



Revista UIS ingenierías

ISSN: 1657-4583

ISSN: 2145-8456

Universidad Industrial de Santander

Ortiz, Sol Jarlín; Paredes-Rodríguez, Andrés Mauricio  
Evaluación sistémica de la implementación de un sistema de gestión de almacenes (WMS)  
Revista UIS ingenierías, vol. 20, núm. 4, 2021, Octubre-Diciembre, pp. 145-160  
Universidad Industrial de Santander

DOI: <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-2021012>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553772639012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNEN  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Evaluación sistémica de la implementación de un sistema de gestión de almacenes (WMS)

## Systemic evaluation of a warehouse management system (WMS) implementation

Sol Jarlín Ortiz <sup>1a</sup>, Andrés Mauricio Paredes-Rodríguez <sup>1b</sup>

<sup>1</sup> Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. Correos electrónicos: <sup>a</sup> sortizmonca@uniminuto.edu.co, <sup>b</sup> aparedesrod@uniminuto.edu.co. Orcid: <sup>a</sup> 0000-0001-5862-3372, <sup>b</sup> 0000-0001-9196-9965.

Recibido: 29 diciembre, 2020. Aceptado: 17 junio, 2021. Versión final: 16 julio, 2021.

### Resumen

En la actualidad, la ejecución de tareas de inventario y el alistamiento de pedidos dentro de una bodega son actividades que tienen una alta representación en los costos logísticos de una compañía, por tanto, cualquier decisión que se tome para aumentar la productividad y disminuir el tiempo de ejecución de estas operaciones es relevante para la alta gerencia, y su implementación debe analizarse pensando en la sostenibilidad financiera de la estrategia a largo plazo. En el presente estudio se evalúa el impacto financiero que tiene la implementación de una herramienta de gestión de almacenes (conocida también como WMS) en una empresa que se dedica a la distribución de artículos ferreteros al detal y al por mayor. Con ayuda de la herramienta dinámica de sistemas se logra evaluar el efecto que genera la implementación del proyecto, teniendo en cuenta las variables que afectan directa e indirectamente el flujo de caja de la empresa objeto de estudio. A través de la simulación realizada se logra concluir que el proyecto de gestión de almacenes tiene un incremento en el flujo de caja de la compañía en un lapso de cinco años, no obstante, los resultados solo son válidos si la alta gerencia se compromete a fortalecer los procesos de capacitación de los empleados y realizar una mayor inversión en tecnología que permita obtener procesos logísticos más rápidos y eficientes.

**Palabras clave:** sistema de gestión de almacenes; dinámica de sistemas; logística; control de inventarios; ferretería; WMS; costos logísticos; decisión.

### Abstract

Currently, the execution of inventory tasks and order preparation within a warehouse are activities that have a high representation in the logistics costs of a company. Therefore, any decision made to increase productivity and decrease delivery time is needed. The execution of these operations is relevant to senior management and its implementation must be analyzed with a long-term financial sustainability of the strategy in mind. This study evaluates the economic impact of a warehouse management tool implementation (also known as WMS) in a company dedicated to the distribution of retail and wholesale hardware items. With the help of the dynamic systems tool, it is possible to evaluate the effect generated by the implementation of the project, considering the variables that directly and indirectly affect the cash flow of the company under study. Through the simulation carried out, it is possible to conclude that the warehouse management project has increase the company's cash flow in a period of five years. However, the results are only valid if senior management agrees to strengthen employee training processes and make a greater investment in technology that allows for faster and more efficient logistics processes.

**Keywords:** warehouse management system; system dynamic; inventory control; logistics; hardware store; WMS; logistics costs; decision.

## 1. Introducción

La logística se ha convertido en una operación muy importante e indispensable para las empresas, al gestionar el movimiento de flujo de bienes, servicios e información, desde el punto de origen al punto de consumo [1]. Hoy en día, debido a la competitividad del mercado, el éxito de las compañías depende de los niveles de eficiencia de los procesos implementados; entre estos, se destacan aquellas actividades logísticas relacionadas con la gestión del almacén [2].

Para las compañías que conforman una cadena de abastecimiento, la precisión de los datos de inventario puede ser crucial para las operaciones de almacén, la planificación de producción y la gestión de inventarios [3]. El principal problema relacionado con el flujo logístico en la gestión de almacenes radica en la dificultad que tiene el usuario para localizar un producto, ya que se requiere mucho esfuerzo para realizar la búsqueda de forma manual [4]. Asimismo, la separación de los procesos de alistamiento y empaque de un sistema de gestión de almacén generalmente trae búferes de almacenamiento adicionales y un tiempo de operación relativamente más largo [5].

Como solución a este inconveniente, surgen los sistemas de administración de almacenes (WMS), como herramientas que se utilizan para gestionar las operaciones diarias de compras, ingreso, alistamiento y despacho en los centros de distribución, con el objetivo de garantizar una alta confiabilidad del inventario y una mejor utilización de los recursos (operarios y montacargas) dentro de las instalaciones.

A continuación se presentan algunos estudios relevantes sobre la implementación de proyectos de gestión de almacenes en el ámbito empresarial. Los datos se recopilaban del almacén de un proveedor líder de servicios de telecomunicaciones en Jordania.

Anas M. Atieh *et al.* [6] investigan el impacto de un sistema de gestión de almacén en el rendimiento de la cadena de suministro, el cual proporciona una menor utilización de recursos y un sistema de gestión de inventario más eficiente y confiable.

Con este documento, los autores logran definir una guía práctica para la implementación de sistemas de gestión de almacenes, a la vez que logran identificar una brecha entre la teoría y la práctica, relacionada con la implementación de este tipo de sistemas; lo anterior valida la pertinencia de la presente investigación, al

demostrar los efectos financieros a largo plazo en una empresa ferretera, gracias a la ejecución de un sistema de administración de almacenes.

En [3] se desarrolla un algoritmo de selección dentro de un sistema de gestión de almacenes, con el propósito de buscar una solución óptima que permita una manipulación de artículos con seguimiento RFID, bajo reglas predefinidas de prioridad de artículos en un pedido. Asimismo, en [5] se desarrolla un algoritmo híbrido para generar una secuencia de alistamiento para combinar las operaciones de *picking* y empaque. El algoritmo incluye tres elementos: selección de contenedores, configuración de carga y secuencia de recolección. El algoritmo se implementó en un sistema de gestión de almacén genérico, con la función de preparación de pedidos secuencial propuesta para una fábrica de té en el centro de Taiwán, con el objetivo de demostrar la eliminación de los búferes de almacenamiento y la reducción del tiempo de operación.

Mohammadehsan Torabizadeh *et al.* [7] describen un método para identificar y ponderar indicadores que evalúan la sostenibilidad en un sistema de gestión de almacenes utilizando modelos de ecuaciones estructurales. Los autores realizan una revisión exhaustiva de la literatura y aplican una serie de encuestas mediante cuestionario en las que participan expertos en el campo, con el fin de proponer una lista de 33 indicadores clave, que los responsables de la formulación de políticas pueden utilizar para evaluar el rendimiento de un sistema sostenible de gestión de almacenes.

En [8] se discute la aplicación de un sistema de gestión de almacenes automatizado, donde se busca predecir la aparición de cuellos de botella, convirtiendo el sistema de gestión de almacenes en un experto con toda la experiencia integral necesaria, lo que ayuda a reducir significativamente los costos financieros del inventario excesivo y prevenir la posibilidad de escasez de ciertos productos. Por el contrario, en este artículo se busca realizar el análisis del impacto financiero que tiene en el futuro la implementación de un proyecto WMS en una empresa del sector ferretero; para ello se utilizará la herramienta dinámica de sistemas, ya que permite realizar evaluaciones a largo plazo del comportamiento de un sistema, teniendo en cuenta todas las variables y parámetros que rigen su comportamiento [9].

En la actualidad, las pequeñas y medianas empresas del sector ferretero carecen de un sistema de control de inventarios que les permita conocer los productos almacenados en sus centros de distribución con un alto grado de confiabilidad [10], lo que genera dificultades no

solo a la hora de la atención al cliente final, sino también pérdidas financieras, averías de productos y robos dentro de los almacenes. El WMS surge como un sistema informativo que apoya la planeación, ejecución y control de procesos a través de funciones, tales como recepción, almacenamiento, administración de inventarios y procesamiento de órdenes [11].

El caso de investigación se realizará en una mediana empresa comercializadora al por mayor y al detal de materiales y herramientas para la construcción, remodelación, taller e industria, la cual actualmente se encuentra en la fase de implementación de un proyecto de gestión de almacenes (WMS).

