1
- SET ALEATORIO = RANDOM[0]
- IF ALEATORIO <= 0.25
  - SET Tamaño de Lote = [RANDOM[0]*6000]-4000
  - SET mean repujado = 5.822*Tamaño de Lote
  - SET mean Bandera = 5.52476*Tamaño de Lote
  - SET mean empaque = 4*Tamaño de Lote
- ELSE IF ALEATORIO <= 0.7
- ELSE IF ALEATORIO <= 0.91
- ELSE
- ELSE IF ALEATORIO <= 0.15
  - Set Work Item Image Default Image Loader
  - SET Work Type = 2
  - SET ALEATORIO = RANDOM[0]
    
```

Figura 4: Comandos, en lenguaje Visual Logic, utilizados para generar los tipos, tamaños y tiempos de las órdenes de producción

Luego de haber ingresado la información se hace necesario la estabilización y validación del modelo para lo cual, según datos conocidos o estudios de pronósticos, los resultados obtenidos definen su validez. En el modelo planteado, los datos de validación fueron las órdenes terminadas para un periodo de 4 meses.

6 FALLAS DE LAS MÁQUINAS

A modo de información y para efectos del modelo, en esta sección se habla sobre las fallas de máquinas y paros, ya sean programados o no programados, que se dan en las plantas de producción.

Es común que en las empresas manufactureras de cualquier sector, se encuentren máquinas y equipos que

si bien realizan la misma función, tienen diferencias en su nivel de disponibilidad, esto puede deberse a diversos factores entre los cuales se tiene:

- La tecnología.
- Los programas de mantenimiento a los cuales se han sometidos los equipos.
- La calidad de sus componentes.
- La utilización que se les ha dado.

En el análisis tradicional de capacidad se considera la disponibilidad del equipo como un porcentaje del tiempo total del equipo o recurso, es decir, ésta representa el tiempo que en promedio la máquina o el recurso no está ausente ni parado, ya sea por daño, accidente del operario o cortes de energía.

Aunque el porcentaje de disponibilidad es de amplio uso, no refleja la variabilidad de las interrupciones, es decir, no ilustra cada cuánto se presentan tales interrupciones (diariamente, semanal, mensual o anualmente), ni que duración tienen tales interrupciones; pero para efectos de este estudio es suficiente [Jiménez y Nieva (2005), Valencia y Tabares (2001)].

La disponibilidad (λ) se calcula con la ecuación (1):

$$\lambda = \frac{TPEF}{TPEF + TPR} * 100 \quad (1)$$

Las máquinas que han presentado un mayor número de interrupciones significativas en la planta de marquillas según el Taller de Mantenimiento de la empresa, son las máquinas de calor, con interrupciones largas y poco frecuentes.

El proceso de Estampado al calor, cuenta con cuatro máquinas, de las cuales hay dos con mayor importancia en el número de las interrupciones; la orden queda allí hasta que la máquina sea reparada y continúe en el proceso que estaba parado.

Los porcentajes de paro por fallas, se asimilan mucho a los indicados por el taller de mantenimiento de la empresa, como lo muestra la Figura 5, tomada de la instrucción TimeView del Simul8. En la Figura 5 se observa el comportamiento de las máquinas de calor 3 y 4 que tienen paros programados.

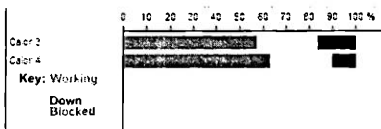


Figura 5: Comportamiento de las maquinas de calor 3 y 4 que tienen paros programados

7 RESULTADOS

común a la hora de simular seleccionar un número arbitrario de simulaciones para tratar de analizar los resultados como las verdaderas estimaciones obtenidas de un modelo real, pero no se tiene en cuenta que las muestras de las distribuciones de probabilidad son realizaciones particulares de variables al azar que pueden tener grandes variaciones. Como resultado, estas estimaciones pueden diferir de las verdaderas características del modelo y por tanto puede existir una gran probabilidad de realizar inferencias erróneas sobre el sistema que se estudia.

Para determinar el número de simulaciones, es necesario realizar una primera simulación con un número arbitrario de éstas; con el fin de determinar el intervalo de confianza que permita determinar la distancia entre la media y los límites de éste.

