

Modelo de simulación para el proceso de producción en empresas de confección textil

Simulation model for the production process for cloths textile companies

Urbano E. Gómez P., M.Sc.

urbanoeliecer22@hotmail.com

Ofelia Gómez N., MBA

ofeliagmz@yahoo.com

*Unidades Tecnológicas de Santander [UTS],
Bucaramanga - Colombia*

Fecha de recepción: Enero 10 de 2013

Fecha de aceptación: Febrero 26 de 2013

Palabras clave

Modelo de simulación; industria de confección textil; solvencia; liquidez; dinámica de sistemas; proceso de producción.

Keywords

Prediction model; garment industry; solvency; liquidity; system dynamics.

Colciencias **1**
tipo

Este documento se ha construido a partir de la ponencia del mismo nombre, presentada por los autores en el 10° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, organizado en de 2012 por la Universidad Icesi y la Universidad del Valle, bajo la temática: *Dinámica de sistemas: Un enfoque de gestión y solución de problemas. El documento es inédito.*

Resumen

Las UTS tiene en ejecución el proyecto *Sistema de información de costos de producción para las micros y pequeñas empresas del sector confecciones infantiles de Bucaramanga, ajustado a las condiciones y requerimientos de estas organizaciones* que cuenta en su parte más elemental con el objeto de determinar los elementos que se deben integrar a los costos de producción en las micros y pequeñas empresas de confección infantil; además permite la comprensión de la metodología relacionada con las técnicas, métodos, procesos y procedimientos que se aplican al sistema de costeo de acuerdo a las condiciones y parámetros de las operaciones de producción en las micro y pequeñas empresas de confección textil [ECT], por lo tanto es un insumo para la capacitación de los interesados.

Abstract

The UTS is developing the project *Information System of production costs for micro and small children's clothing companies in Bucaramanga, adjusted to the conditions and requirements of these organizations* which has in its most elementary part in order to determine the elements that must be integrated into the production costs in micro and small children garment companies also facilitates understanding the methodology associated with the techniques, methods, processes and procedures to be applied to the costing system according to the conditions and parameters of production operations in companies, therefore it is an input for the training of stakeholders.

I. Introducción

El entorno de la industria de la confección textil al igual que el de otras industrias se enfrenta a la globalización; por ello, debe responder con acierto a las exigencias y convertirse en un sector sostenible. Así, es necesario, según Meléndez (2004), la integración de nuevas tecnologías en información y comunicación, el fortalecimiento de la sociedad del conocimiento y tener presentes nuevas formas de producción o comercio. Con el objeto de apoyar la adquisición de conocimiento, el modelo propuesto puede considerarse como una construcción de explicaciones científicas (Andrade, Dynner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001) que, de manera flexible, da cuenta de la dinámica de comportamiento, al permitir la construcción de comportamientos para diferentes situaciones.

II. Marco contextual para el modelo de simulación propuesto

Según Andrade et al., (2001), la Dinámica de Sistemas [DS] es una forma de pensamiento para la representación y el aprendizaje que facilita compartir el conocimiento de un tema; como complemento a esta apreciación, Mosterín (1987) manifiesta que el uso de un modelo permite elaborar una teoría del sistema, es decir, describir adecuadamente el funcionamiento presente del sistema, explicar lo ocurrido en el pasado y predecir lo que pasará, en dicho sistema, en el futuro, teniendo presente las limitaciones del mismo con respecto a lo realizado o representado con el modelo.

Algunos de los problemas más frecuentes que se encuentran en las empresas están relacionados con la liquidez y la solvencia económica, dado que en muchos casos no proyectan los flujos de efectivo y las necesidades de capital de trabajo; por ende, es posible que los negocios no se lleguen a consolidar. Por lo tanto, es importante considerar en la proyección financiera los indicadores de liquidez y solvencia, reflejados a través del endeudamiento y el apalancamiento financiero, entre otros.

A) Industria de confección textil

Colombia es reconocida internacionalmente como un país con grandes fortalezas en los negocios de confecciones y textiles; Según Nasir y Sahibuddin (2011), este sector genera el 8% del Producto Interno Bruto [PIB] de manufactura y el 3% del PIB nacional; sin embargo, existe una serie de factores que ponen en peligro su sostenibilidad en los mercados local e internacional; los costos de producción determinan la competitividad del sector, por ende, es necesario optimizar el proceso de producción.

B) Sistemas de producción y costeo

Según Gaither y Frazier (2000) el control de producción es la prioridad de la

administración en una organización que convierte insumos en productos. Un sistema de producción toma insumos o materias primas, personal, máquinas, edificios, tecnología, efectivo y otros recursos, y los convierte en productos (bienes y servicios); este proceso de conversión se conoce como centro de producción y es la actividad predominante de un sistema de transformación.