La empresa objeto de estudio maneja un portafolio de más de 7000 referencias, lo que complejiza en muchas ocasiones el alistamiento de los productos en los centros de distribución, ya que no se conoce con exactitud la ubicación de estos en el almacén; esto genera retrasos en el cargue de vehículos y, por ende, una afectación en la atención al cliente.

Hace algunos años, esta empresa presentó un aumento en la rotación de personal, lo que ocasionó que, al tener trabajadores inexpertos y con poco conocimiento en productos ferreteros, se incrementaran las devoluciones por entrega de productos erróneos y los procesos de alistamiento se hicieran aún más demorados; esto afectó el servicio al cliente y tuvo un impacto directo en los ingresos de la compañía por una baja en las ventas. Esta situación llevó a la gerencia a implementar una herramienta de gestión de almacenes conocida como WMS (Warehouse Management System).

Se debe tener en cuenta que la decisión para la implementación del WMS fue tomada por la alta gerencia de la compañía objeto de estudio, a partir de un análisis de impacto financiero poco riguroso, tomando como referencia casos exitosos de ejecución de esta herramienta en grandes centros de distribución, donde se han logrado disminuir los costos de operación y, a la vez, ofrecer una mejor atención al cliente final.

El problema radica principalmente en que la empresa desconoce el impacto financiero, que a largo plazo traerá la implementación de este sistema de administración de almacenamiento. Por esto, se plantea como metodología de análisis la dinámica de sistemas, entendiendo que esta herramienta permite simular a un futuro los efectos que pueden causar ciertas decisiones que se toman en el presente.

Este documento se encuentra estructurado como se presenta a continuación: en el apartado 2 se realiza el planteamiento del problema, el inciso 3 presenta la metodología a utilizar en el estudio y en la sección 4 se muestran el diagrama causal, el diagrama de Forrester y los principales resultados obtenidos luego de la simulación. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones y futuras investigaciones.

## 2. Metodología

Se ha demostrado en diferentes casos de estudio que la herramienta dinámica de sistemas, a través de diferentes variables, muestra un resultado aproximado del comportamiento del sistema, el cual ayuda a una organización en la toma de decisiones en el presente para evitar resultados negativos en el futuro [12].

La decisión de analizar el efecto que tiene la implementación de un sistema de gestión de almacenes (WMS) se da por el interés en establecer una estrategia que permita a las compañías evaluar financieramente y a largo plazo sus proyectos, para poder determinar la factibilidad de estos en un futuro, ya que, en muchas ocasiones, las empresas toman decisiones importantes, que influyen en sus esquemas de operación, basadas solo en la intuición o en casos de estudio similares.

En [13] se analizan los beneficios económicos, en términos de rentabilidad, que se tendrían al implementar una estrategia de fidelización de clientes dentro de una empresa comercializadora de productos agrícolas; se muestra que efectivamente la dinámica de sistemas entrega unos resultados de simulación que ayudan a la toma de decisiones.

Es necesario tener en cuenta que no es la primera vez que la dinámica de sistemas se ha utilizado como metodología para evaluar el impacto que tiene la implementación de proyectos en contextos empresariales. Por ejemplo, [14] evaluaron, con ayuda de la herramienta dinámica de sistemas, el impacto en costos logísticos y nivel de servicio que tenía la implementación de un proyecto de flexibilidad de volumen en la cadena de suministro de productos perecederos. Asimismo, como una extensión de ese estudio se presenta una aplicación práctica a una cadena de suministro distribuidora de papaya en el norte del Valle del Cauca [15].

Por otra parte, en [16] se realiza la aplicación de un modelo de dinámica de sistemas para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de rumiantes de bajos insumos. El sistema construido se basa en nueve indicadores para describir el comportamiento del sistema durante un período de diez años, agrupados como ecológicos (materia orgánica del suelo, disponibilidad de agua y suministro de biomasa), económicos (productividad del ganado, oferta de trabajo e ingresos familiares) y sociales (capacitación de los agricultores, atributos de credibilidad de los sistemas de pastoreo de rumiantes e igualdad de género). Los resultados de las simulaciones del modelo se utilizaron para calcular los valores del índice para posteriormente evaluar la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de rumiantes con bajos insumos

Para la aplicación de la dinámica de sistemas se sigue la metodología presentada en la figura 1, donde inicialmente se construyó el diagrama causal, el cual evidenciaría la relación de todas las variables que intervienen en el sistema y ayuda a tener una visión más amplia y clara de la realidad. Luego, se elaboró un diagrama de Forrester, donde se pretende cuantificar las relaciones expresadas previamente en el diagrama causal. En esta fase se ingresaron datos e información referente a la implementación del proyecto en la compañía. Por último, se realizó la simulación, analizando los principales resultados encontrados.

### 2.1. Fase 1: elaboración de diagrama causal

Los diagramas causales son herramientas específicas de modelado de la dinámica de sistemas; abordan el sistema como un todo a través de la simulación, mostrando la influencia que tiene un subsistema sobre los demás [17]. En este diagrama, el sistema y sus relaciones están representados por medio de flechas acompañadas de un

signo (+ o -) entre cada una de las variables, lo que indica la influencia que tiene una sobre otra. El signo “+” quiere decir que si hay un cambio en la variable de origen de la flecha, tendrá una influencia del mismo sentido en la variable de destino. El signo “-” quiere decir que la relación de las dos variables tendrá un efecto inverso, independientemente de que la variable de origen arranque en positivo o en negativo.

### 2.2. Fase 2: construcción de diagrama de Forrester

Después de elaborar los diagramas causales se procede a elaborar los diagramas de Forrester para la respectiva simulación. Los diagramas de Forrester proporcionan una representación gráfica de los sistemas dinámicos, modelando cualitativamente las relaciones entre las partes, mediante símbolos que corresponden a una interpretación dinámica del sistema [17]. A través de este se puede observar el comportamiento y la evolución de las distintas variables, para así poder realizar el análisis del impacto financiero que tiene la implementación de la herramienta a futuro.

### 2.3. Fase 3: simulación

La simulación es un proceso que busca imitar el comportamiento de las distintas variables en la realidad, con el propósito de entender su comportamiento y poder realizar experimentos que permitan extraer conclusiones como soporte para la toma de decisiones [18].

## 3. Resultados

### 3.1. Diagrama causal

En el diagrama causal se involucran algunas de las variables más importantes a las cuales afecta la implementación de la herramienta.

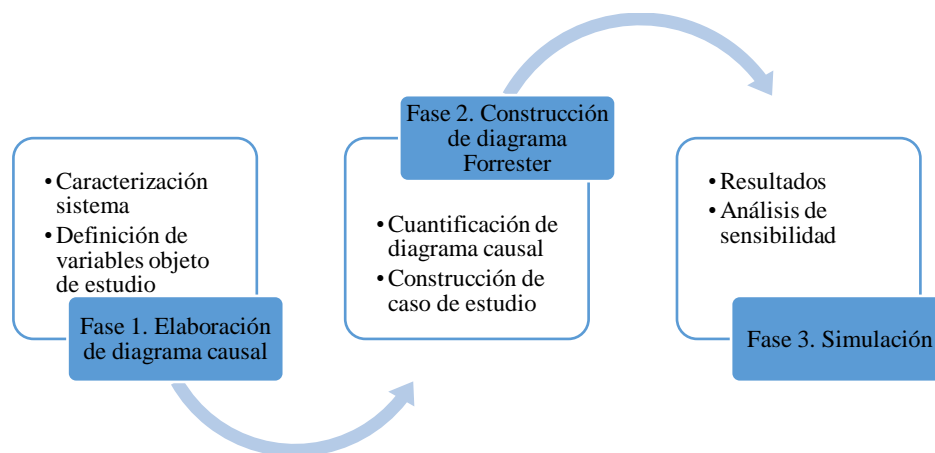


Figura 1. Metodología de implementación de la dinámica de sistemas en evaluación de proyectos.

En la **figura 2** se muestra una parte del diagrama donde el grado de implementación del sistema WMS tiene una influencia positiva en sus variables consecuentes.

Es decir, mientras el grado de implementación del sistema WMS aumente, mayor será la trazabilidad de pedidos, confiabilidad en el inventario y confiabilidad en la ubicación de productos. Estas dos últimas tienen un efecto incremental en la variable de inversión necesaria.

Ocurre un efecto inverso en la rotación del personal, pues a mayor grado de implementación del sistema, la rotación del personal va a disminuir, lo cual es un efecto positivo, ya que cuando hay mayor rotación de personal, se requerirá hacer más procesos de capacitación, por ende, se asumirá un mayor costo asociado a la contratación de empleados. Otras variables que también requieren de una mayor inversión a medida que el grado de implementación de la herramienta aumenta son el incremento de la tecnología avanzada y el soporte necesario.

