



Simulación Discreta para el Proceso de Recolección de Órdenes de Pedido, Aplicado en un Centro de Distribución de Productos de Vidrio

Discrete Simulation for the Order Picking Process, Applied in a Glass Products
Distribution Center

Jessika Rodríguez-Sánchez^a, Juan Ceballos-Corral^a, Margarita Gil Samaniego-Ramos^{a,*}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali

*Corresponding author: margarita.gil.samaniego.ramos@uabc.edu.mx

Resumen— En éste estudio el objetivo es mostrar de forma detallada el desarrollo y análisis de un modelo de simulación discreta. Desde la construcción del modelo conceptual, la programación, hasta lograr la validación. El modelo de simulación es aplicado para analizar el proceso de recolección de órdenes de pedido en un centro de distribución de vidrios para el sector automotriz. La simulación se realizó utilizando la metodología del profesor Antoni Guasch y el software Promodel. Este documento muestra la utilidad de la simulación como una herramienta para el análisis de los procesos logísticos y la ayuda en la toma de decisiones.

Palabras Claves— Simulación, Centro de distribución, Picking, Promodel.

Abstract—In this study, the objective is to show in detail the development and analysis of a discrete simulation model, from the construction of the conceptual model, programming, to achieving validation. The simulation model is applied to analyze the order collection process in a glass distribution center for the automotive sector. The simulation was carried out using the methodology of Professor Antoni Guasch and the Promodel software. This document shows the usefulness of simulation as a tool for the analysis of logistics processes and helps in decision-making.

Keywords—Simulation, Distribution center, Picking, Promodel.

I. INTRODUCCIÓN

LA empresa del caso práctico de aplicación solo almacena producto terminado (vidrio para el sector automotriz) y lo distribuye. En éste estudio nos enfocamos en explicar los pasos necesarios para la construcción y validación del modelo de simulación analizando el proceso de recolección de órdenes (picking), ya que está directamente relacionado con el tiempo de viaje que le toma a un operario en recoger los productos de una orden, y está en función creciente a la distancia que debe recorrer, por lo que se considera una

actividad que "no crea valor" y es el primer candidato para mejorar en los procesos logísticos de un centro de distribución [1].

En la logística de los centros de distribución (CEDIS), con el fin de servir a los clientes, es común que las empresas tiendan a aceptar la mayor cantidad de órdenes de pedido y por lo tanto el tiempo para su expedición se reduce [2].

Generalmente, en los centros de distribución, se desarrollan las operaciones de recepción, acomodo y almacenamiento de productos provenientes de los proveedores o la fábrica, los cuales, posteriormente son

preparados y consolidados para atender los pedidos de los clientes con el fin de satisfacer sus necesidades y garantizar una operación eficaz [3], [4]. Adicionalmente, se emplean recursos como tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's) [5]. Así como en este estudio se emplea la simulación de eventos discretos, ésta se define como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado [6].

En la literatura científica de Baker y Canessa; Gu, Goetschalckx y McGinnis y Gómez [7], [8], [9], describen que la simulación discreta puede ser utilizada para apoyar decisiones de diseño y mejoramiento de las operaciones y recursos de la gestión de almacenes o centros de distribución ofreciendo la capacidad de imitar diversos escenarios que contribuyan a que la empresa opere a menores costos y satisfaga las necesidades de los clientes.

II. METODOLOGÍA

El desarrollo del estudio de simulación se basa en la metodología propuesta por el profesor Antoni Guasch (2005) [10].

La cual se define por los siguientes pasos:

A. Descripción del problema

El proceso de picking del CEDIS de vidrios es complejo, se necesita tener mucho cuidado al manipular el producto debido a su fragilidad para lo cual se sigue rigurosamente un procedimiento, que si no se hace con eficiencia, la operación se vuelve tardada, generando cuellos de botella, obstrucción de pasillos, tráfico de montacargas, mala distribución del almacén etc. Todo esto retrasa la salida del pedido y una mala maniobra, un mal empaque puede ocasionar que el producto llegue quebrado a su destino, lo cual implica una mala calidad en el servicio y la pérdida de confianza de los clientes.

Los vidrios se recolectan en cajas de madera y se toman de alguno de los siguientes estantes:

- Open Picks P1 (más demandado).
- Side Load P2 (menos demandado).
- Templados P3 (producto más frágil).

Actualmente está asignado un operador para realizar la recolección de pedidos y un segundo operador encargado de cerrar cajas.

B. Diseño del modelo conceptual.

En la figura 1 se muestra la distribución física del sistema y en la figura 2 con un diagrama de flujo se describe el proceso de picking del CEDIS.