Cualquier programa de control de producción depende de una atenta sistematización que se realiza de acuerdo con una serie de instrucciones predeterminadas. Las empresas deben desarrollar técnicas optimizadas para exponer y establecer sus proyectos de acuerdo con los cambios del entorno, para facilitar la obtención de los objetivos de la empresa. Por ello, cada vez cobran mayor relevancia en las organizaciones los sistemas de costeo, los cuales se han convertido en una fuente de su sobrevivencia, por lo que se debe trabajar en función de ellos. El entorno de las empresas es cada vez más complejo, lo que hace que se despierte el interés por la búsqueda de mecanismos que permitan mejorar los costos y, por tanto, los precios de venta.

El costo es un factor influyente en la fijación del precio, al igual que la competencia, la oferta y la demanda; por lo tanto, se es competitivo cuando es posible mantener un sistema de producción con una estructura de costos que contribuya con la productividad a través de una adecuada administración de los recursos. La gestión de la producción realiza en esencia un proceso de producción en búsqueda de un beneficio –que se establece a partir de la diferencia entre los ingresos y egresos generados de la comercialización de la producción– que integra aspectos tales como:

- » *insumos o materia prima* [MP], que es todo producto natural, producto en proceso o producto terminado que se convierte en la base para la obtención del producto terminado.
- » *producción* [PRD], que comprende la transformación, compuesta por maquinaria [MQN], tecnología, instalaciones y mano de obra [MO]; y
- » *producto*, que es el resultado del proceso de transformación y puede ser: principal o subproducto.

III. Modelo de simulación propuesto

El modelo desarrollado se presenta usando el sistema de lenguajes propuesto por Andrade et al., (2001) para la DS y la conceptualización; es decir, el modelo en prosa fue descrito en la sección II.B y abarca la relación entre materia prima y producción, generando, hasta este punto, cinco prototipos:

1. visión general de la relación entre MP, PRD, PRT;
2. principales aspectos a contemplar en una ECT;
3. hipótesis dinámicas de las operaciones en una ECT, con alcance hasta el diagrama de influencias;
4. aspectos fundamentales en la participación del mercado de una ECT (que cubre los cinco lenguajes de la DS); e

5. integración de los prototipos 3 y 4.

El primer prototipo fue construido hasta el diagrama de influencias y su objetivo fue presentar ciclos de realimentación pertinentes para la hipótesis dinámica básica, e.g., la relación *Costo–Beneficio* [CB] es influenciada por los gastos en MP, MO y MQN, cómo ilustra la Figura 1, en la que es posible apreciar cinco ciclos de realimentación que evidencian su complejidad:

1. MP → PRD → MP
2. MQN → PRD → MQN
3. CB → MQN → CB
4. CB → MQN → MO → CB
5. CB → MQN → PRD → MP → CB

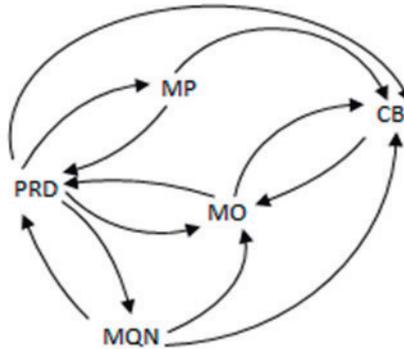


Figura 1. Prototipo 1. Diagrama de Influencia, de la Visión general de la relación entre MP, PRD, PRT

En el segundo prototipo se desagregó cada variable (tomada en este, como subsistema) con el objeto de ampliar la cobertura y facilitar la construcción en los lenguajes: flujo-nivel, ecuaciones y comportamientos (el software usado en la simulación es *Evolución*, disponible en <http://simon.uis.edu.co/evolucion>). El diagrama de influencias es presentado en la Figura 2; para su comprensión es necesario tener presente el resumen de las variables consideradas descrito en la Tabla 1.

El *diagrama de Flujo-Nivel* es presentado por sectores al igual que el *diagrama de influencias*; su ubicación varía un poco para facilitar la lectura. El lenguaje de las ecuaciones no se presenta en este artículo pero puede ser solicitado por e-mail a los autores.