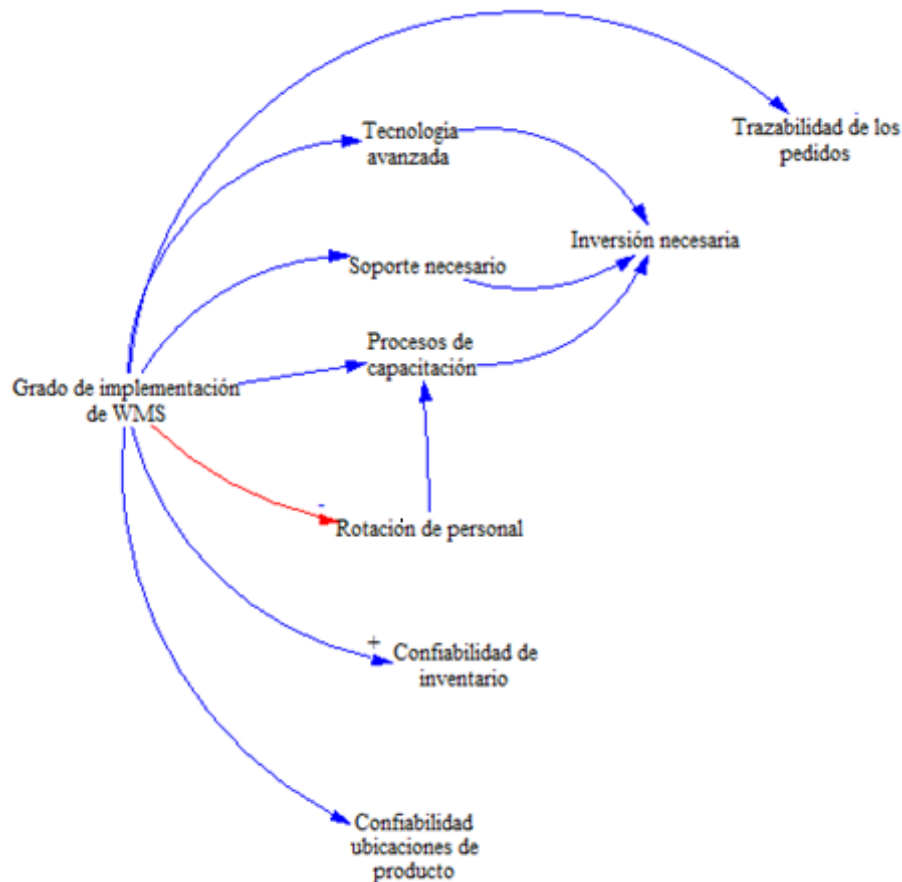


Figura 2. Diagrama causal - grado de implementación del sistema WMS.

En la **figura 3** se puede observar que cuanto mayor es la confiabilidad del inventario, hay menos devoluciones. Asimismo, cuanto mayor es el número de devoluciones, el nivel de servicio tiende a disminuir. Adicionalmente, existen dos costos que intervienen también en el número de devoluciones, donde a mayor número de productos devueltos por el cliente por errores logísticos, mayores serán los costos por reproceso y los costos por avería, trayendo consigo una disminución en el flujo de caja.

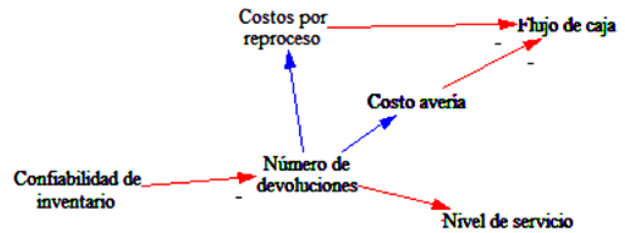


Figura 3. Diagrama causal - efecto de las devoluciones en el flujo de caja.



En la **figura 4** se muestra cómo el flujo de caja se puede ver afectado directamente por variables como costo de reprocesos, costo por averías, inversiones necesarias, costo de nómina y costo de transporte; esto se debe a la poca organización logística de una empresa en el tema de inventarios, por esta razón existen herramientas como el WMS que entra a solucionar y corregir este tipo de variables. La variable que tiene un efecto positivo en el flujo de caja son los ingresos por venta.

En la **figura 5** se muestra el efecto de los tiempos de alistamiento en los ingresos por venta y, a su vez, en el flujo de caja. Cuanto mayor sea el tiempo de alistamiento en la bodega, mayor será el tiempo de despacho,

provocando así un efecto negativo en el nivel de servicio. Cuando el nivel de servicio mejora, las ventas también lo hacen, trayendo así mayores ingresos por venta y mayor número de pedidos para alistar en bodega. Cuando el tiempo de despacho es menor, los pedidos para alistar también serán menores y el nivel de servicio será mayor. Es necesario tener en cuenta que a medida que la rotación de personal sea menor, el tiempo de alistamiento se reduce. Asimismo, a medida que la confiabilidad de las ubicaciones del producto sea mayor, más fácil será para el bodeguero encontrar el producto, y, por ende, el tiempo de alistamiento disminuirá. El diagrama causal completo se presenta en la **figura 6**.



Figura 4. Diagrama causal - efecto de los costos e ingresos sobre el flujo de caja.

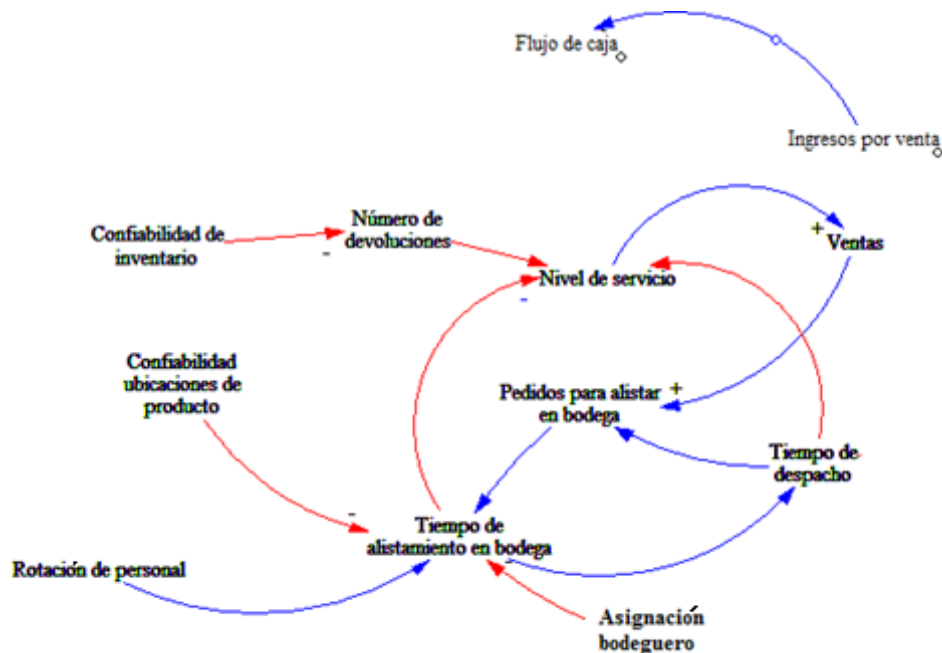


Figura 5. Diagrama causal - efecto del tiempo de alistamiento en el flujo de caja.

### 3.2. Diagrama de Forrester

En la **figura 7** se puede observar que el inventario tiene una tasa fija de entrada (la cantidad comprada), siempre y cuando el inventario esté agotado o por debajo de cierta cantidad. Este inventario también se alimenta de la cantidad de devoluciones que realicen los clientes, la cual depende de un porcentaje tanto de devoluciones como de

las ventas. Algún porcentaje de las devoluciones se reprograma, generando así costo de reprocesos. También hay una salida de inventario que tiene que ver con las ventas y con los productos averiados; todo producto averiado depende de la cantidad de devoluciones y del porcentaje de averías. Este producto averiado genera un costo que junto con el costo de reproceso afectan directamente al flujo de caja.

