

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DESPACHO EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN GESTIÓN DE PROCESOS Y SIMULACIÓN

Analysis of dispatch operation in a distribution center-based management processes and simulation

Fecha de recibo del artículo: Julio de 2011 - Fecha de aceptación: Septiembre de 2011

Rodrigo Andrés Gómez Montoya

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Programa de Administración de Empresas Agropecuarias.

Medellín, Colombia, ragomez@elpoli.edu.co

James Ariel Sánchez Alzate

Universidad Nacional de Colombia, Programa de Ingeniería Industrial. Medellín, Colombia, jasanchea@unal.edu.co

José Alexander Palacio Muñoz

Universidad Nacional de Colombia, Programa de Ingeniería Industrial. Medellín, Colombia, alexpalacio27@gmail.com

RESUMEN

Se utiliza el enfoque de gestión por procesos y simulación discreta como herramientas de análisis del desempeño y base para la mejora de la operación de despacho. Se desarrolla un enfoque coordinado de gestión por procesos y simulación discreta a nivel teórico, y se realiza una aplicación en el despacho de una empresa de fabricación y comercialización de almohadas, logrando analizar su desempeño actual utilizando simulación discreta. Este enfoque cuantitativo es replicable a centros de distribución (CED) de diferentes tamaños y sectores.

Palabras clave

Logística, centros de distribución, simulación, procesos y despacho.

ABSTRACT

We use the process management approach and discrete simulation and performance analysis tools and base to improve the shipping operation. We develop a coordinated process approach and discrete simulation on a theoretical level, and makes an application in the shipping of a company manufacturing and marketing of pillow analyze their actual performance achieved using discrete simulation. This quantitative approach is replicable a distribution centers (DC) of different sizes and sectors.

Keywords

Logistics, distribution center, simulation, process and shipping.

INTRODUCCIÓN

En la última década los centros de distribución (CEDI) han cobrado importancia en la logística, ya que se encarga de recibir, almacenar, preparar y despachar pedidos con los productos, lo cual impacta en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la eficiencia.

Dentro del CEDI, la operación de despacho es crítica, ya que ésta se encarga de verificar y preparar los productos que son enviados a los clientes. Además, se convierte en una relación con el proceso de transporte y distribución.

Por los motivos expuestos, el presente artículo tiene como objetivo desarrollar un enfoque basado en gestión por procesos y simulación discreta como herramientas de análisis del desempeño y base para la mejora de la operación de despacho, buscando su adecuado funcionamiento y control. Con esta orientación se pretende que profesionales, investigadores y personas interesadas en el tema conozcan e implementen técnicas de gestión y cuantitativas en los CEDI.

La metodología empleada utiliza información secundaria y primaria. La secundaria se obtiene de libros y revistas científicas relacionadas con CEDI, despacho, gestión por procesos y simulación. Dicha información es estudiada y se aplica en el diseño del enfoque metodológico para analizar el desempeño de la operación de despacho. La información primaria se recolecta de una empresa de fabricación y comercialización de almohadas y ropa de hogar en la cual se va aplicando y desarrollando el enfoque metodológico propuesto.

La estructura del artículo se divide en cinco apartes. Los primeros dos contienen una contextualización teórica de la operación de despacho en el CEDI, y la relación de la simulación y la gestión de procesos. En el tercer aparte se presenta la metodología utilizada, mientras que en el siguiente se describen los resultados y la discusión para finalmente establecer los resultados de la investigación.

OPERACIÓN DE DESPACHO EN EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

En el ámbito empresarial los centros de distribución (CEDI) han cobrado importancia por el impacto que estos tienen en la atención de los pedidos de los clientes y el uso adecuado de los recursos de la empresa [1], [2]. De otra parte, los CEDI se convierten en un proceso crítico en la coordinación de los procesos logísticos de producción, transporte y distribución, de allí la importancia de su adecuado diseño y mejoramiento continuo [3].

Un CEDI puede ser definido como un tipo de gestión de almacenes que permite recibir, acomodar, almacenar, preparar pedidos, despachos

y *crossdocking* con productos para atender los requerimientos de los clientes en el tiempo, costo, calidad y lugar planificados [3], [4].

La operación de despacho dentro del CEDI suele ser considerada como crítica, ya que ésta es el enlace con el proceso logístico de transporte y distribución, que posibilita realizar las entregas a los clientes.