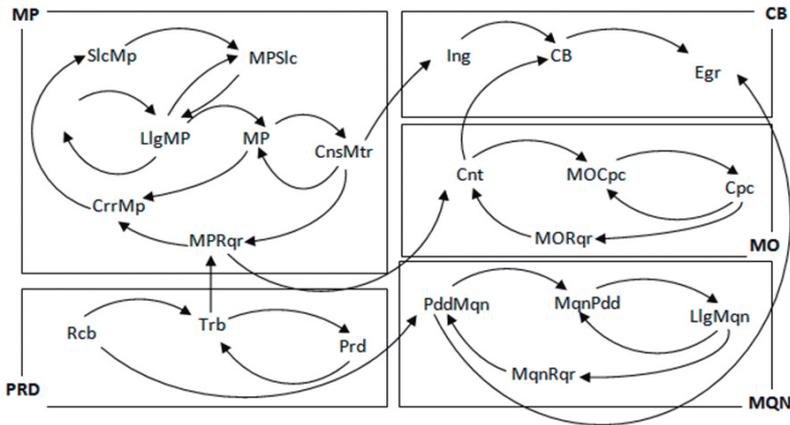


Figura 2. Prototipo 2. Diagrama de Influencias de los principales aspectos a contemplar en una ECT

Tabla 1. Convenciones de las variables (Prototipo I)

Nombre	Descripción
CB	Relación Costo-Beneficio
Cnt	Contratación de Personal
CnsMtr	Consumo de materia prima debido al material requerido para ejecutar los pedidos
Cpc	Ingreso de MO Calificada debido a la capacitación
CrrMP	Diferencia entre inventario real y el material requerido para la fabricación de los pedidos
Egr	Egresos totales de la empresa
Ing	Ingresos totales de la empresa
LlgMaq	Llegada de Maquinaria
LlgMP	Llegada de Materia Prima
MaqPed	Maquinas pedidas
MaqReq	Maquinaria Requerida
MO	Total de trabajadores en la empresa
MOCpc	Mano de Obra en capacitación
MP	Inventario de materia prima
MPRqr	Materia prima requerida para pedidos
MPSlc	Pedidos Pendientes de Materia Prima
PddMqn	Máxima cantidad de unidades producidas por maquina
SlcMP	Solicitud de pedidos de Materia prima
Trb	Trabajo acumulado
Rcb	Cantidad de unidades solicitadas en los pedidos

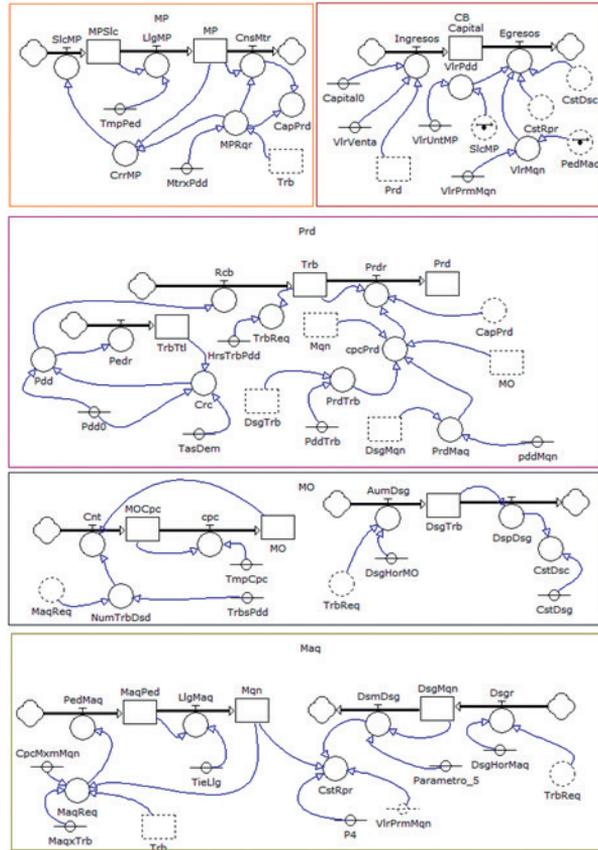


Figura 3. Diagrama de Flujo-Nivel

En cuanto al lenguaje de los comportamientos, la Figura 4 presenta las variables *Ingresos* y *Egresos* tomando como base escenarios característicos para el promedio de las pymes de Bucaramanga (Colombia). Dado que la unidad de tiempo es *días*, es posible apreciar una fluctuación en los egresos y un incremento en los ingresos debido a la periodicidad en el proceso de producción y a la continuidad en la comercialización, es decir, el crecimiento de los ingresos por producto producido es mayor que los egresos; los ingresos aumentan debido a que no hay necesidad de nueva maquinaria o de capacitación de personal.

La figura 5 presenta una comparación en el resultado de la variable *Capital* para dos escenarios propuestos.

