

ISSN: 2322-7672

III Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Grupo de Investigación en Sistemas
Aplicados en la Industria (GISAI)



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

© xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

III Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2013

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez C.

Diagramación: Geovany Snehider Serna Velásquez

Corrector de estilo: Monica Patricia Ospina Toro

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2013

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1117-22-03-13

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Modelo para la simulación logística en la empresa Coltabaco S.A.

Ana María Hernández Z.

Facultad de Ingeniería Industrial, UPB
Colombia
ana.hernandez@alfa.upb.edu.co

Héctor Álvarez

Facultad de Ingeniería Industrial, UPB
Colombia
hector.alvarez@alfa.upb.edu.co

Javier Darío Fernández Ledesma

Facultad de Ingeniería Industrial, UPB
Colombia
javier.fernandez@upb.edu.co

Resumen

El modelo para la simulación logística en la cadena de abastecimiento y producción de la empresa Coltabaco S.A., parte inicialmente de la visita a la compañía para identificar las actividades principales que constituyen la cadena de valor de toda la red logística, recorriendo las instalaciones y conociendo cada una de las etapas del proceso de producción. Consecuentemente, se definió la llegada de materia prima, el descargue del camión, el transporte de materia prima a producción, la desconsolidación

de las cajas, la elaboración de picadura, la elaboración del cigarrillo, el empaquetado y celofanado, y el decenado y cartonado como actividades objeto de estudio para la realización del modelo de simulación logístico. Para ello se tomaron tiempos y se obtuvo información histórica por parte del personal encargado de cada área con el fin de comprender claramente el proceso logístico. Posteriormente, se realizó la validación estadística de los datos para garantizar la adecuación del modelo y mostrar resultados consecuentes a la situación real de la empresa, que a su vez permitió el montaje del modelo en los software Promodel y Arena, logrando reproducir la situación actual de la empresa.

Finalmente, se creó un escenario hipotético, con un operario menos, el cual ayudó a optimizar los recursos que se tienen, ya que al comparar ambos modelos, el real y el hipotético, se obtiene un mayor porcentaje de utilización de los recursos y la misma cantidad de producto terminado, facilitando a la empresa la toma de decisiones estratégicas.

A partir del análisis y comparación de los resultados obtenidos en los modelos simulados, se logró identificar las variables que tienen un mayor impacto en el proceso, ya que generan cuellos de botella, tiempos muertos y reprocesos. Todo este análisis permitió plantear propuestas de mejoramiento que le permitan a la empresa lograr ventajas significativas en su cadena de suministro y, por ende, mayor competitividad y eficiencia en el mercado.

Palabras clave

Modelo de simulación, Coltabaco S.A, Promodel, Arena, Cadena de abastecimiento.

Introducción

Anteriormente, la logística era un procedimiento muy simple que consistía en tener el producto justo, en el sitio exacto, en el tiempo oportuno y al menor costo posible, estas actividades aparentemente sencillas han sido redefinidas y ahora son

todo un sistema de procesos interrelacionados, aplicados dentro de la estructura principal, conocida como la cadena de abastecimiento o *Supply Chain*. (COLTER, 2008).

La logística se fundamenta en el concepto de cadena de suministro, que según (Castro, 2005) “está compuesta por las etapas necesarias e integradoras de procesos que facilitan el flujo de bienes, servicios e información, desde el punto de origen hasta el cliente final y otros terceros interesados”. Lo anterior lleva a pensar en la logística como un procedimiento integral cuyo objetivo es ofrecer el producto correcto, en el tiempo y lugar requerido, con la cantidad exigida y al precio adecuado, de tal forma que se reduzcan los costos totales de operación y se alcance un mejor nivel de atención al cliente en la satisfacción de sus necesidades.

Así, uno de los grandes retos de la cadena de suministros dentro de la logística, es la integración de la información entre cada uno de los componentes de la cadena, tales como proveedores, fabricante, distribuidor, vendedor y consumidor final, los cuales a través de una serie de eslabones que unen los diferentes procesos y actividades, proporcionan valor al producto o servicio, dichas uniones forman los llamados ciclos básicos de gestión, que son en su orden lógico: ciclo de aprovisionamiento (ENTRADA), ciclo de fabricación (INTERNA) y ciclo de almacenaje y distribución (SALIDA).

Sin embargo, la integración de los eslabones en la cadena enfrenta diversos problemas que deben ser evaluados con el fin de tomar acciones inmediatas que permitan resolverlos adecuadamente (García, 2006). Caso específico de ello, la empresa COLTABACO S.A.

Actualmente, la empresa tiene los procesos definidos, normalizados y estandarizados en su plataforma tecnológica, sin embargo, ve la necesidad de tener un mayor control de los mismos en el área de abastecimiento y producción, ya que al no estar sincronizados se presentan tiempos muertos, reprocesos y retrasos en las entregas de productos semielaborados, lo que le genera mayores costos a la empresa, una menor eficiencia y poca generación de valor agregado para el cliente. Por lo anterior, se hace necesario realizar una simulación logística en las áreas de estudio que permita consolidar informes reales sobre los indicadores de cada proceso y a su vez facilitar la toma de decisiones que contribuya con el mejoramiento de la productividad y competitividad de la compañía.

Antecedentes investigativos

Según García (2002), la satisfacción de los clientes en una organización es producto del mejoramiento continuo de los procesos organizacionales, disminución de inventarios y desperdicios y rediseño de productos no exitosos, ya que representan puntos claves para la generación de valor del producto final. Es así como surge el enfoque de CADENA DE SUMINISTROS, el cual consiste en alcanzar la integración de procesos como elemento fundamental en la optimización de las operaciones organizacionales.