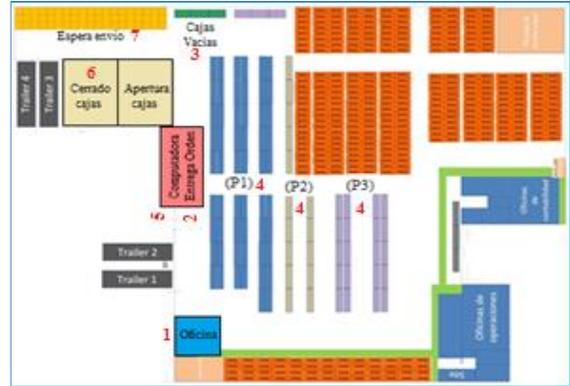


Fig. 1. Distribución física del CEDIS

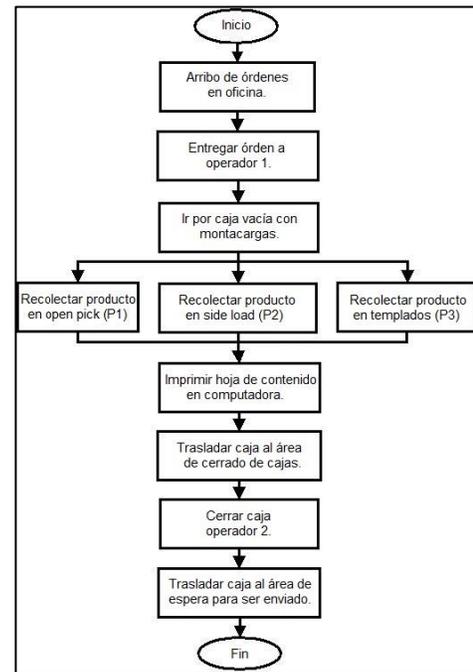


Fig. 2. Diagrama de flujo del proceso de picking

III. RESULTADOS

Se realizó una toma de muestras de tiempo con cronómetro a los componentes aleatorios del proceso de picking, los datos obtenidos se procesaron utilizando la herramienta Stat-Fit (software estadístico que incluye Promodel) para ajustarlos a las distribuciones de probabilidad adecuados. En la figura 3 se muestra un ejemplo de los tiempos del componente (recolectar producto en caja) siendo procesados con la herramienta Stat-Fit y los resultados obtenidos para cada uno de los demás componentes aleatorios ya procesados se muestran en la tabla 1.

4. Calcular el número de réplicas necesarias

$$n = \left(\frac{\left(t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \right) (S)}{(\%e)(\mu)} \right)^2 \quad (1)$$

$$n = \left(\frac{(2.7764)(2.54)}{(0.15)(35.10)} \right)^2 = 1.79$$

Por lo tanto con 5 réplicas es suficiente.

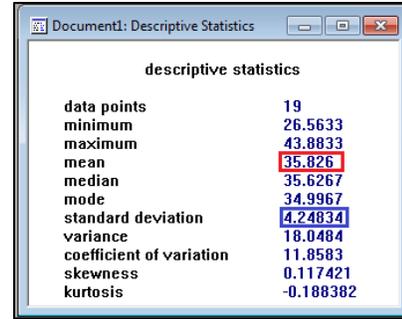


Fig. 7. Resultados del sistema real.

5. Obtener el intervalo de confianza

$$E = t_{n-1} \frac{\alpha}{2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

$$E = 2.7764 * \frac{2.54}{\sqrt{5}} = 3.15$$

$$IC = media \pm Error \quad (3)$$

$$Tiempo de Ciclo = 31.95 \leq TC \leq 38.25 \text{ (min)}$$

C. Verificación y validación

En esta sección se concluye en base a una comparación de los resultados obtenidos del modelo de simulación contra el proceso real del centro de distribución, si la simulación es aceptada o rechazada. Es decir, se realiza una sencilla comparación estadística entre parámetros y se determina si el modelo se comporta lo más parecido a la realidad.

Se consiguieron los datos del tiempo de ciclo completo del sistema real de picking del archivo histórico del CEDIS. Se tomaron 3 muestras de 19 días diferentes y se registraron como se muestra en el ejemplo (ver tabla 3), después se obtiene la media y la desviación estándar como se muestra en la figura 7.

Tabla 3. Ejemplo de cómo tratar los datos del sistema real

METRICOS PICKING				
DIA	FECHA	MUESTRA	TIEMPO CICLO	MEDIA
1	10/09/15	1	39.11	37.0233
		2	34.31	
		3	37.65	
2	29/09/15	1	34.03	33.7867
		2	39.53	
		3	27.8	

Ya que contamos con los datos reales del sistema y los datos de la simulación, se realiza una prueba de hipótesis de diferencia de medias siguiendo estos pasos: [12]

1. Se establece el parámetro a analizar. En éste caso es la diferencia de los promedios del tiempo de ciclo del proceso de picking para el sistema real (μ_1) y para el modelo de simulación (μ_2) (Ver tabla 4).