El despacho es un proceso encargado de verificar el embarque que se va a transportar según referencias de productos, cantidad y calidad perteneciente a la gestión de almacenes que suele desarrollar procesos de consolidación y desconsolidación de cargas para introducir las en el medio de transporte [5], pesaje de las car-

gas para determinar los costos de transporte, preparación de la documentación y registro de la información en software logístico relacionado con el proceso [4], [7]. De otra parte, Tompkins [6] indica que en el despacho la unidad de carga de los productos es crítica para la eficiencia del proceso por lo que se debe intentar estandarizar a través de pallets, los cuales facilitan las operaciones.

Para gestionar los CEDI, y en específico la operación de despacho, existen diferentes estrategias y herramientas como la planeación, el control y seguimiento de indicadores, la gestión por procesos, entre otros, los cuales buscan que su funcionamiento se comporte de manera eficaz y eficiente.

Para el desarrollo del presente artículo se utiliza la gestión por procesos junto a la simulación como herramientas para la identificación y caracterización de la operación de despacho en el CEDI, con lo que posteriormente se plantean oportunidades de mejora orientadas al cliente y operaciones de una manera más eficiente. Con base en lo anterior, a continuación se relacionan de manera general los conceptos de gestión por procesos y simulación en el contexto del CEDI.

GESTIÓN POR PROCESOS Y SIMULACIÓN DISCRETA EN LA OPERACIÓN DE DESPACHO DEL CEDI

Este aparte tiene como objetivo contextualizar el uso de la gestión por procesos y la simulación discreta como herramientas de apoyo al rediseño de la operación de despacho en el ámbito de los CEDI.

Gestión por procesos en la operación de despacho en el CEDI

La gestión por procesos se concibe como un sistema conformado por un conjunto de operaciones y recursos orientados a satisfacer las necesidades de los clientes y operar eficientemente basándose en la administración y coor-

dinación de los objetivos e interacciones entre estos [8], [9].

El enfoque en procesos en el CEDI se fundamenta en el diseño, implementación o mejoramiento de componentes que se describen en la Figura 1.

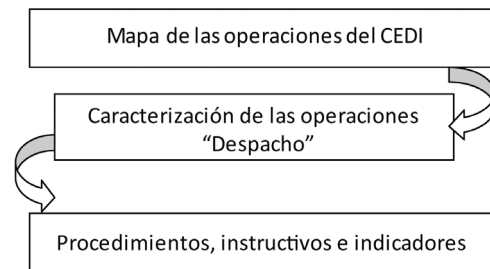


Figura 1. Esquema de gestión de procesos en el CEDI

Del esquema de gestión por procesos se puede indicar que el mapa incluye las diferentes operaciones como: recepción, acomodo, preparación de pedidos y despacho, incluyendo procesos de planeación maestra, mejoramiento continuo, gestión de recursos, equipos de manejo de materiales, personal, entre otros. Este mapa considera las interacciones de las operaciones y recursos en el CEDI.

Para cada una de las operaciones del mapa, se realizan caracterizaciones, las cuales se representan a través de una ficha o formato, que contiene objetivo, alcance, responsable, proveedor, cliente, entrada, salida, actividades, indicadores y recursos de cada una de las operaciones [10], [11].

En la etapa de resultados de este artículo se representa una ficha de caracterización para la operación de despacho del CEDI de la empresa en estudio, la cual permite establecer su estado actual, incluyendo los componentes descritos con anterioridad. Además, la caracterización de despacho no sólo facilita representar el estado actual, sino utilizarse como modelo conceptual de simulación, con el fin de estudiar oportunidades de mejora basándose en la utilización de herramientas cuantitativas.

Respecto a los procedimientos e instructivos,

éstos sirven para detallar cómo se desarrollan las actividades dentro de la operación de despacho caracterizada [9], [11]. Por su parte, los indicadores permiten controlar la operación, y orientarlo al adecuado uso de recursos y cumplimiento de objetivos de la operación [10].

Finalmente, se puede indicar que se utilizará la caracterización de la operación de despacho para representar su estado actual y como modelo conceptual de simulación para desarrollar alternativas de rediseño o mejora.