La cadena de suministros es definida por Ballou (2004) como “un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”. Otra definición es la del comité de la OEM (*Original Equipment Manufacturer* de Estados Unidos) que dice que la cadena de suministros es “una asociación de consumidores y proveedores, quienes trabajando juntos en sus propios intereses, compran, transforman, distribuyen y venden bienes y servicios, resultando al final la creación de un producto final específico”. Por lo tanto, la cadena de suministros propone la integración y coordinación de las funciones internas de la empresa con las externas del proceso, entre proveedor, fabricante, cliente, distribuidor y detallista, con el fin de darle un mayor aprovechamiento a los recursos y minimizar los costos de operación de la empresa.

La integración de procesos de una cadena de suministros mejora los indicadores de productividad, los cuales pueden ser simulados con el fin de llevar a cabo escenarios en donde se puedan incorporar los puntos claves que la identifican y que permitan lograr la sincronización y la toma de decisiones óptimas. La simulación de procesos representa una herramienta fundamental para concebir una cadena de suministro exitosa. Así lo expresan Vachon y Klassen (2002, p. 228), quienes señalan: “Con la ayuda de la simulación, se ha demostrado que se aprende mejor sobre las operaciones organizacionales, lo cual ayuda a atenuar el impacto de la incertidumbre en una cadena de suministro”. La simulación permite identificar antes de la puesta en marcha de cualquier proyecto de integración de procesos, los problemas de suministro, de inventarios y en la distribución.

Así lo demuestran algunos estudios realizados en varios sectores industriales. Velásquez (2006) desarrolló un “Modelo de simulación para las cadenas de abastecimiento: Estudio de caso en el sector textil”, un modelo basado en las metodologías y tecnologías de la programación matemática derivadas del uso de herramientas de simulación de procesos de las empresas, en este caso con la ayuda del software SAMS. Este consistió inicialmente en realizar un estudio sobre el impacto que genera la integración de cada uno de los componentes de la cadena de suministro de una organización, a lo que Velásquez (2006) complementó afirmando que “el éxito de una organización que reduce costos y satisface constantemente las necesidades de sus clientes, depende de una cadena de abastecimiento bien gestionada, integrada y flexible, que sea controlada en tiempo real y en la que fluya información eficiente entre los distintos niveles de la misma”. Para lograr el control de la cadena de suministro en tiempo real y el flujo de información eficiente implementaron un modelo de simulación que les permitió crear escenarios con cambios significativos en las diferentes variables críticas que estaban afectando el rendimiento y productividad de la empresa. Por ello decidieron simular la operación transporte del área de la logística de distribución de la cadena de suministros de la empresa Ditexco S.A., la cual se dedica a la producción y comercialización de textiles en el sector norte de Bogotá, operación que estaba generando altos costos en los productos y por ende un mayor precio para el consumidor. Con la ayuda del software GAMS, se logró optimizar variables como: cantidad de consumidores, cantidad de producto transportado, número de kilómetros recorridos, demanda del consumidor, costo de envío de una unidad y producción máxima, y obtener resultados que le permitieron generar mayor valor agregado para el cliente.

Otro caso se presentó en el sector farmacéutico, en el cual García (2007) realizó una simulación de la cadena de suministro de la empresa PROULA Medicamentos, ubicada en la ciudad de Mérida, Venezuela. La investigación tuvo como eje principal dar respuesta a la pregunta: ¿Cuál es el tratamiento dado al fenómeno de la variabilidad y la distorsión de la demanda como factor adverso a la integración de procesos de la cadena de suministro de PROULA Medicamentos para mejorar sus indicadores en los próximos años?, para ello inicialmente se analizaron las operaciones que afectan la variabilidad y distorsión de la demanda en cada uno de los eslabones que forman parte de la cadena, proveedor: Cipra, Fabricante: Planta de medicamentos PROULA, mayorista: Droguería: Drolanca y detallista: Farmacias Drolanca, recolectando información cualitativa y cuantitativa desde el tiempo de llegada de los insumos, magnitud de estos, tiempo de procesamiento, despacho, distribución hasta la colación final del

producto. Posteriormente, esta información dio pie para realizar la simulación de dos escenarios, el real y el ideal, los cuales con la ayuda del software GALATEA-GLIDER fueron corridos, comparados y, finalmente, se obtuvieron resultados entre los que se destacan: colas significativas por la acumulación de inventarios debido al clima político económico de Venezuela, pues el Estado no proporciona divisas para adquirir insumos la empresas; validez efectiva de la corrida, identificando de manera adecuada la distribución estadística de los datos y las pruebas de bondad de ajuste; sincronización de los tiempos de producción en los puestos de trabajo; disminución de los tiempos de transporte entre los eslabones de la cadena implementado el uso de una plataforma tecnológica de información. Para García (2007), los resultados anteriores son una prueba de que “en una cadena de suministro perfectamente sincronizada, la empresa utiliza únicamente los recursos necesarios para satisfacer la demanda actual de los clientes”.

Por otro lado, en la industria maderera, Guaita y Gómez (2008) desarrollaron un “Modelo de simulación para ensayar políticas operacionales en la cadena de suministros de madera-muebles”. El modelo fue realizado sobre la base de 20 carpinterías ubicadas en el municipio Piar del Estado de Bolívar, los proveedores de sus materias primas y los distribuidores de productos terminados. La estructura de la cadena de suministro inicial consta de tres aserraderos, un centro de acopio y cinco carpinterías. El desarrollo del modelo se realizó en varias etapas: articulación del problema, determinar hipótesis dinámicas, formular el modelo de simulación, evaluar el modelo y evaluación y recomendaciones al proceso. Para realizar la simulación se crearon dos escenarios, en el primero se deja fijo el nivel de pedidos y en el segundo se hacen variaciones en la demanda, lo que permite observar el nivel de pedidos pendientes en la cadena de suministro Madera- Muebles. La simulación arrojó como resultados la optimización de recursos de la cadena procurando tener cero entidades en cola. Así mismo se identificó la necesidad de hacer una acomodación óptima de los puestos de trabajo, que permita generar mayor volumen de productos terminados. Finalmente, según Guaita y Gómez (2008) “con el modelo explícitamente definido y con los escenarios que determinan las condiciones de la simulación, es posible obtener una solución numérica que ofrece las posibles rutas de cada una de las entidades que intervienen en el proceso desde que entra la materia prima hasta que se pone a disposición del cliente final”.