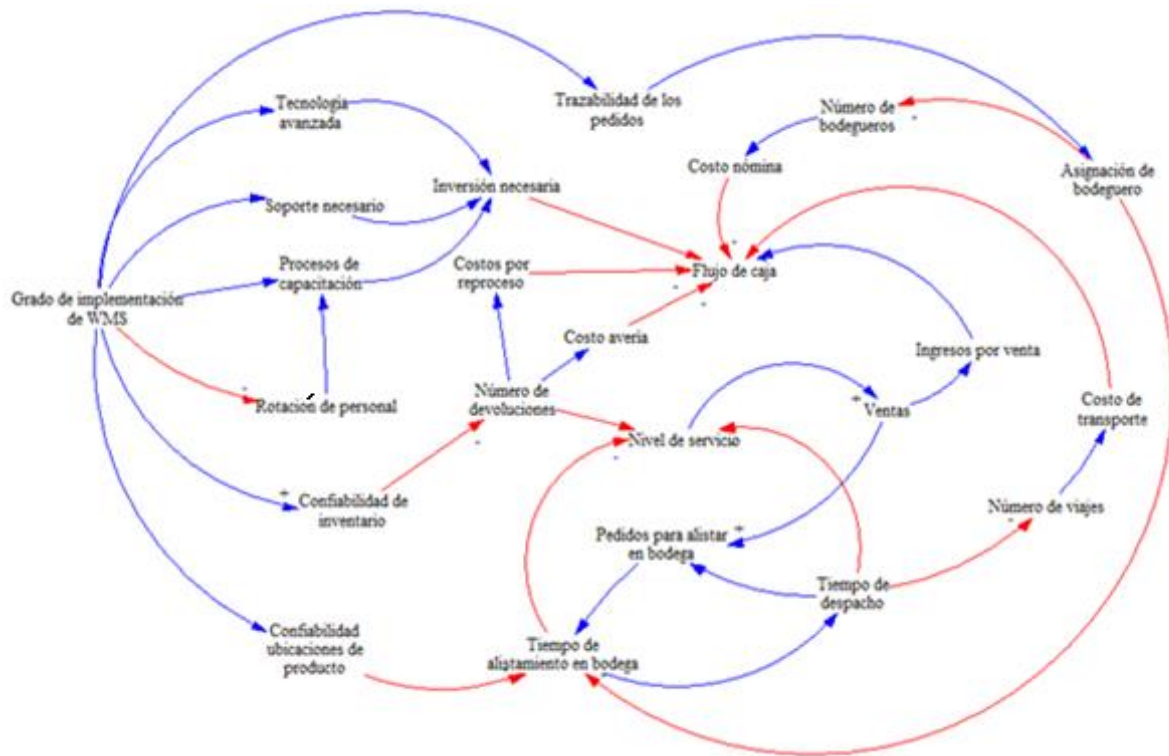


Figura 6. Diagrama causal completo.

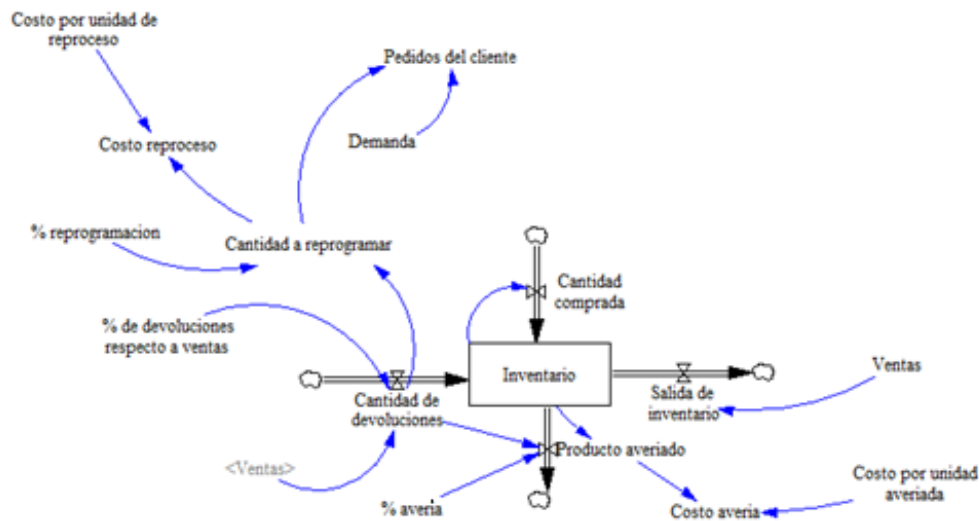


Figura 7. Diagrama Forrester - Sistema de control de inventario.



Los pedidos de los clientes provienen de una demanda y de la cantidad a reprogramar de las devoluciones, como se puede observar en la **figura 8**. Estos pedidos se convierten en ventas, dependiendo del tiempo de alistamiento y el tiempo de despacho, y generan un nuevo costo: el transporte, el cual a su vez depende del número de viajes por el costo de flete de cada viaje. A partir del volumen de ventas y de la capacidad de vehículo, se puede calcular el número de viajes.

La cantidad de los bodegueros se ve afectada por la contratación y el despido. Hay una variable que se tiene en cuenta que es el tiempo de aprendizaje de los bodegueros nuevos; el WMS aumenta la tasa de

aprendizaje del personal, por lo que una mayor cantidad de bodegueros se encontrarán capacitados y ayudarán a que el tiempo de alistamiento promedio de los pedidos disminuya. El costo de nómina depende tanto del personal capacitado como del personal sin capacitar por el costo por bodeguero (véase **figura 9**).

La **figura 10** muestra el esquema del flujo de caja, el cual tiene como entrada los ingresos por venta; la salida son los costos totales: costo de avería, costo de reprocesos, costo de transporte, costo de nómina, costo de inventario y el valor de la inversión. En la **figura 11** se presenta el diagrama Forrester general.

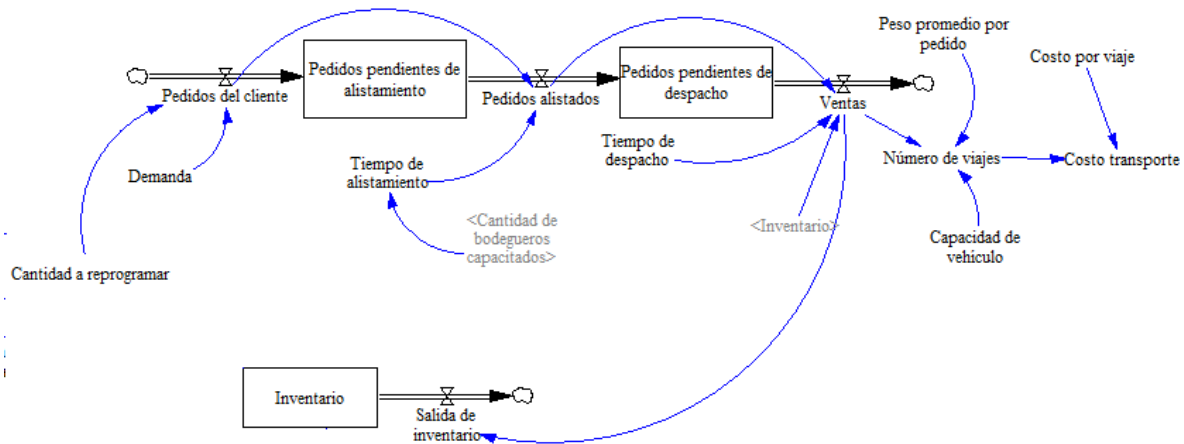


Figura 8. Diagrama Forrester - sistema de entrega de pedidos.

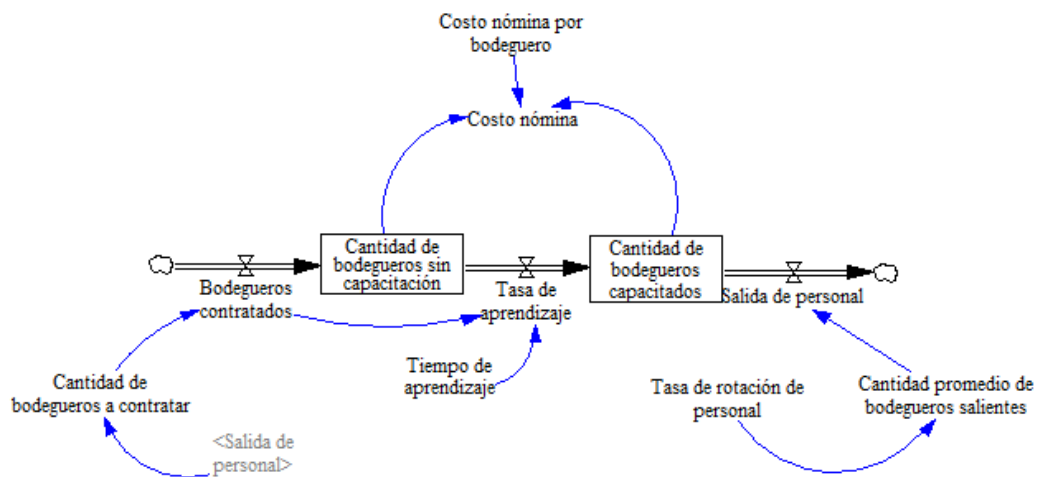


Figura 9. Diagrama Forrester - tasa de aprendizaje de bodegueros.