Simulación discreta en el CEDI

Según Obaidat y Papadimitriou [12] la simulación discreta es: "la imitación de la operación de un sistema, proceso u operación sobre el cual se realizan experimentaciones por medio de un modelo construido bajo medidas y políticas en estudio, con el fin de determinar oportunidades de mejora o definir características de diseño de procesos". Para Kosfeld y Quinn [13] la simulación discreta posibilita el estudio de alternativas o estrategias de mejora y diseño en la gestión de almacenes, sin cambios costosos e interrupción del sistema productivo actual, puesto que se basa en la imitación de la operación del sistema en un computador para determinar el efecto de los cambios propuestos sobre él.

En el presente artículo se utiliza la simulación discreta como una herramienta cuantitativa que permite representar y analizar el comportamiento actual de la operación de despacho, y evaluar alternativas de rediseño o mejora en sus políticas, actividades y recursos [11]. Adicionalmente, se considera un enlace entre la simulación y la gestión de procesos, a través del uso de la caracterización como modelo conceptual, lo cual sirve para mejorar las relaciones e interacciones entre las técnicas y herramientas utilizadas en la organización.

A través de una revisión exploratoria al estado del arte del uso de la simulación en la operación de despacho, se identifican propuestas en artículos científicos desarrollados por:

- Gagliardi [14], que desarrolla un modelo de simulación discreta para el mejoramiento de las operaciones de la gestión de almacenes de una gran empresa de snacks en los Estados Unidos, donde se incluye el despacho.
- Buil y Piera [15] desarrollan una metodología y un modelo de simulación discreta en el software Arena para rediseñar las operaciones de la gestión de almacenes, considerando restricciones de costos, calidad, tiempo de respuesta, entre otros.
- Greasley [16] construye un modelo de simulación discreta en 3D para diseñar el área de almacenamiento en las instalaciones de una empresa textil tomando como parámetro la estimación del inventario.

Se debe indicar que los artículos científicos revisados consideran el uso de la simulación en la operación de despacho de forma general dentro del CEDI, sin especificar el enfoque y propuestas puntuales que permitan su uso en el análisis, diseño y mejoramiento. Por estos motivos, el presente artículo puede considerarse como una contribución al estado del arte del tema por su enfoque en utilizar no sólo simulación sino su uso coordinado con la gestión por procesos.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo propuesto se utiliza una metodología que parte de la descripción de la empresa y el CEDI tomado como referencia, presentación de la caracterización y desarrollo de un modelo de simulación discreta en el software Rockwell Arena 12®. En la Figura 2 se presenta el esquema metodológico que se propone desarrollar.

Descripción de la empresa

La empresa que se toma como referente para desarrollar la investigación se dedica a la fabricación y comercialización de ropa de hogar y almohadas en el Valle del Aburrá y algunas regiones de Antioquia.

Descripción de la empresa	Descripción del CEDI, mapa de operaciones y caracterización del despacho
Metodología de simulación: formulación del problema, modelo conceptual (caracterización), modelo computacional y análisis de resultados	
Conclusiones	

Figura 2. Enfoque metodológico del uso de simulación en el análisis de la operación de despacho

En la actualidad la empresa produce y distribuye aproximadamente 2.000 almohadas y 1.500 juegos de ropa de hogar al mes.

Su sistema logístico se compone de las operaciones de abastecimiento, producción, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización; enfocándose principalmente a atender las necesidades del cliente al menor costo posible.

Mapa de operaciones y descripción general del CEDI con énfasis en la operación de despacho

La empresa cuenta con una planta de fabricación para sus almohadas y un CEDI adyacente cuyo principal objetivo es la consolidación de pedidos para distribuirlos hacia un mismo sector.

En el centro de distribución se consolidan las almohadas y juegos de ropa de hogar provenientes de la planta de fabricación adyacente, con los muebles que vienen de otras plantas de fabricación pertenecientes a empresas asociadas, de modo que los pedidos de los clientes puedan ser despachados integralmente y los procesos de distribución se realicen de manera eficiente.

El CEDI que se va a modelar y a analizar posee un área aproximada de 950 m², en el que se desarrollan las operaciones de recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho, y en el que se manejan aproximadamente 1.300 referencias entre almohadas y ropa de hogar (SKU's).

Este CEDI presenta un alto nivel de automatización respecto al manejo de la información, pero a su vez un nivel bajo para el movimiento de los productos, ya que sólo cuenta con transpaletas manuales, además de la mano de obra y unas cuantas escalera y estibas.