En el sector floricultor, Monsalve y Ortiz (2011), hicieron una propuesta de un modelo de simulación para un proceso de poscosecha en la empresa Inversiones

Coquette, la cual consistió en realizar un análisis detallado de los procesos, subprocesos y variables que componen la cadena productiva de la rosa estándar que distribuya la empresa. Posteriormente, los procesos fueron simulados con la ayuda del software Promodel, lo que permitió optimizar los tiempos y recursos que actualmente se utilizan en el proceso de poscosecha de la rosa estándar. Se plantearon varios escenarios y, finalmente, se le recomendó a la empresa sistematizar el proceso, especialmente en el proceso de etiquetado, ya que si reemplaza un operario por una máquina etiquetadora, el tiempo de esta operación podría disminuir considerablemente, de igual forma, es posible reducir el número de puestos de trabajo en la actividad de boncheo, ya que la cantidad que se tiene actualmente genera tiempos ociosos que disminuyen el rendimiento del proceso, y finalmente, se identificó la necesidad de replantear la forma de transporte interno entre las locaciones que componen el proceso, ya que a los operarios les toca recorrer grandes distancias, para ello se recomienda implementar una banda transportadora entre los procesos de boncheo y corte que permita reducir los tiempos de desplazamiento.

Ceballos y Restrepo (2010), diseñaron una guía metodológica para aplicar un modelo de simulación en el sector automotriz, caso específico: Euroautos Ltda- Renault Minuto, la cual tuvo como objetivo resaltar cada uno de los pasos que se deben seguir para diseñar un modelo de simulación en las diferentes etapas de un proceso de producción, los cuales posteriormente fueron aplicados a la empresa Euroautos Ltda, específicamente en el proceso de reparación de vehículos que ingresan por la aseguradora, de manera que se lograra analizar el comportamiento de las variables: tiempo de proceso, número de recursos, número de locaciones, tiempo de paros programados, velocidad de transporte, con información histórica y actual, creando escenarios que luego se implementaron en el software Promodel y facilitaron el análisis y optimización del estado de cada una de las variables mencionadas. Después de correr la simulación actual, se presentaron tres alternativas diferentes:

- Alternativa 1: disminución de tiempo de autorización por parte de las aseguradoras.
- Alternativa 2: Disminuir una unidad de la capacidad de las colas del modelo actual.
- Alternativa 3: Implementar metodología 5s para reducir tiempo de aseo y lavado.

Estas, de igual forma, se corrieron y se obtuvieron cambios representativos como: alternativa 1, disminución de reducción del precio de mano de obra, aumento de la utilización de las locaciones incluyendo las colas generadas y mayor número de

vehículos reparados por día. Alternativa 2, incremento de la utilización de los recursos, aumento del tiempo de cada una de las entidades en el sistema y de bloqueo en la locación de recepción; y la alternativa 3: genera pocas variaciones con respecto al modelo actual, solo se disminuye el tiempo de lavado de una entidad. Lo anterior llevó a Ceballos y Restrepo (2010) a encontrar una gran ventaja al realizar simulaciones de diferentes alternativas basadas en la detección de procesos críticos dentro del proceso.

Los casos anteriores, llevan a considerar la importancia de realizar la simulación en la cadena de abastecimiento de las empresas, ya que al generar diferentes escenarios facilita el análisis de información realmente importante que permita la toma de decisiones óptimas y reduzca el riesgo de implementar procesos o elaborar productos poco eficientes y rentables para la compañía.

Construcción del modelo

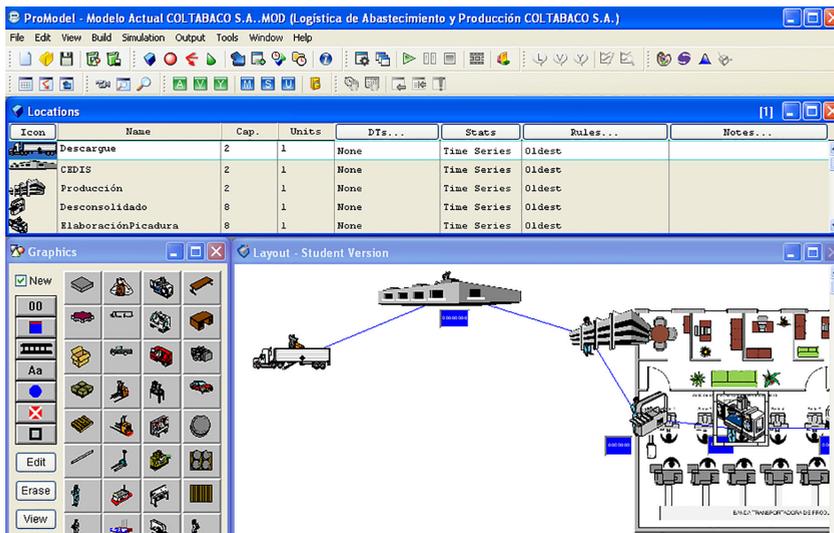
Con los datos iniciales suministrados por la empresa y la información recopilada en la visita, se diseñó el plano de la distribución de la planta de producción en la herramienta *Microsoft Office Visio*, con el fin de representar gráficamente la forma como funciona el proceso productivo de cigarrillos en la compañía.

Para la representación gráfica de las locaciones, los recursos y las entidades que requiere el modelo, se utilizaron algunas imágenes que vienen predeterminadas por el *software*, sin embargo se empleó la herramienta *Graphic Editor* para incorporar otras que permitieran dar una idea visual de la realidad del proceso. Como ejemplo de ello, se importaron imágenes a la herramienta para representar entidades como hoja, picadura, cigarrillo y cajetilla. A su vez, se incorporó el plano del área de producción mencionado anteriormente.