El primer prototipo permitió reconocer la complejidad presente en las interacciones de los aspectos que Gaither y Frazier (2000) proponen como fundamentales en una ECT, pero, en búsqueda de facilitar la comprensión del fenómeno y la posibilidad de operar con el modelo sin la necesidad de ser un experto, se propuso el sistema desde otra perspectiva que permitiera comprender la necesidad de aumentar la productividad en el mercado.

Para el prototipo 3 se integraron los movimientos básicos (asumiendo que no se den re-procesos o devoluciones) que están presentes en la ECT y que deben estar presente en el software a desarrollar (ver Tabla 2). El diagrama de influencias se ilustra en la Figura 6; en ella, las relaciones en color azul indican información (su explicación se presenta en la Tabla 3).

Las ventas solo se pueden realizar a partir de los pedidos y a que hayan existencias en el inventario (por ende el consumo debe ser retardo), a su vez, el consumo tarda tiempo en reportarse debido al tiempo transcurrido en la ejecución de la orden de producción.

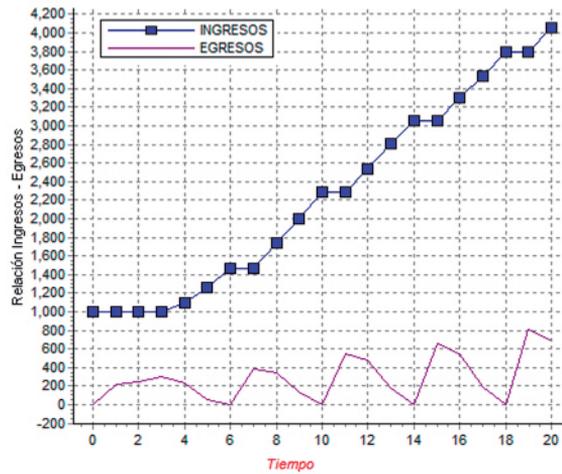


Figura 4. Comparación Ingresos – Egresos

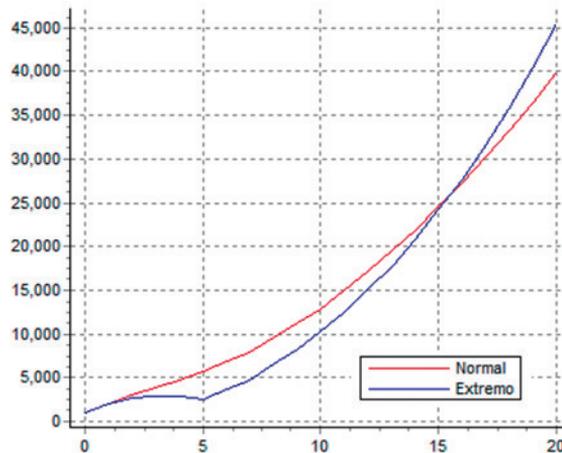


Figura 5. Análisis del capital

Tabla 2. Convenciones de las variables (Prototipo II)

Nombre	Descripción
Fichas	Fichas técnicas de cada producto
CmpIns	Compras de materia prima
PedCliente	Pedidos de clientes
PedPrv	Pedidos a Proveedores
Ventas	Ventas de Referencias o productos
OrdenesProd	Órdenes de producción
Consumos	Reportar la ejecución de las órdenes de producción se convierten en consumos de Materia prima que se debe descargar del inventario y cargar los productos o referencias producidas.
Inventario	Inventario por producto o referencia, talla y centro de costo

Tabla 3. Convenciones de las variables

Nombre	Descripción
OrdenesPrd	Se generan periódicamente a partir de los pedidos de un cliente pero para su construcción necesitan las fichas técnicas de los productos.
PedPrv	Se generan a partir de las órdenes de producción, las fichas técnicas de los productos y las existencias reportadas en el inventario.
Inventario	Es modificado cada vez que se realice una venta, un consumo o una compra