El personal del CEDI está compuesto por el administrador de la empresa, que a la vez es el encargado del área; el jefe de despacho, un operario para la recepción y acomodo, uno para la preparación de pedidos, un auxiliar de despacho y un cargador.

Respecto al enfoque en procesos en el CEDI, el mapa de operaciones para la empresa se presenta en la Figura 3.

De las diferentes operaciones, se puede indicar que en el CEDI en estudio, el despacho les permite verificar la calidad, cantidad y cumplimiento de los productos que se deben enviar a los clientes, preparar la documentación de transporte y garantizar las condiciones de la distribución para atender las necesidades de los clientes en las condiciones pactadas. En la Tabla 1 se presenta una descripción detallada de la operación a través de una ficha de caracterización de despacho.

Desarrollo de etapas de estudio de simulación aplicado al análisis del despacho

A continuación se procede a implementar las etapas para el desarrollo del modelo de simulación correspondiente a esta investigación.

- *Formulación del problema.* En la actualidad la empresa se encuentra interesada en analizar el comportamiento de la operación de despacho de manera cuantitativa, con el fin de establecer la necesidad de oportunidades de mejora que impacten en la satisfacción de las necesidades de los clientes y el adecuado uso de los recursos logísticos de la empresa midiendo la variable cantidad de almohadas despachadas.