Las locaciones en el *software* Promodel, son definidas como los lugares o los puestos de trabajo donde la entidad realizará el proceso o actividad específica. Para el modelo de la empresa COLTABACO, se cuenta con ocho locaciones, las cuales son en su orden de utilización e intervención en el proceso: Descargue, CEDIS, producción, desconsolidado de cajas, elaboración de picadura, elaboración de cigarrillo, empaquetado y celofanado, y decenado y cartonado.

Las locaciones son introducidas en el programa y se les asigna un ícono o representación gráfica dentro del modelo, se define la capacidad de atención a entidades, los tiempos de paro y las reglas, como se observa en la figura 1.

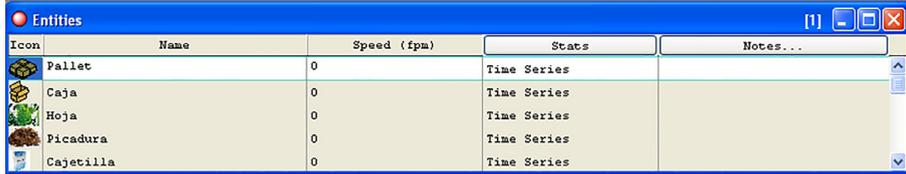
Figura 1. Locaciones del modelo.



Fuente: Promodel.

Las entidades son definidas como los elementos o recursos que se mueven alrededor del sistema cambiando su estado al pasar por las diferentes locaciones (ver figura 2). Para los procesos de abastecimiento y producción del cigarrillo Boston, se definieron seis entidades: los pallets, que son las unidades sobre las cuales llegan las cajas que contienen las materias primas y son almacenadas en el CEDIS; las cajas, que son las que contienen la materia prima desde Hoja de tabaco y vena hasta los componentes de la mezcla; las hojas de tabaco que son acondicionadas durante la etapa inicial del proceso productivo; la picadura, que es la transformación de la hoja de tabaco; las cajetillas que representan el producto terminado y agrupado por 10 unidades; y las pacas que son las cajas con las decenas de cajetillas de cigarrillos que van a distribución.

Figura 2: Entidades del modelo.

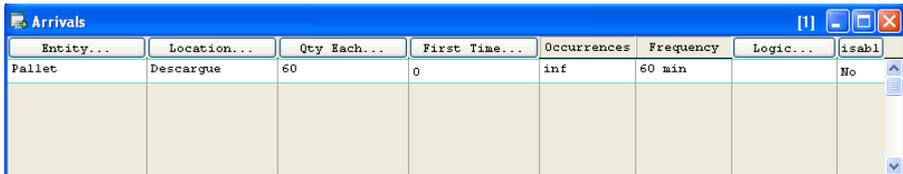


Icon	Name	Speed (fpa)	Stats	Notes...
	Pallet	0	Time Series	
	Caja	0	Time Series	
	Hoja	0	Time Series	
	Picadura	0	Time Series	
	Cajetilla	0	Time Series	

Fuente: Software Promodel® 7.

Los *arrivals* o llegadas señalan el punto de llegada de cada una de las entidades a las diferentes locaciones para desarrollar las actividades por las que debe pasar para completar el proceso. El *software* permite definir la frecuencia de llegada de esa entidad a esa locación, el número de entidades que llegan a la vez y el tiempo de la primera llegada (ver figura 3).

Figura 3: Llegadas del modelo.



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	isabl
Pallet	Descargue	60	0	inf	60 min		No

Fuente: Software Promodel® 7.

Los *pathnetworks* o redes son los que describen el recorrido que hace la entidad y los recursos a lo largo del proceso, desde que entran hasta que salen.

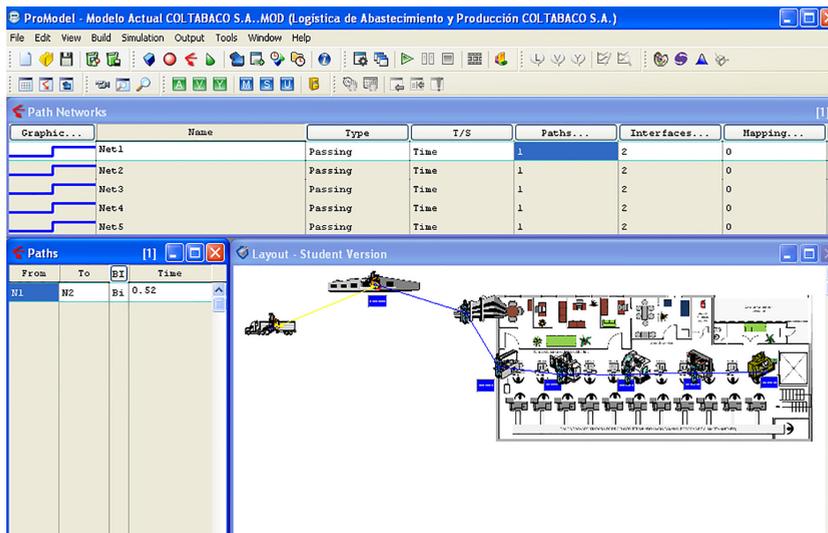
La figura 3, muestra el primer tramo del recorrido, el cual comprende las locaciones descargue y CEDIS, identificadas con los nodos 1 y 2 respectivamente.

El modelo cuenta con 7 redes, así:

Descargue → CEDIS
 CEDIS → producción
 Producción → desconsolidado

- Desconsolidado —> elaboración de picadura
- Elaboración de picadura —> elaboración de cigarrillo
- Elaboración de cigarrillo —> Empaque y celofanado
- Empaque y celofanado —> decenado y cartonado.

Figura 4: Redes del modelo.



Fuente: Software Promodel® 7.

Los recursos son los elementos utilizados para realizar cada una de las actividades del proceso, los cuales son liberados una vez se ha finalizado el servicio. Representan personas, equipos o máquinas que manipulan las entidades, ya sea por transporte o por transformación en productos semielaborados o terminados. De igual forma, se debe asignar la ruta que van a seguir una vez ingresen al proceso.