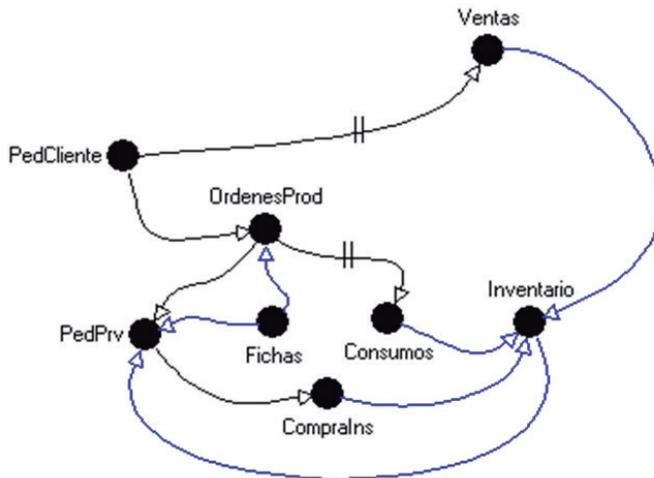


Figura 6. Prototipo 3. Hipótesis Dinámicas de las operaciones en una ECT

El enlace o trazabilidad que permiten los registros –que garantiza el seguimiento de la información y la actualización del inventario (relaciones en color azul) y el kardex (no presente en el diagrama)– se debe a que: el consumo de insumos depende de las órdenes de producción, las fichas técnicas y las existencias del inventario; la orden de

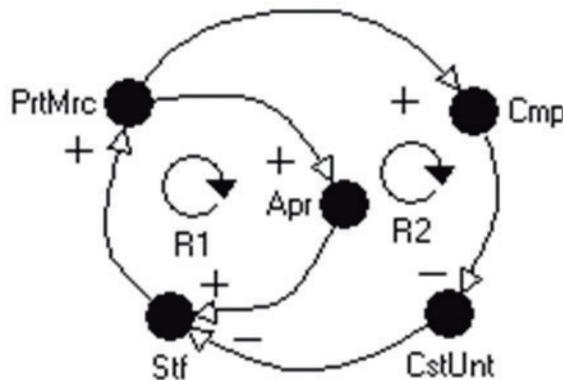
producción consolida la información de los pedidos pendientes; y las ventas depende de los pedidos.

Otro objetivo del modelo es demostrar que el control que debe permitir el software sobre cada uno de los movimientos de la empresa aumenta la participación en el mercado y, por ende, optimiza la relación costo-beneficio, ya que la productividad se logra elevando los niveles de producción, lo que genera un menor costo de insumos y una mayor experiencia en la operación, conservando o mejorando la calidad del producto y la satisfacción del cliente, y aumentando la participación de la empresa en el mercado como efecto del aumento de los pedidos.

Para cubrir este objetivo se construyó el prototipo 3: Aspectos fundamentales en la participación del mercado de una ECT (el cual no considera la competencia y asume condiciones ideales para el crecimiento de la organización); este se describe en la Tabla 4 y se representa en la Figura 7. En ella es posible apreciar dos ciclos de realimentación que muestran el crecimiento por el aumento en la satisfacción, gracias al aprendizaje en la operación y a la disminución en los costo por el aumento en las compras.

.....
Tabla 4. Convenciones de las variables

Nombre	Descripción
PrtMrc	Participación en el Mercado
Cmp	Compras de materia prima
CstUnt	Costo Unitario
Stf	Satisfacción
Apr	Aprendizaje (considerado como Experiencia)



.....
Figura 7. Prototipo 4, Aspectos fundamentales en la participación del mercado de una ECT

Para poder convertir el diagrama de influencias al lenguaje de Flujo-Nivel es necesario aumentar la cobertura y complejidad de las variables básicas que se han identificadas en la Figura 7. Es así como las variables *Satisfacción*, *Participación* y *Costos Unitarios* requieren

de ciclos de realimentación negativos (debido a los límites de crecimiento) para poder ser definidas. La Tabla 5 describe las variables del diagrama de influencias de la Figura 8 – que explica esta necesidad para la variable *Participación*–, el cuál es similar en las otras dos variables mencionadas.

Tabla 5. Convenciones del diagrama de influencias para la participación en el mercado de una ECT

Nombre	Descripción
Prt	Fichas técnicas de cada producto
PMM	Participación Máxima en el Mercado
CPrt	Cobertura del Participación en el Mercado
MCPrt	Multiplicador del Cobertura del Participación en el Mercado en función de los Pedidos
Pdd	Pedidos de clientes

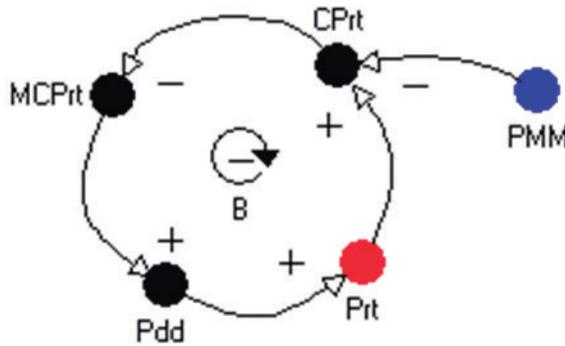


Figura 8. Diagrama de influencias para la participación en el mercado de una ECT

A partir del diagrama de influencias se ha construido el diagrama de Flujo-Nivel que se presenta en la Figura 9 (las variables en rojo corresponden a los elementos presentados en el diagrama de Flujos y Niveles posterior).