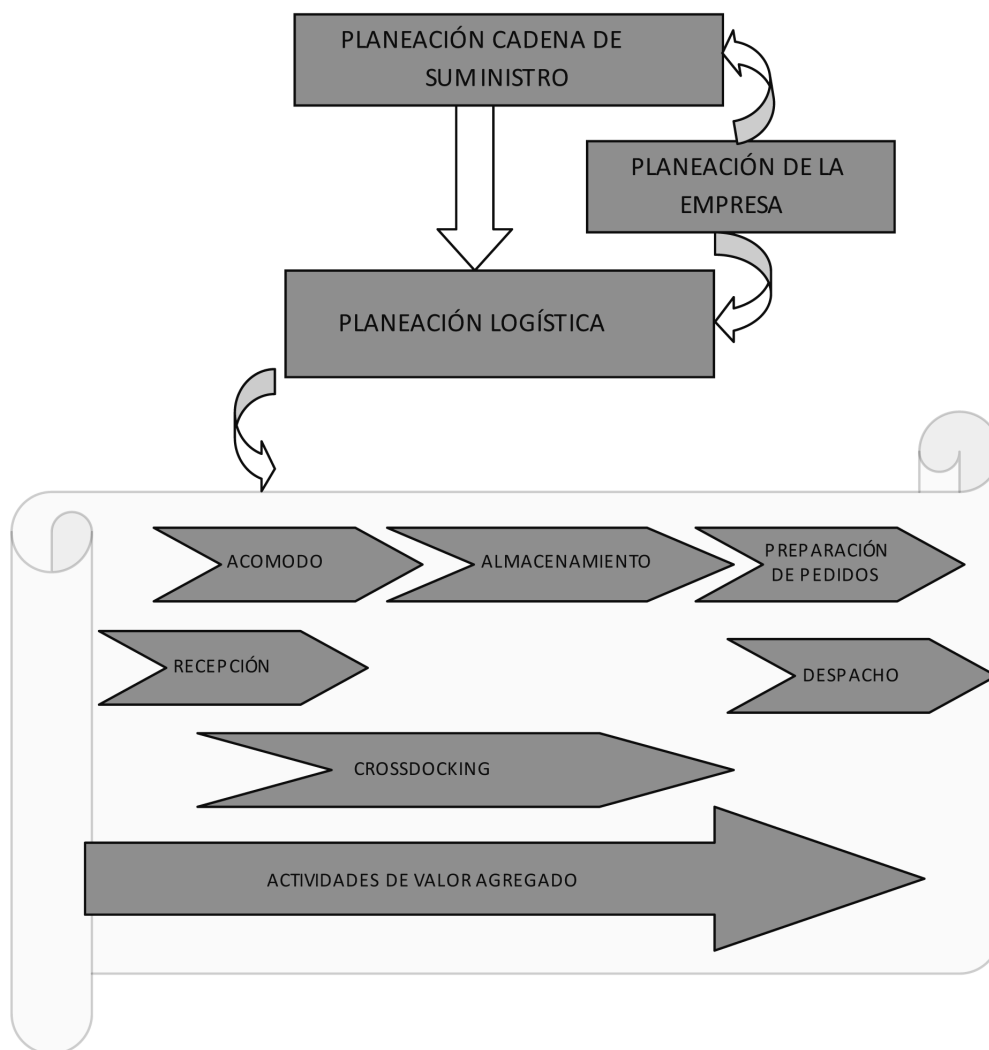


Figura 3. Mapa de operaciones de la empresa

- *Modelo conceptual:* El modelo conceptual de simulación se basa en la caracterización de la operación de despacho presentada en la Tabla 1, la cual contiene las actividades, recursos y relaciones.

Adicional a la caracterización, en este modelo conceptual se deben definir los siguientes elementos:

Entidades: Almohadas a despachar

Variables de entrada relacionadas con el despacho: a) Transporte de cargue (TC) (min), b) Registro del vehículo y mercancía a enviar (RVME) (seg), c) cargue del vehículo (CV) (min) y d) adjunte de factura (AF) (min).

Variable de salida: Cantidad de almohadas despachadas y utilización del recurso operario de despacho.

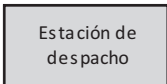
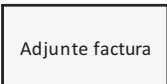
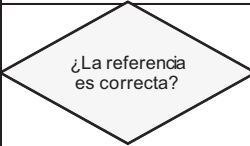
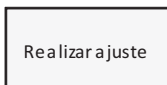
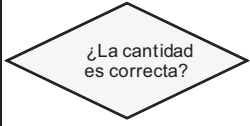
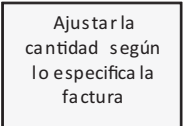
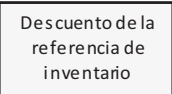
- *Modelo computacional:* Se implementa el modelo computacional de la operación de despacho en el software Arena 12®, el cual tiene un enfoque en procesos, basándose en la utilización de módulos de datos y lógicos que permite una adecuada representación. En la Tabla 2 y en la Figura 4 se presenta la traducción del modelo conceptual a computacional de la operación de despacho con una descripción detallada del nombre del módulo y explicación de su uso.

Tabla 1. Caracterización de la operación de despacho en CEDI de empresa de almohadas y ropa de hogar

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS				
Nombre del proceso: Despacho		Responsable: Operario de preparación de pedidos y encargados del cargue.		
Inicia: Al recibir los productos preparados y al arribo de los vehículos		Termina: Al salir el camión cargado		
Objetivo: Cargar y despachar los vehículos con los productos que serán distribuidos a los clientes.				
PROCESOS PROVEEDORES	ENTRADAS	ACTIVIDADES DEL PROCESO	SALIDAS	PROCESOS CLIENTES
Preparación de pedidos.	Almohadas preparadas para enviar al cliente	<p>Una vez los pedidos de los clientes están completos en el guaje de despacho, se procede a adjuntar su factura y verificar que esta contenga las referencias y cantidades correctas. En caso, de existir problemas se realiza el ajuste necesario.</p> <p>Antes de cargar los camiones, las almohadas ubicadas en el guajes de despacho se pasan por el portal de antenas de RFID donde se estos se descuentan del inventario y se registra como pedidos entregado</p> <p>En el momento que las almohadas se entregan a los encargados del cargue, el despachador registra en un formato electrónico la cantidad de productos a enviar y los datos de los vehículos que realizan el transporte</p> <p>Se realiza el cargue de los camiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> Almohadas cargadas Actualización de inventario de producto terminado y registro de transacciones 	Distribución
RECURSOS UTILIZADOS		Transpaleta manual Aplicativo informático de administración de almacenes Lector de RFID Guajes de despacho Camiones		

- Recolección de datos y distribuciones estadísticas:* Para cada una de las variables de entrada descritas con anterioridad, se utiliza la técnica de muestreo con tamaño de $n = 20$ obtenido con la prueba de Anderson y la toma de tiempos por cronómetro. Una vez se realiza la recolección, se procede al análisis de los datos obtenidos, mediante el software especializado Statgraphics®, que permitirá, a través de pruebas estadística de bondad ajuste, determinar si los datos tomados son suficientes y su tipo de distribución.
- Verificación:* La verificación del modelo fue realizada a través de comparar la caracterización de la operación de despacho y el modelo computacional realizado en Arena 12® buscando garantizar que este último permita medir el comportamiento y servir de base para evaluar alternativas de mejora. A partir de esta comparación se determinó que el modelo se comporta según lo planeado y se puede proceder a comparar su funcionamiento con el sistema real.