El modelo cuenta con 9 recursos, 4 montacargas y 5 operarios. Los montacargas operan en el descargue de los camiones y en el transporte de las materias primas a producción, mientras que los operarios se encuentran repartidos a lo largo del proceso, teniendo en cuenta que son polivalentes y como tal desempeñan sus funciones en varias locaciones. Así lo muestra la figura 4.

Figura 5: Recursos del modelo.

Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Montacarga1	2	None	By Unit	Net1, N1, R1:None	0		1	
	Montacarga2	2	None	By Unit	Net2, N1, R1:None	0		1	
	Operario1	1	None	By Unit	Net3, N1, R1:None	0		1	
	Operario2	1	None	By Unit	Net4, N1, R1:None	0		1	
	Operario3	1	None	By Unit	Net5, N1, R1:None	0		1	

Fuente: *Software Promodel*® 7.

Las variables son útiles para calcular o guardar información numérica relevante y que su uso sea repetitivo durante la simulación del proceso. Estas pueden ser globales, que son utilizadas en cualquier parte de la simulación, o locales, que solo se pueden utilizar dentro de la operación en la que se colocó.

En la figura 6, se muestran las 7 variables que fueron utilizadas en el modelo, las cuales permiten medir las cantidades procesadas de las entidades correspondientes.

Figura 6: Variables del modelo.

Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
Yes	Cantidad_Pallets_Procesados	Integer	0	Time Series,	
Yes	Cantidad_Cajas_Procesadas	Integer	0	Time Series,	
Yes	Cantidad_Hojas_Procesadas	Integer	0	Time Series,	
Yes	Cantidad_Picadura_Procesada	Integer	0	Time Series,	
Yes	Cantidad_Cigarrillos_Procesados	Integer	0	Time Series,	

Fuente: *Software Promodel*® 7.

La construcción de los procesos constituye una de las partes más importantes del modelo debido a que en él se programa la operación. Allí se definen los tiempos de operación, la forma cómo son procesadas las entidades y los recursos que serán empleados en la simulación.

En la siguiente tabla se indica la descripción del proceso que se realizó para el modelo de simulación en la empresa COLTABACO S.A. (ver tabla 1).

Tabla 1: Entidades, locaciones y operaciones de la cadena de abastecimiento y producción.

PROCESS			ROUTING				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Pallet	Descargue	get 1 Montacarga 1 wait 7 + 2 * B(1.23,1.49,7.004,8.840) inc Cantidad_Pallets_Procesados free Montacarga 1	1	Pallet	CEDIS	First 1	MOVE WITH Montacarga 1 then free
Pallet	CEDIS	get 1 Montacarga 1 wait 32 + W(6.09, 2.34) free Montacarga 1	1	Pallet	Producción	First 1	MOVE WITH Montacarga 2 then free
Pallet	Producción	get 1 Montacarga 2 wait 9.05 + 2.95 * B(1.63, 1.77, 9.3, 11.8) free Montacarga 2	1	Caja	Desconsolidado	First 1	MOVE WITH Operario 1 then free
Caja	Desconsolidado	get 1 Operario 1 wait 9.05 + 2.95 * B(1.63, 1.77, 9.3, 11.8) inc Cantidad_Cajas_Procesadas free Operario 1	1	Hoja	ElaboraciónPicadura	First 1	MOVE WITH Operario 2 then free
Hoja	ElaboraciónPicadura	get Operario 2 wait 9.05 + 2.95 * B(1.63, 1.77, 9.3, 11.8) inc Cantidad_Hojas_Procesadas free Operario 2	1	Picadura	ElaboraciónCigarrillo	First 1	MOVE WITH Operario 3 then free
Picadura	Elaboración Cigarrillo	get Operario 3 wait 1 min inc Cantidad_Picadura_Procesada free Operario 3	1	Cajetilla	EmpaquetadoCelofanado	First 1	MOVE WITH Operario 4 then free
Cajetilla	EmpaquetadoCelofanado	get Operario 4 wait 2 min inc Cantidad_Cigarrillos_Procesados free Operario 4	1	Pacas	DecenadoCartonado	First 1	MOVE WITH Operario 5 then free
Pacas	DecenadoCartonado	get Operario 5 wait 2.3 min free Operario 5	1	Pacas	Exit	First 1	Inc Cantidad_Cajetillas_Procesadas

Fuente: *Software Promodel*® 7.

El *software* Promodel, una vez finalizada la simulación permite mostrar los resultados obtenidos del modelo, con el fin de analizar el comportamiento de la compañía en las áreas que fueron objeto de estudio. A continuación, se irán presentando los resultados más relevantes que arrojó el programa.

En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos de las locaciones empleadas en la simulación:

Figura 7: Resultados obtenidos de las locaciones.

Modelo Actual COLTABACO S.A. MOD (Normal Run - Avg. Reps)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Descargue	8,00	2,00	16,00	31,24	1,04	2,00	2,00	52,07
CEDIS	8,00	2,00	14,00	54,67	1,59	2,00	2,00	79,73
Producción	8,00	2,00	12,00	67,76	1,69	2,00	2,00	84,70
Desconsolidado	8,00	8,00	10,00	56,24	1,17	3,00	1,00	14,65
ElaboraciónPicadura	8,00	8,00	9,00	37,13	0,70	1,00	1,00	8,70
ElaboraciónCigarrillo	8,00	8,00	8,00	1,00	0,02	1,00	0,00	0,21
EmpaquetadoCelofanado	8,00	8,00	8,00	2,00	0,03	1,00	0,00	0,42
DecenadoCartonado	8,00	8,00	8,00	2,30	0,04	1,00	0,00	0,48

Fuente: *Software* Promodel® 7.