Algunos de los comportamientos generados a partir del diagrama muestran el crecimiento que se da en la ECT considerando condiciones de crecimiento en los pedidos de los clientes. La Figura 10 indica el crecimiento en las compras de materia prima; debido a los límites de crecimiento en el mercado las cantidades deben estabilizarse. Así mismo debe ser el crecimiento de las variables satisfacción y participación, tal y como se presenta en la Figura 11.

El análisis se amplió mediante la evaluación del comportamiento a partir de la construcción de escenarios, dos de ellos (escenarios y comportamientos) se presentan en la Tabla 6 y la Figura 12. Se observa que en el escenario pesimista (*Desde abajo*) la ECT tarda más tiempo en aumentar la satisfacción de los clientes que en el escenario por defecto (*Normal*).

Tabla 6. Convenciones de las variables

Variable	Desde abajo	Normal
PrdFic (Cantidad de productos que componen cada Ficha)	3	5
CRP (Cantidad de referencias promedio por pedido)	3	4
Stf (Satisfacción de clientes)	0.1	0.4

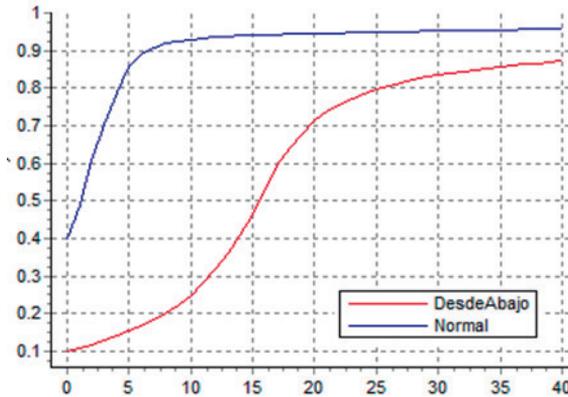


Figura 12. Comportamiento de la variable Satisfacción para dos escenarios

Otra forma de realizar el análisis es comparando los resultados de una variable con respecto a la modificación de un parámetro; la Figura 13 presenta el crecimiento de la participación en el mercado (que inicia en 20%), a partir de modificar el valor de la satisfacción de los clientes de la organización, lo que permite demostrar que, aunque toma más tiempo, es posible aumentarla con control de los movimientos.

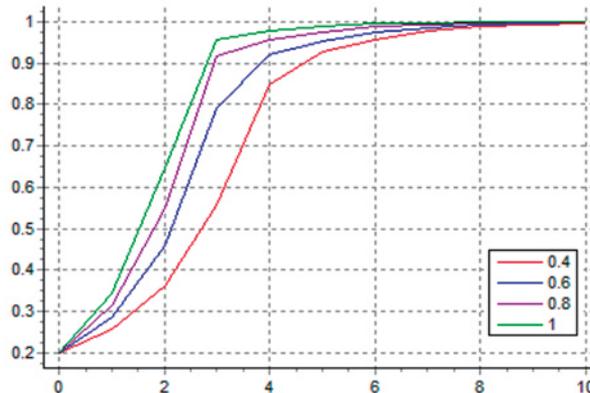


Figura 13. Comportamiento de la participación en el mercado a partir de modificar la satisfacción

Los modelos presentados han permitido desarrollar el software, sin embargo para dar continuidad al segundo modulo (*Control de los costos*) y para facilitar la comprensión y explicación de la complejidad, se han integrado los diagramas de influencias de las Figuras 6 y 7 para ampliar la cobertura en el modelo, es decir: *Hipótesis dinámica de las operaciones* y los *Aspectos fundamentales en la participación del mercado* (Figura 14), donde se han agregado variables como *MO*, *Producción*, *control* y *Precio de venta*.