Figura 10. Diagrama Forrester - esquema de flujo de caja.

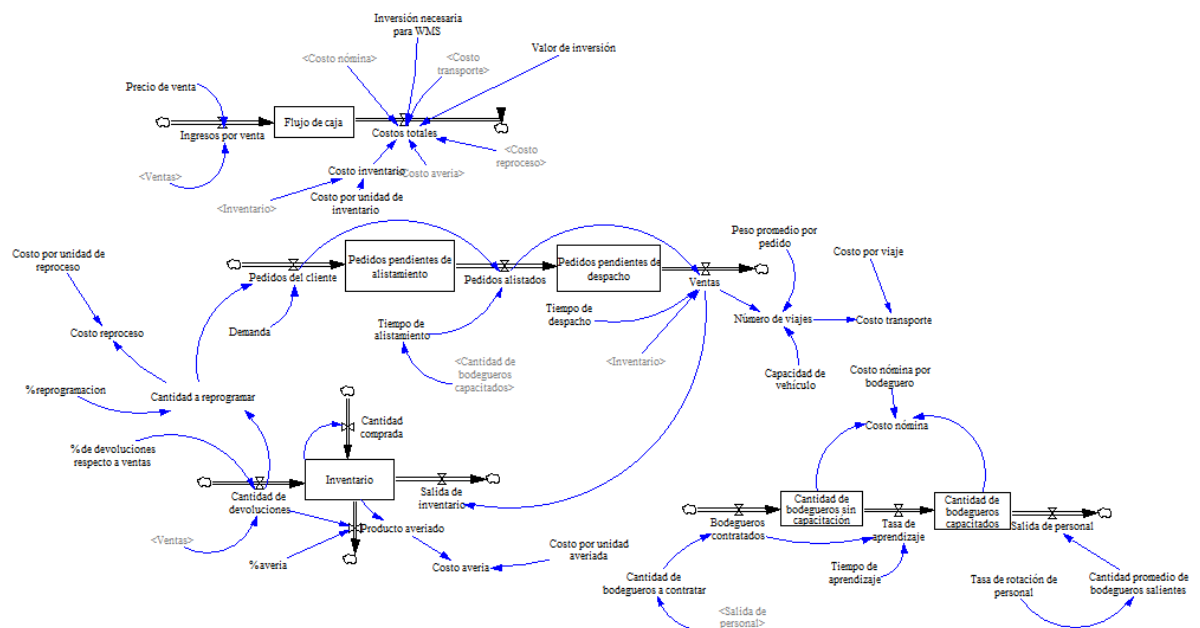


Figura 11. Diagrama forrester completo.

### 3.3. Simulación

Para la simulación del modelo se utilizan los datos que se muestran en la [tabla 1](#). Se debe tener en cuenta que estos datos son tomados de la información adquirida antes y después de la implementación de la herramienta WMS en la empresa, con el fin de obtener una comparación entre los dos modelos.

Después de la simulación se procede a evaluar los resultados obtenidos. En las gráficas presentadas a continuación se observa el factor principal a analizar: el impacto financiero que tiene la implementación de esta herramienta.

Tal como se puede ver en la [figura 12](#), el flujo de caja obtenido a largo plazo es mayor cuando la empresa ha implementado el WMS en comparación con el escenario de funcionamiento tradicional (sin WMS). El incremento aproximado gracias a la implementación de la herramienta se estima en 80 millones de utilidad adicionales, lo que refleja un aumento del 25 % comparado con un escenario donde no se implementa el sistema de gestión de almacenes.

Asimismo, se observa que, en los primeros meses de implementación del modelo, el flujo de caja tiene un impacto positivo, pese a que hay una curva negativa al inicio debido al valor de la inversión en la herramienta, pero que se recupera a lo largo de los días debido a otros factores que también mejoran con el tiempo.

Los costos totales, por otra parte, tienen un aumento mínimo con la implementación del WMS, a diferencia del modelo sin WMS, como se puede observar en la figura 13, pero que recuperan con otras variables como los ingresos por ventas.

Uno de los costos que influye en el flujo de caja es el costo por reproceso, que se obtiene de la multiplicación del costo por unidad de reproceso y la cantidad de devoluciones a reprogramar. Tal como se puede observar en la figura 14, con la implementación del WMS este costo promedio es mínimo, entre los 3 mil y 12 mil pesos, mientras que sin el WMS este costo es mayor y varía

entre los 80 mil y los 120 mil pesos. Este es uno de los datos con un cambio significativo que muestra la simulación.

Otro de los costos que disminuye notablemente con la implementación del WMS es el costo por averías, ya que uno de los objetivos principales que tiene esta herramienta es permitir una gestión organizada de las tareas dentro de la bodega y llevar un seguimiento del inventario, de esta forma, la cantidad de producto averiado va a disminuir, tal como se muestra en la figura 15.

Tabla 1. Datos utilizados para la simulación del diagrama de Forrester

Datos	Con WMS	Sin WMS
Valor inversión	\$ 100.000.000	\$ 0
% reprogramación de pedidos	2 %	20 %
% devoluciones	5 %	25 %
% averías	5 %	25 %
Tasa de aprendizaje (días)	15	45
Rotación de personal (días)	60	15
Costo por reproceso	\$ 12.000	\$ 12.000
Costo por unidad averiada	\$ 25.000	\$ 25.000
Costo diario por el bodeguero	\$ 35.000	\$ 35.000
Costo por viaje	\$ 300.000	\$ 300.000
Capacidad vehículo (kg)	5.000	5.000
Peso promedio pedido (kg)	300	300
Costo por unidad de inventario	\$ 5.000	\$ 5.000
Precio de venta	\$ 45.000	\$ 45.000
Tiempo alistamiento (horas)	4	8
Tiempo despacho (días)	1	1
Demanda	Distribución uniforme con mínimo 700 y máximo 15.000	

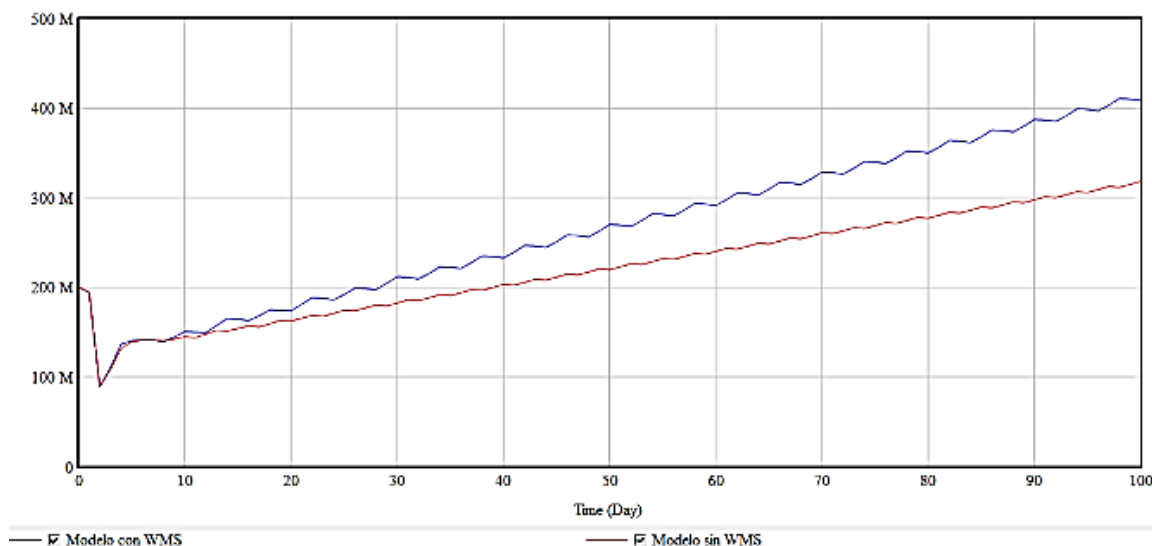


Figura 12. Comparación del flujo de caja con la implementación del WMS.