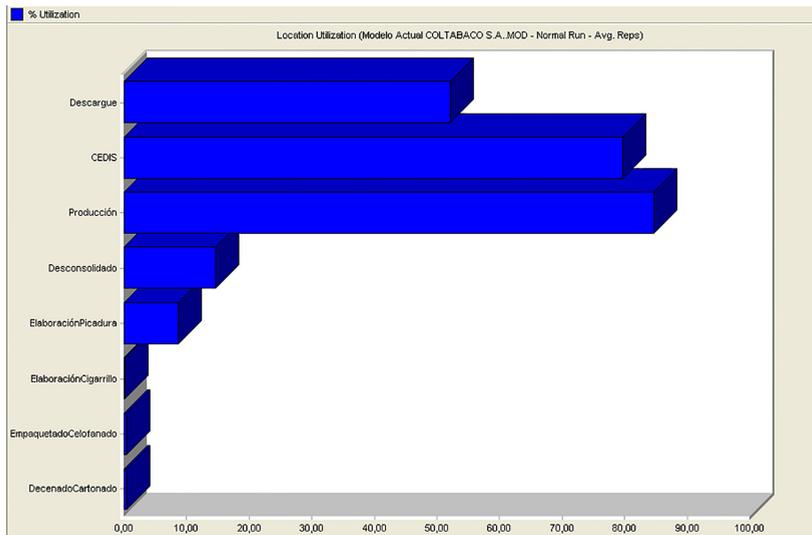
De acuerdo a la figura 7, se puede observar que entra un total de 16 *pallets* a la locación descargue y salen en total 8 pacas de 50 decenas de cajetillas de cigarrillos marca Boston (Total *Entries*), durante las 8 horas de trabajo. Las locaciones que procesaron mayor cantidad de entidades fueron el descargue, el CEDIS y producción, con 16, 14 y 12 entidades respectivamente.

El indicador *Avg Time Per Entity* permite identificar que las locaciones en las que se demoran más tiempo las entidades siendo procesadas, son el CEDIS, producción y desconsolidado, con 54.67, 67.76 y 56.24 minutos respectivamente. De forma contraria, las locaciones en las que menos se demoran las entidades siendo procesadas, son las de ElaboraciónCigarrillo, EmpaquetadoCelofanado y DecenadoCartonado, con 1, 2 y 2.3 minutos respectivamente.

Las locaciones que tuvieron mayor porcentaje de utilización fueron producción, CEDIS y descargue, con 84.70, 79.73 y 52.07 por ciento respectivamente. Lo anterior, muestra quizás la criticidad de las operaciones en dichas locaciones, indicando que en producción, CEDIS y descargue es donde se concentra el mayor tiempo de ciclo de todo el proceso. De forma contraria, las locaciones que menos fueron utilizadas

son la ElaboraciónCigarrillo, EmpaquetadoCelofanado y DecenadoCartonado. Esto se complementa con el gráfico 1, en el que se muestran los porcentajes de utilización por cada locación.

Gráfico 1: Porcentaje de Utilización de las locaciones.



Fuente: Software Promodel® 7.

En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos de los recursos empleados en la simulación:

Figura 8: Resultados obtenidos de los recursos.

Modelo Actual COLTABACO S.A. MDD [Normal Run - Avg. Reps]								
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Montacarga1.1	1,00	8,00	23,80	17,30	0,03	0,52	0,00	85,91
Montacarga1.2	1,00	8,00	20,20	20,54	0,09	0,52	0,00	86,83
Montacarga1	2,00	16,00	44,00	18,79	0,06	0,52	0,00	86,37
Montacarga2.1	1,00	8,00	17,60	13,84	0,00	0,46	0,00	50,72
Montacarga2.2	1,00	8,00	6,40	37,45	0,41	0,46	0,00	50,17
Montacarga2	2,00	16,00	24,00	20,07	0,11	0,46	0,00	50,45
Operario1	1,00	8,00	20,00	19,04	0,14	0,00	0,00	79,92
Operario2	1,00	8,00	18,00	18,72	0,10	0,31	0,00	70,56
Operario3	1,00	8,00	16,00	0,67	0,00	0,33	0,00	2,22
Operario4	1,00	8,00	16,00	1,16	0,00	0,32	0,00	3,87
Operario5	1,00	8,00	16,00	1,33	0,00	0,35	0,00	4,42

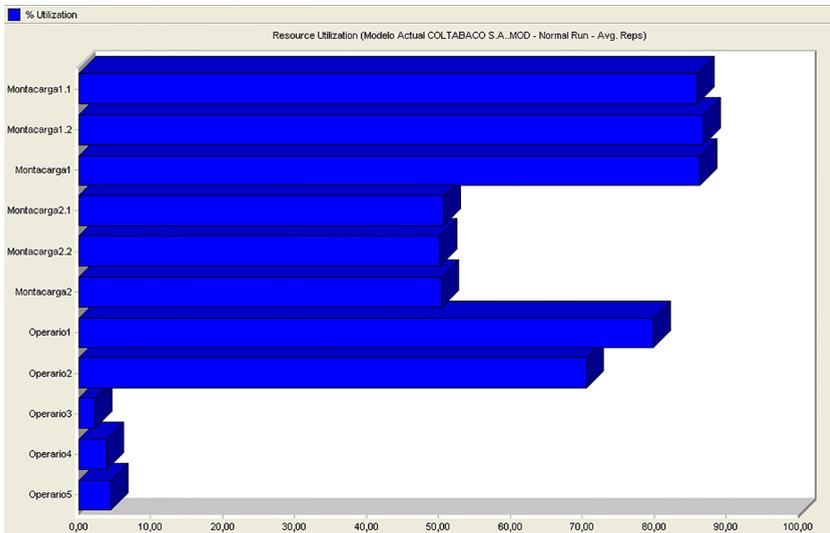
Fuente: Software Promodel® 7.

Según la figura 8, el montacargas 1.1 y el montacargas 1.2 fueron los recursos usados en mayor cantidad de veces (*Number Times Used*), teniendo concordancia con lo argumentado en el punto 2.5.1.3., ya que la locación de descargue, conforma una de las locaciones con mayor porcentaje de utilización y, por lo tanto, requiere utilizar más cantidad de veces sus recursos.