Tabla 2. Modelo computacional operación de despacho en Arena 12®

DESPACHO			
Actividades	Módulo en Arena	Explicación de uso	
O T E I A	Llegan las almohadas al lugar donde serán despachadas	Station 	Simboliza el lugar donde se realizará el despacho
O T E I A	Una vez los pedidos de los clientes están completos en el guaje de despacho, se procede a adjuntar su factura y verificar que esta contenga referencias y cantidades correctas	Process 	Se utiliza el módulo process, ya que implica una verificación por parte del operario de que cada producto corresponda a lo pedido
O T E I A	Se consulta si las referencias son correctas	Decide 	Se usa el módulo Decide, ya que permite tomar la decisión de pasar la almohada a la próxima verificación o se debe realizar algún ajuste
O T E I A	En la situación de algún problema con las referencias se procede a realizar el ajuste	Process 	Este módulo es un proceso, ya que el operario se toma un tiempo para resolver el problema.
O T E I A	Se consulta si las cantidades son correctas	Decide 	Se usa este módulo ya que permite tomar la decisión de pasar el artículo a la próxima verificación tarea o se debe realizar algún ajuste
O T E I A	En la situación de algún problema con las cantidades se procede a realizar el ajuste	Process 	Este módulo es un proceso, ya que el operario se toma un tiempo para resolver el problema.
O T E I A	Se procede a pasar las almohadas por el portal RFID para descontar los productos del inventario	Process 	Este módulo es un proceso, ya que el operario se toma un tiempo para realizar esta actividad

Sigue...

Tabla 2. (Cont.)

Actividades		Módulo en Arena	Explicación de uso
O	En el momento en que las almohadas se entregan a los encargados del cargue, el despachador registra en un formato electrónico la cantidad de productos a enviar y los datos de los vehículos que realizan el transporte	Process	Se utiliza este módulo ya que esta actividad requiere un registro de cada producto antes de ser cargado a los camiones
T			
E			
I			
A			
Actividades		Módulo en Arena	Explicación de uso
O	Una vez elaborado el registro, el producto se traslada a la zona de cargue	Route	Se utiliza este módulo, ya que permite el traslado de la zona de despacho a la zona de cargue
T			
E			
I			
A			
Actividades		Módulo en Arena	Explicación de uso
O	Llegan las almohadas al lugar donde serán cargadas	Station	Simboliza el lugar donde se realizará el cargue de los productos
T			
E			
I			
A			
Actividades		Módulo en Arena	Explicación de uso
O	Se realiza el cargue de los camiones	Process	Se utiliza el módulo process, ya que requiere que el operario cargue los camiones.
T			
E			
I			
A			
Actividades		Módulo en Arena	Explicación de uso
O	Envío de las almohadas	Dispose	Se utiliza este módulo para indicar que la entidad sale del sistema
T			
E			
I			
A			

La verificación se apoyó en la realización de entrevistas con el personal que labora allí para escuchar sus opiniones y verificar que hubieran sido tenidas en cuenta. Los resultados obtenidos a partir de este procedimiento fueron que el modelo se adapta correctamente al funcionamiento del CEDI.

- *Validación del modelo.* En esta etapa se hizo la prueba de reproducción del comportamiento donde se comparó el comportamiento del modelo computacional de simulación de despacho con la operación

real considerando como indicador cantidad de almohadas despachadas/día. En el modelo real se despachan 130 almohadas, y en el computacional el resultado fue de 126 en promedio, en 15 corridas realizadas, por lo cual se considera adecuado.

A partir de los resultados obtenidos de la validación del modelo y su comparación con el sistema real, se puede indicar que éste es válido y puede utilizarse para analizar su comportamiento actual y servir para evaluar oportunidades de mejora.