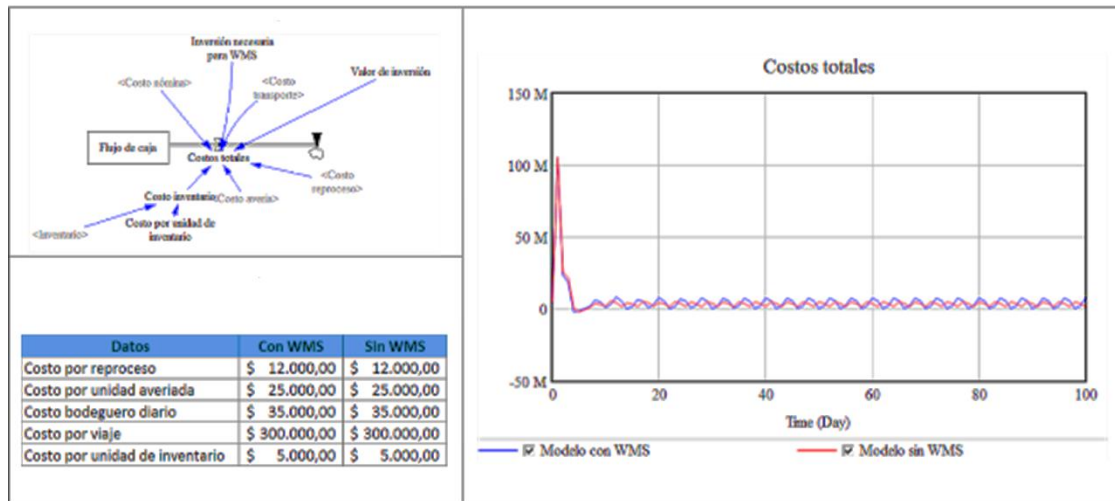


Figura 13. Análisis de los costos totales.

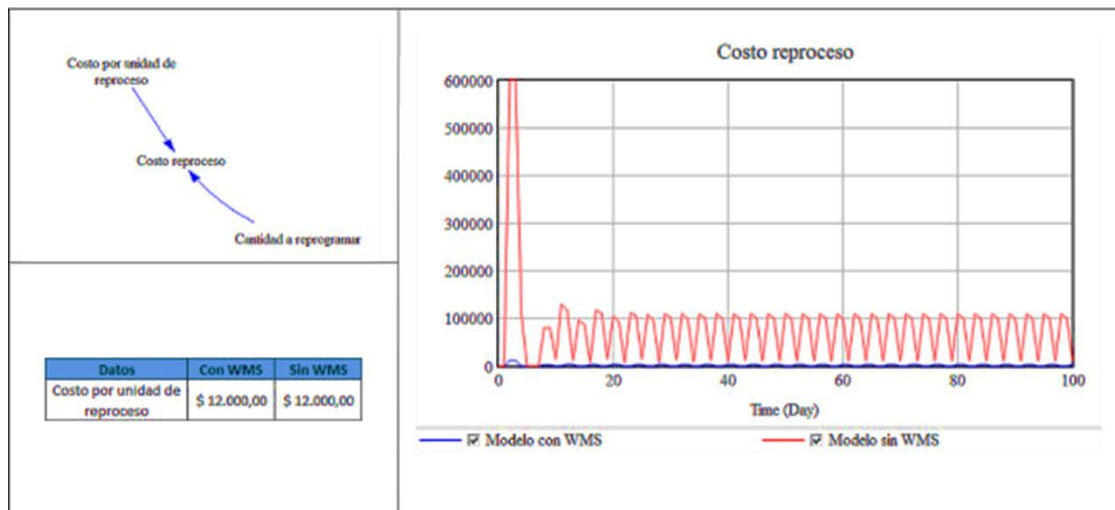


Figura 14. Análisis de costos por reproceso.

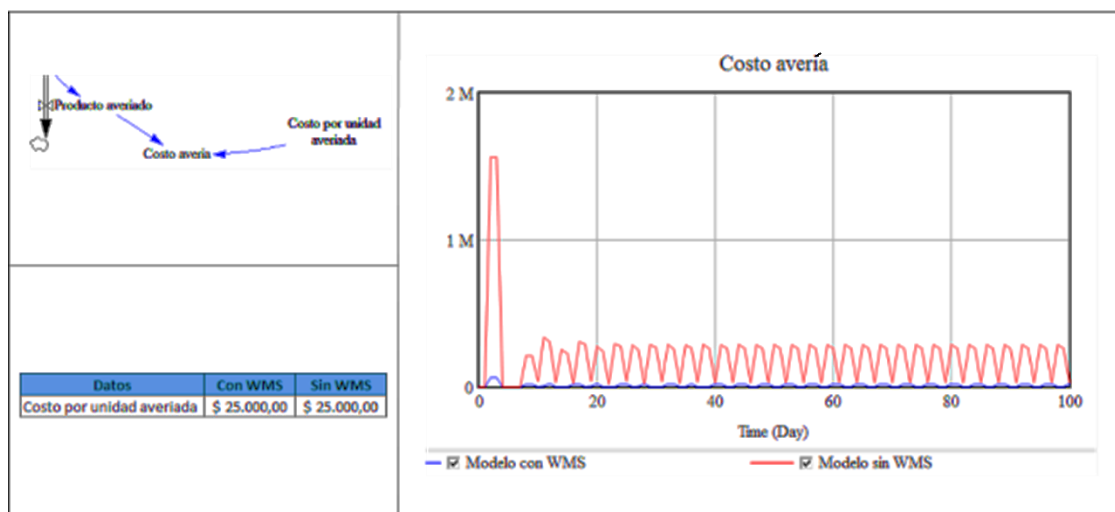


Figura 15. Análisis de costos por averías.

Otro de los factores a analizar es el costo de transporte, este es igual a la multiplicación entre el número de viajes y el costo por viajes. Como se puede ver en la [figura 16](#), este costo aumenta con la implementación del WMS, lo cual en este caso no es un resultado negativo, ya que con la implementación de la herramienta lo que se busca es ser más eficientes en los alistamientos de pedidos, de esta forma los procesos de alistamiento serán mucho más rápidos, habrá mayor número de viajes y se podrán sacar muchas más unidades en el día. Así, al aumentar el costo de transporte, aumentan también los ingresos (véase la [figura 17](#)).

Los ingresos por ventas se calculan con el precio de venta por la cantidad vendida. En la [figura 18](#) se puede analizar cómo los ingresos por ventas aumentan con la implementación del WMS y se mantienen en el tiempo, en comparación con el modelo sin esta herramienta.

Uno de los factores por los cuales la empresa se ha visto afectada directamente han sido las devoluciones; en la [figura 19](#) se demuestra cómo el WMS afecta directamente este factor, arrojando un resultado positivo. La cantidad de devoluciones se obtiene con la multiplicación del porcentaje de devoluciones respecto a ventas, el cual en este caso es 0,05 %, por el número de ventas.

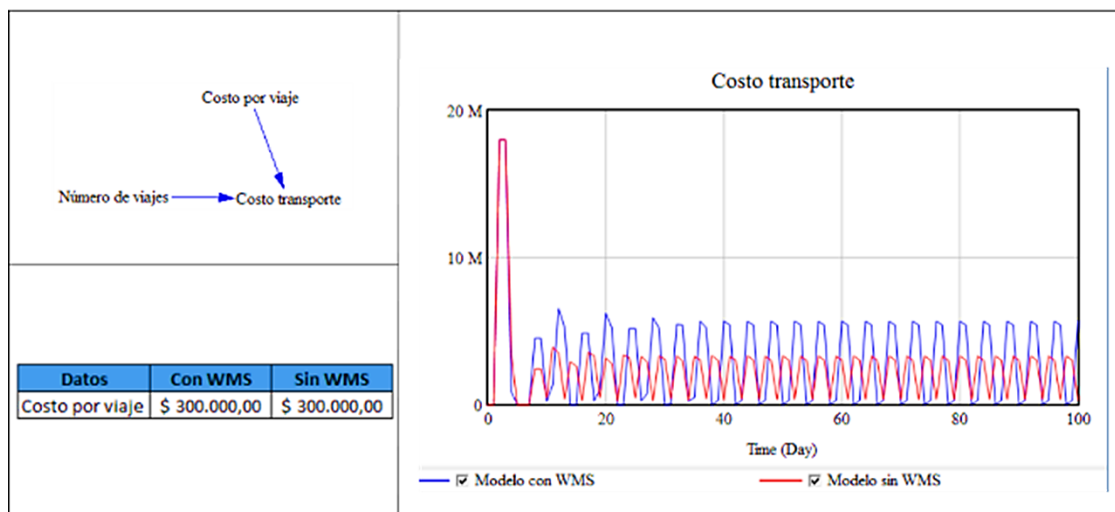


Figura 16. Análisis de costos de transporte.