En general, los recursos obtuvieron buen porcentaje de utilización, indicando que están siendo aprovechados por las diferentes locaciones que los requieren. Sin embargo, el operario 3, el operario 4 y el operario 5 alcanzaron porcentajes de utilización muy bajos, lo cual debe replantearse al interior de la compañía para darles un mayor aprovechamiento o descartar alguno de ellos y no incurrir en costos por tiempo ocioso.

A continuación se muestra gráficamente los porcentajes de utilización alcanzados por cada uno de los recursos durante el proceso. (Ver gráfico 2).

Gráfico 2: Porcentaje de utilización de los recursos.



Fuente: Software Promodel® 7.

En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos de las variables empleadas en la simulación:

Figura 9: Resultados obtenidos de las variables.

Modelo Actual COLTABACO S.A..MOD (Normal Run - Avg. Reps)						
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
Cantidad Pallets Procesados	15,00	29,26	0,00	15,00	15,00	8,04
Cantidad Cajas Procesadas	9,00	51,22	0,00	9,00	9,00	3,39
Cantidad Hojas Procesadas	8,00	58,42	0,00	8,00	8,00	2,64
Cantidad Picadura Procesada	8,00	58,59	0,00	8,00	8,00	2,62
Cantidad Cigarillos Procesados	8,00	58,88	0,00	8,00	8,00	2,58
Cantidad Cajetillas Procesadas	8,00	59,21	0,00	8,00	8,00	2,53

Fuente: *Software Promodel*® 7.

Las variables incluidas en el modelo permiten contar el número de entidades que van siendo procesadas en cada una de las locaciones. Como se observa en la figura 8, fueron procesados 15 *pallets* y va disminuyendo gradualmente el total de las otras entidades que van pasando por las diferentes locaciones. Esto se debe básicamente a la complejidad en las operaciones del CEDIS, producción y el desconsolidado como se demostró en el numeral 2.5.1.2., ocasionando cuellos de botella que impiden el procesamiento total de las entidades que entran al sistema.

Según los resultados obtenidos del modelo actual de simulación en la empresa COLTABACO S.A., se observó que existen recursos con porcentajes de utilización muy bajos, lo cual genera sobre costos para la empresa y disminuye gradualmente la utilización de las locaciones.

Por lo anterior, se creó un escenario sin el operario 5, y redistribuyendo las operaciones de las locaciones EmpaquetadoCelfanado y DecenadoCartonado para el operario 4. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Figura 10: Resultados obtenidos de los recursos del escenario 1.

Escenario 1 COLTABACO S.A..MOD (Normal Run - Avg. Reps)								
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Montacarga1.1	1,00	8,00	23,80	17,30	0,03	0,52	0,00	85,91
Montacarga1.2	1,00	8,00	20,20	20,54	0,09	0,52	0,00	86,83
Montacarga1	2,00	16,00	44,00	18,79	0,06	0,52	0,00	86,37
Montacarga2.1	1,00	8,00	17,60	13,84	0,00	0,46	0,00	50,72
Montacarga2.2	1,00	8,00	6,40	37,45	0,41	0,46	0,00	50,17
Montacarga2	2,00	16,00	24,00	20,07	0,11	0,46	0,00	50,45
Operario1	1,00	8,00	20,00	19,04	0,14	0,00	0,00	79,92
Operario2	1,00	8,00	18,00	18,72	0,10	0,31	0,00	70,56
Operario3	1,00	8,00	16,00	0,67	0,00	0,33	0,00	2,22
Operario4	1,00	8,00	32,00	1,24	0,00	0,66	0,00	8,27

Fuente: *Software Promodel*® 7.

En la figura 10 se observa que el operario 4 pasó de utilizarse un 3.87% a un 8.27%. Aunque la variación es solo de un 4.4%, indica que las funciones desempeñadas por el operario 5 pueden ser asignadas también al operario 4, reduciendo costos a la empresa por tiempos ociosos de los recursos.

Es preciso aclarar que la cantidad de entradas al sistema no fue modificada (60 pallets por hora) y teniendo en cuenta este cambio, la cantidad de pacas decenadas y cartonadas fue la misma que en el modelo actual. Ver la figura 10.

Figura 1: Resultados obtenidos de las locaciones del escenario 1.

Escenario 1 COLTABACO S.A..MOD (Normal Run - Avg. Reps)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Descargue	8,00	2,00	16,00	31,24	1,04	2,00	2,00	52,07
CEDIS	8,00	2,00	14,00	54,67	1,59	2,00	2,00	79,73
Producción	8,00	2,00	12,00	67,76	1,69	2,00	2,00	84,70
Desconsolidado	8,00	8,00	10,00	56,24	1,17	3,00	1,00	14,65
ElaboraciónPicadura	8,00	8,00	9,00	37,13	0,70	1,00	1,00	8,70
ElaboraciónCigarrillo	8,00	8,00	8,00	1,00	0,02	1,00	0,00	0,21
EmpaquetadoCetol/anado	8,00	8,00	8,00	2,00	0,03	1,00	0,00	0,42
DecenadoCartonado	8,00	8,00	8,00	2,30	0,04	1,00	0,00	0,48

Fuente: *Software Promodel*® 7.

En la figura 11 se puede ver como el porcentaje de utilización de las locaciones se mantuvo estable en comparación con el modelo real.