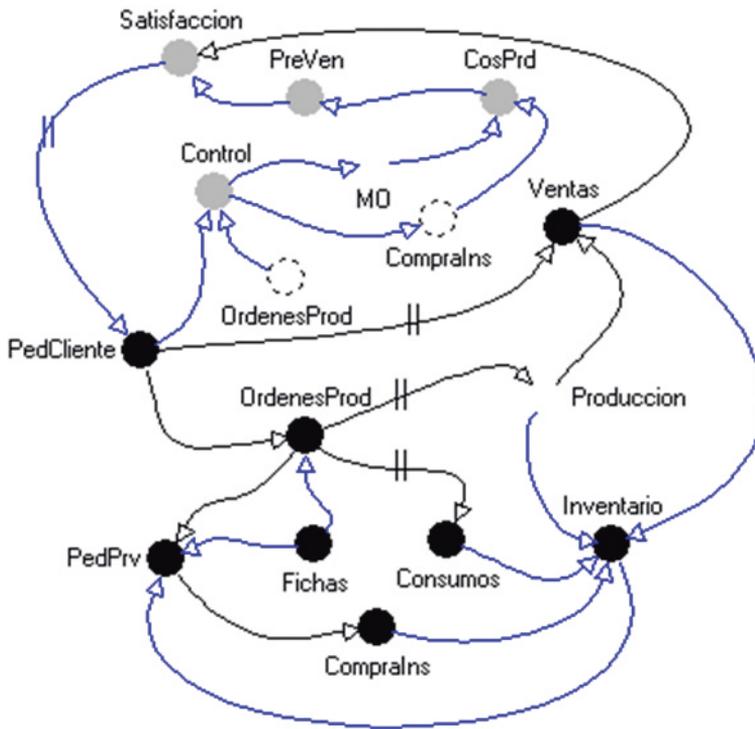


Figura 14. Prototipo 5. Diagrama de Influencias de la participación en el mercado en función del control de las Operaciones de una ECT

En el macroproyecto el modelo tiene por objeto demostrar a los pequeños empresarios de los sectores de confección y textil, mediante los comportamientos obtenidos con los experimentos, que el control facilita el crecimiento de la organización, la comprensión de la complejidad del sistema (para evidenciar los requerimientos de software) y a su vez, generar el cambio de paradigma que se requiere para motivar el uso del software y facilitar el análisis y la comprensión de los requerimientos (Charette, 2005).

Los modelos han permitido refinar los requerimientos del software (denominado *Herramienta Software de costos de producción para micros y pequeñas empresas del sector confecciones infantiles de Bucaramanga*, con la sigla *GCP (Gestión en el Control de la Producción)*). Actualmente el software se encuentra en fase de implantación, presenta en particular los movimientos evidenciados con la DS, de manera general. La Figura

15 presenta el diagrama de casos de uso de GCP (El administrador no tiene relaciones debido a que puede realizar todas las acciones implementadas). Los movimientos de materia prima son: pedidos, ventas y compras los cuales son presentados en el diagrama de la Figura 14 se han separado en dos pantallas diferentes en el software: *Gestionar movimientos de insumos*; y *Gestionar movimientos de referencias*.