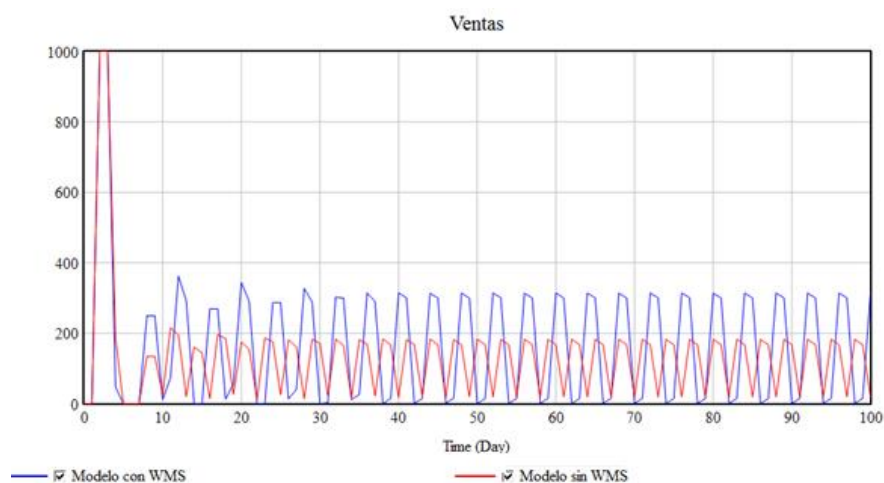


Figura 17. Comparación del número de ventas con respecto a la implementación del WMS.

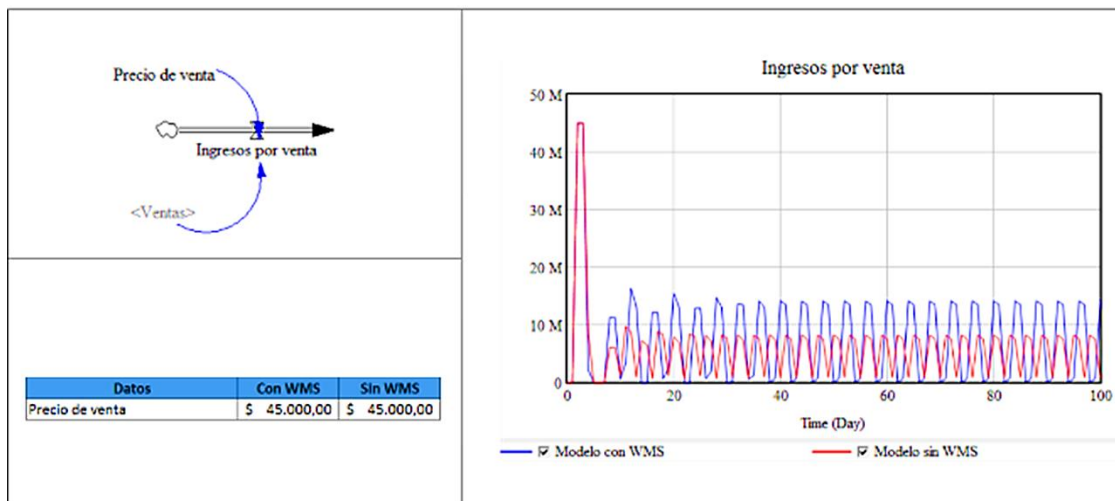


Figura 18. Análisis de los ingresos por venta.

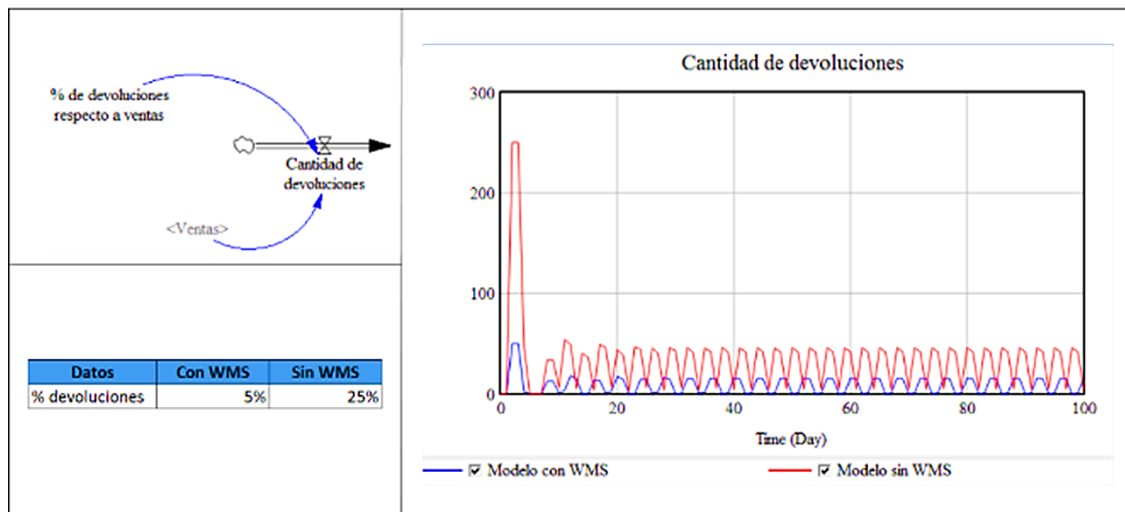


Figura 19. Análisis de devoluciones por venta.

En la [figura 20](#) se puede analizar cómo con un modelo sin WMS la tasa de capacitación es tan baja que no se alcanza a recuperar en un lapso de 100 días para tener más de dos personas capacitadas, mientras que con el modelo con WMS los tiempos de capacitación son más cortos, y se logra mantener un margen de cinco bodegueros capacitados por un mayor lapso, lo que ayuda a que los tiempos de alistamiento sean menores y se cumpla con la promesa de entrega al cliente final.

#### 4. Discusión

En este artículo se aborda la aplicación de la dinámica de sistemas para analizar, modelar y estudiar el impacto financiero que lleva consigo la implementación de un sistema de gestión de almacenes en una empresa del sector ferretero. Alineado con lo expuesto por [\[6\]](#), se

pudo evidenciar que la implementación de un sistema de gestión de almacenes para una organización genera un impacto financiero positivo a largo plazo, provocado por el aumento de la rotación del producto en inventario, la disminución de averías y devoluciones y la reducción del tiempo de alistamiento; esto lleva a una mejora en el nivel de servicio y, a su vez, a un aumento en los ingresos por conceptos de ventas.

Por otro lado, se considera fundamental para la implementación de un sistema de gestión de almacenes la inversión en tecnología por parte de la compañía [\[19\]](#), así como un proceso de capacitación intensivo del personal, que le permita a la compañía gozar de los beneficios económicos de la implementación de este sistema.