Conclusiones

COLTABACO S.A., es una compañía del sector manufacturero que tiene definidos y estandarizados todos los procesos de la cadena de suministro, específicamente los pertenecientes al área de abastecimiento y producción. Sin embargo, hay puestos de trabajo con operaciones cuello de botella que impiden el funcionamiento esperado de la cadena logística. Este hecho se vio reflejado en locaciones como el CEDIS, producción y desconsolidado, en donde las entidades transcurrían cerca de 60 minutos siendo procesadas, lo que concentra gran porcentaje del esfuerzo de trabajo en dichas locaciones y genera tiempo ocioso de los recursos en los demás puestos de trabajo del modelo. De igual forma, esta situación genera una disminución gradual del total de entidades que entran al sistema y van siendo procesadas a medida que pasan por las diferentes locaciones, como se evidenció en el modelo, en donde llegan 16 *pallets* y salen únicamente 8 pacas de cajetillas decenadas y cartonadas. Lo anterior se traduce en costos de oportunidad que deja de percibir la empresa al no procesar el total de las entidades esperadas y no poder disponer de ellas para su venta final.

COLTABACO S.A. cuenta con ocho locaciones, comprendidas desde la cadena de abastecimiento hasta la planta de producción, en donde se procesa la materia prima para obtener como resultado pacas de cajetillas de cigarrillos. A su vez, estas locaciones disponen de ciertos recursos que son los que finalmente procesan las distintas entidades en el sistema. Según los resultados obtenidos por el modelo, dichos recursos alcanzaron buen porcentaje de utilización de forma general, sin embargo los operarios ubicados en los puestos de elaboración de cigarrillo, empaquetado y celofanado, y decenado y cartonado (operario 3, operario 4 y operario 5, respectivamente), obtuvieron muy bajo porcentaje de utilización; 2.22%, 3.87% y 4.42%. Esto se debe a la gran concentración de trabajo que existe en las primeras locaciones, dando espacio a mucho tiempo ocioso de dichos recursos y, finalmente, incurriendo en costos de mano de obra inservible.

El *software* Promodel es una herramienta de gran apoyo gerencial que permite no solo modelar el sistema actual de la compañía, sino analizar los datos arrojados, a través de indicadores porcentuales, gráficos, entre otros, en donde se pueda percibir el comportamiento de la materia prima que es procesada, los recursos empleados y los diferentes puestos de trabajo tenidos en cuenta. Lo anterior soportado obvia-

mente en una buena metodología de simulación que conlleve al reporte exitoso de los resultados obtenidos.

Recomendaciones

Con los resultados obtenidos en el *software* Promodel, fue posible inferir que el recurso operarios no se está utilizando de una manera óptima, ya que presentan gran diferencia en el porcentaje de utilización entre uno y otro. Por ello, al crear el escenario hipotético, se tomó la decisión de quitar el operario 5, pues se utiliza en un 3.87%, lo cual al correr el modelo y analizar los resultados se obtuvo que el nuevo porcentaje de utilización del recurso operario 4, es del 8.27, lo que indica que las funciones desempeñadas por el operario 5 pueden ser asignadas al operario 4 sin generarle sobre carga de trabajo, y a la vez se reducen los costos de mano de obra y de tiempos ociosos de los recursos. Además, esta reasignación de la carga laboral es posible ya que los operarios son polivalentes y se encuentran en capacidad de realizar cualquier actividad de los procesos de la cadena de abastecimiento y producción de la empresa COLTABACO S.A.

La principal materia prima del proceso de producción de COLTABACO S.A. son las hojas de tabaco, estas llegan en camiones y son almacenadas en contenedores ubicados en un centro de distribución en el primer piso de la empresa. Este lugar se encuentra por fuera de la planta, y tres pisos abajo del lugar en donde comienza el proceso productivo, por ello, es recomendable cambiar de lugar los almacenes de esta materia prima, a un lugar cercano al inicio del proceso, con el fin de minimizar el tiempo de transporte y manipulación de las hojas, lo que finalmente se refleja en mayores costos para la empresa.

Durante una de las visitas realizadas a la planta se observó que en los alrededores de algunas máquinas del proceso de elaboración de picadura y cigarrillo se encuentran visibles los cables de energía, que además son bastante gruesos y ocupan parte del espacio de las rutas que los operarios utilizan para desplazar los productos semielaborados de una locación a otra, esto puede causar accidentes y lesiones. Es recomendable crear tuberías de cables internas a la construcción de la planta para evitar situaciones indeseables.

Referencias

1. Ballou, R. H. (2006). Revenue estimation for logistics customer service offerings. *International Journal of Logistics Management*, The, 17(1), 21-37.
2. Colter, G. (2008). *Logística Internacional*. Recuperado el 16 de diciembre de 2011, de <http://www.logisticainternacional2008.es.tl/Campos-de-la-Logistica-Internacional.htm>
3. Fernández, J. D., Ceballos, J. A., & Restrepo, E. D. (2010). Guía metodológica para la aplicación de un modelo de simulación discreta en el sector del servicio automotriz, caso específico: Euroautos Ltda.-Renault Minuto. Medellín.
4. Fernández, J., Monsalve, A. & Ortiz, D. (2011). Propuesta de un modelo de simulación para un proceso de poscosecha: caso específico Inversiones Coquette. Medellín.
5. García, Á. & Mendoza, K. (2006). Monografía: Integración de la logística de entrada y de producción en la línea de litografía en Litoempaques S.A. Medellín: Universidad de Antioquia.
6. García, F. (2002). Tesis de Maestría. Análisis de las Cadenas de Suministros: Una descripción documental de la concepción de los sistemas de abastecimiento, producción, distribución y colocación final de productos. Universidad Anáhuac. Venezuela, Maestría en Ingeniería Industrial. 125 p.
7. García, F. A. (2007). Visión Gerencial: "Simulación de una cadena de suministros en el área farmacéutica". Recuperado el 25 de enero de 2011, de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25123/2/articulo4.pdf>
8. Guaita, & Gómez. (2008). Modelo de simulación para ensayar políticas operacionales en la cadena de suministros de madera-muebles. CITEQ. Argentina.
9. Vachon, S., & Klassen, R. D. (2002). An exploratory investigation of the effects of supply chain complexity on delivery performance. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 49(3), 218-230.
10. Velásquez. (2006). Modelación de cadenas de abastecimiento: Estudio de caso en el sector textil. *Revista Clépsida*, N. 43. Bogotá. Pp. 25-31.