Tabla 4. Datos del sistema real y simulado

Sistema Real	Modelo de Simulación
n1= 19	n2= 5
$\mu_1 = 35.826$	$\mu_2 = 35.10$
S1= 4.24	S2= 2.54

2. Plantear la hipótesis nula y la alternativa.
 - Ho: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
 - H1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
3. Establecer el nivel de significancia. Es el riesgo máximo que el experimentador está dispuesto a correr por rechazar Ho indebidamente (error tipo 1). Para este trabajo se estableció el nivel de significancia como $\alpha = 0.05$
4. Calcular el valor del estadístico de prueba. El estadístico de prueba es "Z" ya que se conocen las desviaciones estándares de las poblaciones. En éste caso la región crítica está en dos colas teniendo en cuenta la hipótesis alternativa planteada.

$$Z = \frac{(\mu_1 - \mu_2) - do}{\sqrt{\left(\frac{S1^2}{n1}\right) + \left(\frac{S2^2}{n2}\right)}} \quad (4)$$

$$Z = \frac{(35.826 - 35.10) - 0}{\sqrt{\left(\frac{4.24^2}{19}\right) + \left(\frac{2.54^2}{5}\right)}}$$

$$Z = 0.48$$

- Determinar la región crítica. Para lo cual se buscan los valores críticos en la tabla de distribución normal y posteriormente se elabora la gráfica y se ubica el valor estadístico encontrado (ver figura 8).

La región crítica es la siguiente:

$$Z < -1.96 \text{ y } Z > 1.96$$

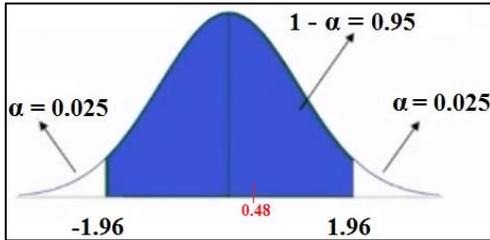


Fig. 8. Gráfica de la región crítica.

El valor de 0.48 se encuentra dentro de la región de confianza. Por lo tanto, la decisión es aceptar la hipótesis nula H_0 y rechazar H_1 . Se comprueba que la simulación funciona correctamente conforme a las especificaciones del modelo conceptual.

IV. CONCLUSIÓN

Es fundamental que el programador como primera acción tenga buen conocimiento del sistema real que va a modelar, que visite físicamente las instalaciones y se tome el tiempo de observar la operación para comprender muy bien su estructura, esto ayuda a realizar un mejor diseño conceptual que sirva de guía para la construcción del modelo de simulación.

Se observó que la investigación de campo para la colección de los datos de entrada fue la etapa que requirió la mayor cantidad de tiempo invertido con una duración de 6 meses.

Las técnicas estadísticas se usan durante toda la simulación, pero son imprescindibles en la etapa de validación debido a que es necesario conocer hasta qué punto el modelo representa bien la realidad y si no es así, conocer en qué procesos falla y a qué son debidos, pues no se debería comenzar una previsión futura antes de ser validado el modelo. En este estudio concluye que el modelo de simulación es una representación válida y real del CEDIS.

Se recomienda como trabajo a futuro experimentar con el modelo proponiendo y modelando 3 alternativas de posible solución al problema y por medio de un diseño de experimentos seleccionar la opción más óptima.

V. REFERENCIAS

- [1] Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. Warehouse & Distribution Science, 2002. Disponible en: <http://www2.isye.gatech.edu/~spyros/courses/IE6202/Fall-2002/Bartholdi-Hackman.pdf>
- [2] Martín Darío Arango Serna, Julián Andrés Zapata C. y Jorge Isaac Pemberthy. Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. Revista #32 de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 2010, p. 54-61.
- [3] Baker. P. y Halim. Z. An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 12, 129 – 138, 2007.
- [4] Frazelle. E. Almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial. Norma. 2001.
- [5] Correa A, Gómez R Y Cano J. Gestión de Almacenes y Tecnologías de Información y Comunicaciones. Estudios Gerenciales, Vol. 26, 147-173, 2010.
- [6] Eduardo García Dunna, Heriberte García Reyes y Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón. Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel. Pearson 2006.
- [7] Baker P. y Canessa M. Warehouse design: A structured approach. European Journal of Operational Research, Vol 193 425-436, 2009
- [8] Gu.J, Goetschalckx M. y McGinnis L. Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. European Journal of Operational Research, Vol 203, 539-549, 2010.
- [9] Gómez R. Desarrollo de modelo para apoyar el diseño o mejoramiento de las operaciones y recursos de la gestión de almacenes basados en simulación discreta y diseño experimental. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 2010.
- [10] Antoni Guasch. Miquel Ángel Piera. Josep Casanovas. Juame Figueroas. Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Alfaomega grupo editor S.A de C.V. Primera edición. México D.F. 358. 2005.
- [11] Charles R. Harrell, Biman K. Ghosh, Royce O. Bowden. Simulation using Promodel. Second edition McGrawhill 2004, p. 526
- [12] Humberto Gutierrez Pulido y Román de la Vara Salazar. Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición McGrawhill 2008, p. 20-49.

Este estudio fue financiado por los autores. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright © 2018 Jessika Rodríguez Sánchez, Juan Ceballos Corral, Margarita Gil Samaniego Ramos



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales.

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)