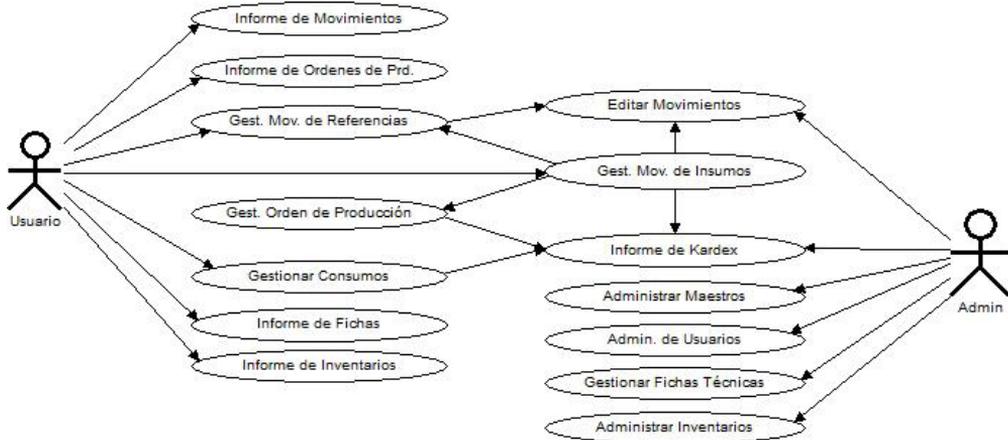


Figura 15. Diagrama de casos de uso

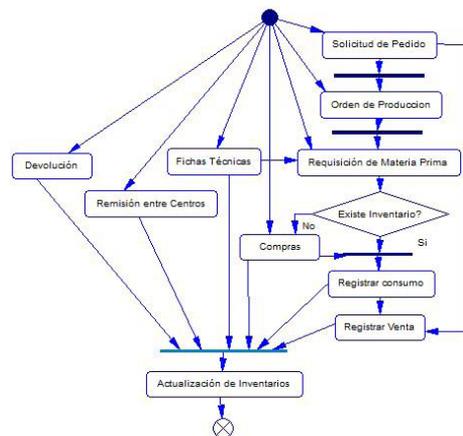


Figura 16. Diagrama de Actividades del control de los movimientos

En el diagrama de actividades se evidencia la necesidad expresada en la Tabla 3, es decir, que los consumos de materia prima se generan a partir de las órdenes de producción (con las cuales se puede determinar los requerimientos de materia prima) y estas se generan (órdenes de producción) a partir de las solicitudes de pedido. Además de las fichas técnicas y las compras también se pueden presentar devoluciones de referencias o remisiones entre centros. Se debe tener presente que el manejo particular de cada movimiento que requiere el software exige tener presente elementos de la realidad que no fueron considerados en el modelo, tales como el manejo de las tallas por referencia y los Centros de costo, en donde se tendrá control a partir de la función que ejerce en el proceso.

Conclusiones

El modelo de simulación permitió identificar los requerimientos y brindar flexibilidad en la herramienta software que lo motivó, al generar consenso en el equipo interdisciplinario de empresarios, contadores, desarrolladores de software, y permitió aumentar progresivamente la complejidad al modelo arquitectónico implementado.

El modelo permite apreciar, al igual que en la realidad, que las empresas mantienen un crecimiento sostenido, pero, con la variación de escenarios, se puede facilitar la comprensión de cuándo se presenta un crecimiento inestable e ineficaz que conlleve a una crisis que acabe con ella.

La *Ingeniería de Requisitos* se define como un proceso de aprendizaje en ambiente interdisciplinario, que genera representaciones en el dominio de un problema, para formular las características y el diseño del software con que se quiere actuar sobre dicho problema (Jaime, 2012), además se estima que las fallas y los costos en el desarrollo de software se deben a fallas en la definición de requerimientos, por incapacidad para manejar la complejidad de los proyectos, por comunicación deficiente y por documentación inapropiada, aunque el software en desarrollo ha presentado debilidades que ya se han corregido, los autores y los usuarios del software afirman que el modelo ha facilitado comprender las necesidades de información que debe cubrir el software y conciliar los desacuerdos.

La construcción y la operación permitieron el aprendizaje en un ambiente interdisciplinario que generó representaciones útiles para el desarrollo del software, ya que permitió formular las características y el diseño; en este contexto, se acercó al lenguaje natural o el enfoque y no se limitó a solo representaciones técnicas – como *Unified Modeling Language* [UML]– comprensibles para los desarrolladores, pero confusas para los beneficiarios del software, de tal manera que se pudo usar la DS, como lo afirma Richardson (2011), para la formulación, prueba y depuración de explicaciones de las causas internas del comportamiento de un sistema, para el desarrollo de políticas de manejo y toma de decisiones, haciendo uso de mapas informales, modelos formales y simulaciones computarizadas que representan el origen endógeno del comportamiento del sistema. 

Referencias bibliográficas

- Andrade, H., Dynner, I., Espinosa, A., López, H., & Sotaquirá, R. (2001). *Pensamiento sistémico: diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander
- Meléndez, H. (2004). *Gestión de producción*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Santo Tomás
- Mosterín, J. (1987). *Conceptos y teorías de la ciencia* [2a ed.]. Madrid, España: Alianza
- Gaither, N. & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* [8a ed.]. México D.F., México: International Thompson
- Nasir, M. & Sahibuddin, S. (2011). Critical success factors for software projects: A comparative study. *Scientific Research and Essays*, 6(10), 2174-2186
- Charette, R.N. (2005). Why software fails. *IEEE Spectrum*, 42(9), 42-49
- Jaime, R.V. (2012). Modelamiento semántico con Dinámica de Sistemas en el proceso de desarrollo de software. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, 10, 19-34
- Richardson, G.P. (2011). Reflections on the foundations of System Dynamics. *System Dynamics Review*, 27(3), 219-24

Currículum vitae

Urbano Eliecer Gómez

Ingeniero de Sistemas (2002) con Maestría en Ingeniería (2010) de la Universidad Industrial de Santander [UIS]. Es docente de las Unidades Tecnológicas de Santander [UTS] (Bucaramanga) y miembro del Grupo de Investigación en Ingeniería de Software [GRIIS] de las UTS.

Ofelia Gómez Niño

Contadora Pública de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (1989), Especialista en Docencia Universitaria (Universidad Cooperativa de Colombia, 2001) y Máster en Administración de Empresas (Universidad Santo Tomás de Aquino, 2008). Es docente de las Unidades Tecnológicas de Santander [UTS] (Bucaramanga). Es miembro del Grupo de Investigación en Ciencias Socioeconómicas y Empresariales [GICSE] de las UTS.