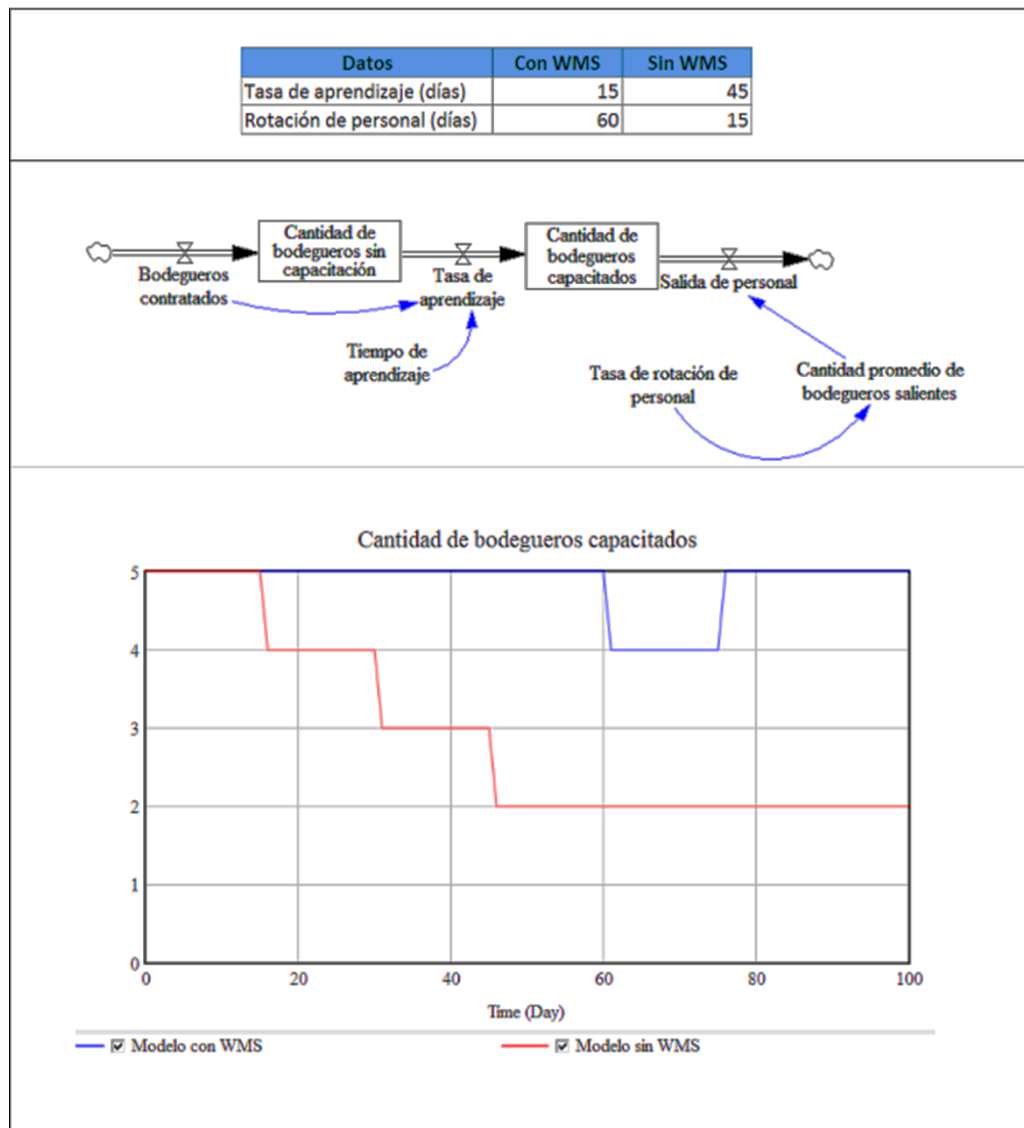


Figura 20. Efecto del WMS en la tasa de capacitación del personal.

Por último, es necesario resaltar el hecho de que el impacto financiero positivo de la implementación del sistema de gestión de almacenes se sostiene aun considerando variabilidad en la demanda. No obstante, para la modelación eficaz del caso, se debe garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos para el caso de estudio.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos gracias a la simulación del modelo muestran que el sistema WMS sí es una solución a los problemas de inventario, ya que lleva orden a diferentes áreas de una bodega de almacenamiento y logra, así, que el flujo de caja aumente en beneficio de la

compañía. Asimismo, el estudio realizado logra validar que el sistema WMS tiene un impacto financiero positivo a largo plazo para la compañía objeto de estudio.

La implementación de un proyecto de gestión de almacenes permite reducir los tiempos de capacitación de los empleados al establecer una metodología rápida y eficiente que garantiza resultados en un menor tiempo. Al reducirse los tiempos de capacitación, los tiempos de alistamiento no se ven afectados en mayor medida por la rotación de personal, lo que garantiza un nivel de servicio ideal y sostenible a lo largo del tiempo.

El estudio realizado permite mostrar el funcionamiento de la dinámica de sistemas y cómo esta sirve para analizar y evaluar el comportamiento de diferentes proyectos en una empresa a futuro, con el fin de tomar decisiones más estratégicas para reducir costos y generar un mayor nivel de servicio.

Al tener una visión más amplia del sistema se pueden observar cuáles son los parámetros que tienen una mayor afectación. Las devoluciones y todos los procesos que lleva consigo este factor son lo que más afectan de forma negativa el flujo de caja.

El modelo establecido se puede utilizar para cualquier estudio a futuro, tanto en gestión de inventarios como en cualquier otra área de la empresa, para analizar el impacto que tienen las decisiones que se toman dentro de esta, con un fundamento más claro de los resultados que se puedan llegar a obtener a largo plazo.

## Referencias

- [1] R. H. Ballou, *Logística Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación, 2004.
- [2] R. Martins, M. T. Pereira, L. P. Ferreira, J. C. Sá, F. J. G. Silva, “Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory”, *Procedia Manuf.*, vol. 51, no. 2020, pp. 1723-1729, 2020, doi: [10.1016/j.promfg.2020.10.240](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240).
- [3] S. Alyahya, Q. Wang, N. Bennett, “Application and integration of an RFID-enabled warehousing management system – a feasibility study”, *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 4, pp. 15-25, 2016, doi: [10.1016/j.jii.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.08.001).
- [4] B. Sai Subrahmanya Tejesh, S. Neeraja, “Warehouse inventory management system using IoT and open source framework”, *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 3817-3823, 2018, doi: [10.1016/j.aej.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.003).
- [5] J. Y. Shiau, M. C. Lee, “A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries”, *Comput. Ind. Eng.*, vol. 58, no. 3, pp. 382-392, 2010, doi: [10.1016/j.cie.2009.04.017](https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.04.017).
- [6] A. M. Atieh *et al.*, “Performance Improvement of Inventory Management System Processes by an Automated Warehouse Management System”, *Procedia CIRP*, vol. 41, pp. 568-572, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.122>.
- [7] M. Torabizadeh, N. M. Yusof, A. Ma’aram, A. M. Shaharoun, “Identifying sustainable warehouse management system indicators and proposing new weighting method”, *J. Clean. Prod.*, vol. 248, pp. 119190, 2020, doi: [10.1016/j.jclepro.2019.119190](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119190).
- [8] V. Lototsky, R. Sabitov, G. Smirnova, B. Sirazetdinov, N. Elizarova, S. Sabitov, “Model of the automated warehouse management and forecasting system in the conditions of transition to industry 4.0”, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 78-82, 2019, doi: [10.1016/j.ifacol.2019.11.137](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.137).
- [9] J. Aracil y F. Gordillo, *Dinámica de sistemas*. Madrid, España: Alianza Editorial, 1997.
- [10] Ferretería y Bricolaje, “Los inventarios son necesarios y fáciles,” 2015.
- [11] A. A. Correa Espinal, R. A. Gómez Montoya, J. A. Cano Arenas, “Gestión de almacenes y Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)”, *Estud. Gerenciales*, vol. 26, no. 117, pp. 145, 2010, doi: [10.1016/S0123-5923\(10\)70139-X](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70139-X).
- [12] M. Schaffernicht, *Indagación de situaciones dinámicas mediante la Dinámica de sistemas*. Chile: Universidad de Talca, 2006.
- [13] S. Peña Escobar, G. S. Ramírez Reyes, J. C. Osorio Gómez, “Evaluación de una estrategia de fidelización de clientes con dinámica de sistemas”, *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 14, no. 26, pp. 87-104, 2015, doi: [10.22395/rium.v14n26a6](https://doi.org/10.22395/rium.v14n26a6).
- [14] A. M. Paredes, A. F. Salazar, “Visión sistémica del análisis de la flexibilidad en cadenas de suministro de productos perecederos”, *Sist. Telemática*, vol. 12, no. 6, pp. 63-86, 2014, doi: [10.18046/syt.v12i30.1858](https://doi.org/10.18046/syt.v12i30.1858).
- [15] A. M. Paredes Rodríguez, A. F. Salazar Ramos, “Systemic Evaluation of a Policy of Volume Flexibility in a Papaya Distribution Supply Chain”, *Rev. EIA*, vol. 14, no. 27, pp. 43-62, 2018, doi: [10.24050/reia.v14i27.865](https://doi.org/10.24050/reia.v14i27.865).
- [16] T. Marandure, K. Dzama, J. Bennett, G. Makombe, C. Mapiye, “Application of system dynamics modelling in evaluating sustainability of low-input ruminant farming systems in Eastern Cape Province, South Africa”, *Ecol. Modell.*, vol. 438, pp. 109294, 2020, doi: [10.1016/j.ecolmodel.2020.109294](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109294).

- [17] E. Jiménez, L. Reclade, M. Silva, “Visión Comparativa Entre Redes De Petri Continuas Y Diagramas De Forrester”, en *Jornadas de automática vol. 2*, 2014, pp. 1-8.
- [18] G. Herrera Vidal, *Simulación de sistemas discretos: un enfoque industrial*. Bogota, Colombia: Alfaomega, 2020.
- [19] P. Medina, E. Cruz, R. Gómez, “Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP”, *Sci. Tech.*, vol. 17, no. 52, pp. 65-72, 2012.