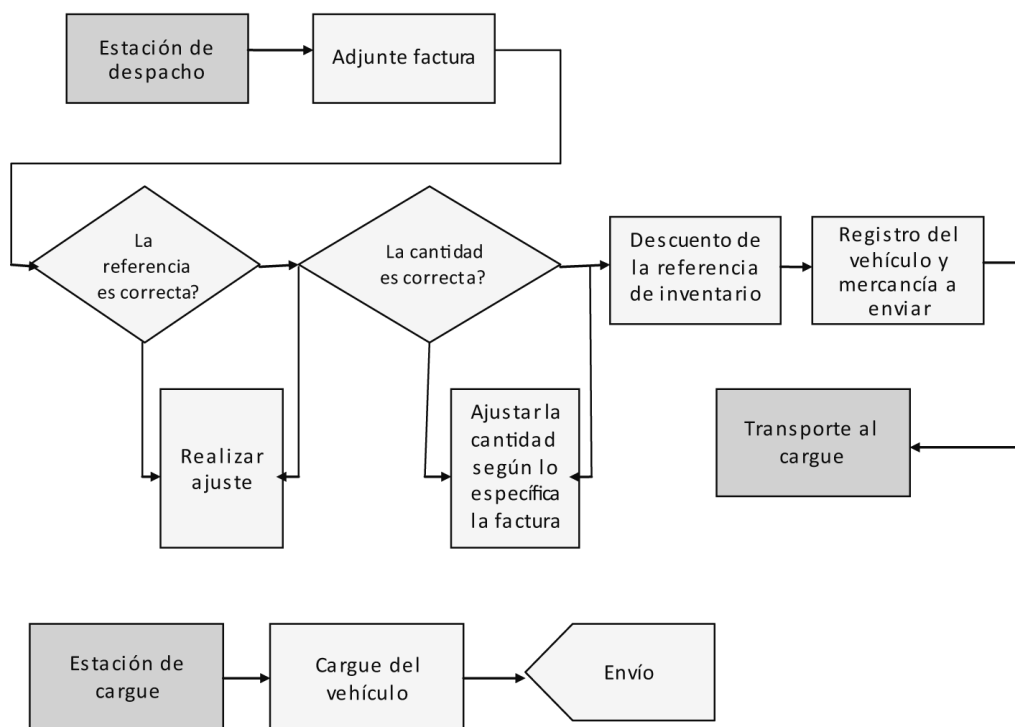


Figura 4. Esquema de modelo de simulación en Arena 12® de la operación de despacho

Tabla 3. Tiempos de las actividades de la operación despacho

Actividad	Media	Desviación estándar
Adjunte de factura (AF) (min)	1,50	1,11
Registro del vehículo y mercancía a enviar (RVME) (seg) Distribución	10,10	1,23
Cargue del vehículo (CV) (min) Distribución	1,50	0,60
Transporte de cargue (TC) (min)	1,20	0,43

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la operación de despacho modelada se simulan 30 corridas con una duración de 8 horas cada una, ya que el horario de funcionamiento es de lunes a sábado de 7:00 a. m. a 3:00 p. m., con operación continua, es decir, el horario de almuerzos y pausas de los operarios se efectúa de manera programada.

Los resultados generados por el software Rockwell Arena 12®, realizadas las 30 réplicas, son:

- Se puede indicar que en la actualidad la empresa se encuentra despachando en promedio 129 almohadas por día, lo cual permite atender las necesidades de los clientes. En la Figura 5 se presenta el reporte entregado por el software de simulación.

Replication Start Time 00:00 Stop Time 8 Times Units: Hours
Counter

Count	Value
Almohadas despachadas	129.00

Figura 5. Reporte de almohadas despachadas, según Arena 12®

- Respecto a la utilización del recurso operativo de despacho, de la Figura 6 se puede indicar que éste actualmente tiene una capacidad programada (*Number Scheduled*) diaria de ocho horas, es decir 100% del tiempo. De esta capacidad se está utilizando un 60.59%, lo que equivale a cinco horas y media aproximadamente de ocupación en sus actividades. Este resultado conlleva a concluir que se puede aumentar la capacidad en las actividades del despacho sin necesidad de contratar más personal.

Operario de despacho	
Count	Value
Number Scheduled	10.000
Scheduled Utilization	0.6059
Instantaneous Utilization	0.6059
Number Busy	0.6059

Figura 6. Utilización del operario de despacho

Con las condiciones actuales de la operación de despacho, se puede inferir que ésta puede aumentar su capacidad de funcionamiento, ya que el recurso crítico que es el operario se encuentra operando a un 61% por día. De otra parte, la reprogramación de este recurso junto al equipo de manejo de materiales que es la transpaleta puede conllevar a que se incremente la cantidad de almohadas despachadas por día, lo cual puede considerarse como información base para que se rediseñe la estrategia de mer-

cadeo, ventas y logística buscando un aumento de cobertura de mercado.