Para obtener el número de simulaciones necesarias, se utilizó la herramienta Conduct trial al cual se le ingresó el número de simulaciones inicial de 8, para este estudio muestral se solicitaron los intervalos de confianza, con respecto a las medias de uso para cada centro de trabajo.

La simulación realizada fue de 5184000s.(4 meses) lo que equivale a 4 semanas de 6 días cada una y dos turnos laborales de 7,5 horas por mes, los turnos laborales se programaron de esta forma debido a los tiempos que se dan a la asignación de cada operario a las máquinas al inicio del turno y 15 minutos para desayuno o comida, el turno de la mañana o tarde, respectivamente.

La distancia h que se calculó corresponde a la mayor diferencia encontrada según la Tabla 1 desde la media hasta el límite superior correspondiente al intervalo de medias de uso (unds/s) presentado por el centro de trabajo de alta frecuencia:

$$h^* = (1.46 - 1.33) = 0.13$$

El valor deseado para h , en las simulaciones del modelo, es de $h = 0,08$, por ser un cambio considerable en la distancia de la media al límite superior del proceso de alta frecuencia; entonces, utilizando la formula:

$$N^* = [N(h^* / h)^2]$$

donde, N^* es el número de simulaciones apropiado. N es el número de simulaciones iniciales, h^* equivale a la distancia obtenida en la simulación inicial, h es la distancia deseada para las simulaciones.

$$N^* = [20(0,13/0,08)^2] = 53$$

De acuerdo con los resultados mostrados en las diferentes simulaciones, se plantearon 5 escenarios, que se considera, podrían mejorar significativamente el desempeño de la planta.

Se consideró que las nuevas máquinas adquiridas cumplen con los mismos parámetros de las máquinas existentes.

Tabla 1: Resultados obtenidos para 20 replicaciones sin Warm up

Primer escenario		Low % de util. de maq.	Average Frustr. %	High % de util. de maq.
Aut. Completa 1	Analiza Tiempo Problema	7.850e+04	28.220%	2801.70e+04
HICO BANDERA	Analiza Problema	0.47	0.71	0.71
HICOPUENTE	Analiza Problema	1.74	1.79	1.54
CAJERO 1 y 2	Analiza Problema	114	110	132
Cajero 1	Analiza Problema	0.41	0.43	0.47
	Preparación	10.19	10.19	10.19
Cajero 2	Analiza Problema	0.40	0.42	0.47
	Preparación	11.47	11.47	11.47
REPOSICIONADO	Analiza Problema	0.37	0.41	0.47
ATENCION AL CLIENTE	Analiza Problema	0.94	0.97	0.97
RETIRO DE DINERO	Analiza Problema	0.04	0.04	0.04
RETIRO DE CASH	Analiza Problema	0.94	0.97	0.97
LLAMADA DE ATENCION	Analiza Problema	1.21	1.23	1.44
REMACHADO	Analiza Problema	0.90	0.95	0.97
REPOSICIONADO	Analiza Problema	0.24	0.24	0.25
RETIRO DE DINERO	Analiza Problema	0.22	0.24	0.27
REPOSICIONADO	Analiza Problema	3.31	3.34	3.43
Aut. Completa 1	Problemas Completados	258.39	29.70	259.21

7.1 Escenario 1: Adquisición de una máquina remachadora

Esta propuesta resulta del análisis hecho al modelo, en el cual se observaba un alto número de trabajos en cola. Al adquirir la máquina se pretende reducir el tamaño de la cola y generar un mayor número de trabajos completados.

De los resultados obtenidos al correr de nuevo el modelo con este escenario, se obtuvo un aumento del 5% en los trabajos procesados completamente.

La propuesta para la empresa es factible considerando que no representaría altos costos la implementación de la máquina.

7.2 Escenario 2: Adquisición de una máquina automática

Según el modelo la adquisición de una nueva máquina mejoraría el promedio del total de las órdenes procesadas se daría un incremento del 7%.

Restricciones para la implementación de esta propuesta son los altos costos de adquisición y mano de obra, como el espacio para su localización.