Adicionalmente, se señala la importancia de la simulación como herramienta del estado actual y comportamiento de la operación de despacho, sin tener que recurrir a la experimentación física.

CONCLUSIONES

Se puede indicar que la gestión por procesos y la simulación discreta utilizadas en el análisis del despacho en el CEDI no sólo son un enfoque que hace parte de la agenda de investigación actual del tema, sino que también pueden considerarse como herramientas útiles para aumentar las capacidades de modelamiento y apoyo a la toma de decisiones, buscando la mejor utilización de los recursos y la orientación al cliente.

Al analizar la operación de despacho de almohadas en la empresa en estudio, se identifica la importancia de la gestión por procesos y la simulación discreta, ya que la primera permite una identificación y descripción de su objetivo, alcance, actividades y recursos detallados. Por su parte, la simulación sirvió para analizar su desempeño actual respecto a la cantidad de almohadas despachadas y utilización del recurso crítico como es el operario, llegándose a la conclusión de que éste se está empleando en un 61% aproximadamente, lo cual ofrece un margen para aumentar la capacidad de la operación.

Finalmente, como trabajo futuro, se pretende aumentar la capacidad de análisis con simulación y gestión por procesos utilizando herramientas como el *lean manufacturing* (manufactura esbelta) y diseño de experimentos, que permitan fortalecer la capacidad de análisis buscando decisiones que fomenten la eficiencia y la eficacia.

REFERENCIAS

- [1] R. Ballou. *Business Logistics management*. The United States: Prentice Hall. 2004.
- [2] A. Brewer, K. Button and D. Hensher. *Handbook of Logistics and Supply-chain Management*. The United Kingdom: Emerald Group Publishing. 2001.
- [3] H. Min. *Application of a decision support system to strategic warehousing decisions*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol. 39. No. 4, pp. 270 - 281.
- [4] E. Frazelle y R. Rojo. *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá: Grupo Editorial Norma. 2006.
- [5] A. Hamdan and J. Rogers. "Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations". In: International Journal of Production Economics, Vol. 113, No. 1, (2008), pp. 235 - 244.
- [6] J. Tompkins and D. Harmentlink. *The Supply Chain Management Handbook*. The United States: Tompkins Press. 2004.
- [7] P. Baker and M. Canessa. "Warehouse design: A structured approach". In: European Journal of Operational Research, Vol. 193 (2009). pp. 425 - 436.
- [8] Y. Payaprom, M. Bennett, E. Alabaster and H. Tantipong. "Using the Health Action Process Approach and Implementation Intentions to Increase Flu Vaccine Uptake in High Risk Thai Individuals: A Controlled Before-After Trial". In: Health Psychology, Vol. 30, No. 4, (jul. 2011), pp. 492 - 500.
- [9] J. Pérez. *Gestión por procesos*. España: ESIC. 2009.
- [10] S. Hackman et al. *Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach*. Journal of Productivity Analysis. Vol. 16 (2001). pp. 79 -100.
- [11] R. Gómez y A. Correa. *Mejoramiento de la recepción en una empresa de colchones utilizando simulación y diseño de experimentos*. Revista Lallista de Investigación. Vol. 8, No. 1 (julio 2011). pp. 68 - 81.
- [12] M. Obaidat and G. Papadimitriou. *Applied system simulation: methodologies and application*. Massachusetts: Springer. 2003.
- [13] M. Kosfeld and T. Quinn. *Use of dynamic simulation to analyze storage and retrieval strategies. Proceedings of the 31st conference on Winter simulation*. Phoenix (1999), pp. 736 - 774.
- [14] J. Gagliardi, J. Renaud and A. Ruiz. *A simulation model to improve warehouse operations*. Simulation Conference 2007 Winter (2007) pp. 2012 - 2018.
- [15] R. Buil and M. Piera. *Warehouse redesign to satisfy tight supply chain management constraints*. WSEAS Trans. Info. Sci. and App. Vol 5, No. 3 (2008), pp. 286 - 291.
- [16] A. Greasley. *Using simulation for facility design: A case study*. Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 16, No. 6 (2008). pp. 670 - 677.