7.3 Escenario 3: Adquisición de una máquina troqueladora de quijada

La ganancia obtenida con el aumento de otra máquina fue evidente, se incremento considerablemente las ordenes terminadas un 16.5%. Las restricciones de este escenario serían el costo de adquisición y personal, a lo que se agrega la capacitación de los operarios para manejar la nueva máquina. Pero muy rápidamente se verá reflejado en los resultados, el incremento de utilidad.

7.4 Escenario 4: Adquisición de una máquina troqueladora de puente

Aunque este centro de trabajo indicaba problemas por generación de cola, el incrementar en una máquina más, solo permitió la eliminación de la cola, pero las ordenes procesadas totalmente solo cambio en un 1.5%, un aumento no significativo para los intereses de la empresa.

7.5 Escenario 5: Reducción del 15% en los tiempos de preparación de máquina

En este escenario se simuló una reducción del 15% en los tiempos de preparación de máquina, para los centro de trabajo de Automática, calor y retroquelado en quijada.

A diferencia de lo que se pensaba en la empresa la reducción de los tiempos de preparación, que parecían representar un alto tiempo de procesamiento, no mejoró en gran medida el total de unidades procesadas.

8 CONCLUSIONES

El análisis de los escenarios y el proceso de creación del modelo permitieron concluir lo siguiente:

El modelo de programación expuesto presenta una buena aproximación del modelo real, como se comprobó en los resultados y la experimentación; los datos arrojados no difieren mucho a los reales.

Maximizar o aumentar, la capacidad en los centros de trabajo, podrá generarle a la empresa ganancias en tiempos de entrega. Principalmente, aquellos que generan altos tiempos de cola, como lo son: la máquina Automática, el remachado y el retroquelado en la máquina de quijada.

Es notable que la alta demanda para el periodo evaluado que entra al sistema, no se alcanzara a cubrir con los recursos existentes y sus tiempos correspondientes; la empresa debe pensar seriamente en un aumento de la capacidad de la planta e innovación en máquinas más automatizadas.

El proceso de recolección de datos fue laborioso y la aproximación de los datos empíricos o suministrados por la experiencia del personal de la empresa, se evaluó constantemente para efectos de una buena aproximación del modelo programado, al real.

AGRADECIMIENTOS

Los autores e investigadores de este trabajo, agradecen a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por darnos la oportunidad de trabajar este tema, y a la empresa Creatum Accesorios S.A, por permitirnos el ingreso a la empresa y colaborararnos con la información relacionada con el proceso productivo de las marquillas. Agradecemos a los organizadores del EITI - 2006, por permitirnos hacer una ponencia oral sobre este trabajo, y de esta forma, dar a conocer la importancia de las tecnologías de la información en los procesos productivos industriales.

REFERENCIAS

- Azarang, M. y García-Dunna, E. (1990), *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*, McGrawHill/Interamericana, México.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, A. F. (n.d.), 'Sistemas, modelos y simulación'. *En línea: <<http://www.fi.uba.ar/materias/7526/docs/teoria.pdf>> C07/05
- Garavito, L. (2000), 'Optimización de procesos - simulación & modelamiento', Universidad Nacional de Colombia. *Artículos temporales de Internet, 2000. <[http://DocumentsandSettings/usuario5/Configuración local/ArchivostemporalesdeInternet/Content.IE5//P80X2CDWSimulación&modelamiento%20I1.mht](http://DocumentsandSettings/usuario5/Configuración%20local/ArchivostemporalesdeInternet/Content.IE5//P80X2CDWSimulación&modelamiento%20I1.mht)> C07/05.
- Gotfried, B. (1984), *Elements of Stochastic Process Simulation*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs N.J.
- Jiménez, H. y Nieva, J. (2005), 'Simulación del proceso de fabricación de zapatos de cuero', Trabajo Dirigido de Grado, Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- SYBASE (2004), 'Nueva herramienta de diseño. sybase powerdesigner 10.0', Notas de Prensa. Madrid, 26 de febrero de 2004. *En línea: <<http://www.sybase.com/powerdesigner>> C10/05.
- Valencia, E. y Tabares, V. (2001), 'Simulación de los procesos de secretarías médicas y atención al paciente en una institución oftalmológica', Trabajo Dirigido de Grado, Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.