

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



DEMAND AND INVENTORY SIMULATION USING TIME SERIES

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Ingrid Suley Guevara Niño

Código 20163157

Jhon Paul Rodriguez Salsavilca

Código 20163516

Asesor

José Antonio Taquia Gutiérrez

Lima – Perú

Diciembre de 2023

Propuesta Carrera Ingeniería Industrial
Título DEMAND AND INVENTORY SIMULATION USING TIME SERIES
Autor(es) Ingrid Suley Guevara Niño 20163157@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima Jhon Paul Rodriguez Salsavilca 20163516@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
Resumen: La importancia de implementar un adecuado proceso de gestión de la demanda y el inventario mejora la coordinación en los modelos de cadena de suministro. El propósito de esta investigación es analizar y proponer la aplicación de una técnica de pronóstico y la implementación de una política de revisión continua de inventario mediante el diseño de una simulación para una empresa del sector comercial veterinario. Actualmente, las empresas sin esta coordinación obtienen un nivel de inventario inadecuado generando pérdidas en las utilidades y un bajo nivel de demanda de servicio. Este estudio presenta como resultado un modelo de optimización basado en la técnica ARIMA y un modelo de inventario simulado en el software Arena.
Palabras Clave: Gestión de inventarios, Series temporales, Optimización, Simulación, Machine Learning.
Abstract: The importance of implementing an adequate demand and inventory management process improves coordination in supply chain models. The purpose of this research is to analyze and propose the application of a forecasting technique and the implementation of a continuous inventory review policy by designing a simulation for a company in the veterinary commercial sector. Currently, companies without this coordination obtains an inadequate inventory level generating losses in profits and a low demand level of service. This study presents as a result an optimization model based on the ARIMA technique and an inventory model simulated in Arena software.
Keywords: Inventory management, Time series, Optimization, Simulation, Machine Learning.
Línea de investigación IDIC – ULIMA - Supply Chain Management
Área y Sub-áreas de Investigación: Supply Chain Management Fundamentals
Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS): ODS 9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día muchas empresas se ven perjudicadas por la mala gestión de inventarios que realizan repercutiendo negativamente en el nivel de servicio ofrecido al cliente y en menores utilidades percibidas por la empresa. De acuerdo a Alharkan et al.,(2020) se afirma que la gestión de inventarios desempeña un rol importante para sostener el equilibrio entre la oferta y la demanda, ya que es una de las actividades asociadas con la gestión de los clientes y los proveedores (p.1). Asimismo, según Wang et. al. (2020) la función de la gestión de inventario es equilibrar el nivel de existencias y la demanda de los clientes, ya que la incertidumbre de esta última es difícil de predecir (p.1). Es por ello, que debido a dicha incertidumbre se presentan dos problemas desfavorables y recurrentes relacionados con la demanda del inventario: desabastecimiento y sobreabastecimiento. Para Vo et al., (2021), estos problemas requieren que las empresas presten atención al trabajo de pronóstico porque este es el método más efectivo para conocer la demanda del mercado (p.1). De hecho, la previsión de la demanda es una actividad necesaria e indispensable para cualquier negocio.

Por otro lado, el pronóstico de la demanda se complementa con la aplicación recurrente de herramientas para la gestión y el control de inventarios en el almacén. Uno de los métodos más utilizados son las políticas de inventarios, que según Wang et al.,(2020), gestionan el inventario del sistema eficientemente y cuenta con dos políticas distintas, revisión continua y revisión periódica (p.1).

Actualmente, existen muchas técnicas de previsión de la demanda y herramientas de control de inventario para disminuir el problema de la incertidumbre entre demanda y oferta. En tal sentido, según Lei et al., (2019) afirma que se manejan muchos productos en el inventario de las empresas que a gran escala plantean nuevos retos al realizar la previsión de la demanda (p.1). De igual manera, esta situación provoca que los métodos tradicionales de pronóstico no se ajusten a la alta complejidad generada por las grandes cantidades de inventario ocasionando una eficacia predictiva inferior. Sin embargo, como menciona Benhamida et al., (2021), muchas compañías se están apoyando en sus registros históricos de venta y demanda, y la disponibilidad de nuevas herramientas y métodos de procesamiento de datos para diseñar y ejecutar nuevos sistemas de gestión de inventario (p.2).

En tal sentido, la aplicación de herramientas de series de tiempo para el pronóstico de la demanda se presenta como una herramienta importante; como lo menciona Priore et al., (2019) en su estudio al resaltar a este tipo de técnicas como un avance promisorio para el campo de la gestión de inventario (p.4). También, Hussein et al., (2019) asegura que estudios anteriores vienen utilizando algoritmos de series de tiempo para el diseño y creación de modelos predictivos para el pronóstico de la demanda (p.3).

Es por ello, que tal como lo confirma Pavlyshenko (2019), con respecto al desarrollo de nuevas herramientas y métodos de procesamiento, se ha logrado un gran progreso en la elaboración de modelos de series de tiempo debido a nuevos lenguajes de programación y métodos de procesamiento y análisis de datos, siendo posible obtener modelos de series temporales como ARIMA, SARIMA, SARIMAX, Holt Winters, etc., más eficaces y eficientes (p. 1).

En el presente estudio, se utilizan modelos de series temporales como los métodos de ARIMA y Holt Winters para obtener el pronóstico de la demanda, mientras que la aplicación de la técnica de simulación en Arena permitirá hallar el nivel de inventario adecuado y evaluar correctamente la gestión de inventario. Tal como lo afirma Al-Fandi et al. (2019), la gestión apropiada de inventario de medicamentos en los sistemas sanitarios previene el defecto y el exceso de existencias (p.1). De igual manera, Franco et al. (2018) sostiene que es más complicado gestionar la cadena de suministro de compañías farmacéuticas, debido a que no se desarrollan métodos específicos para este tipo de industrias (p.1). Asimismo, es necesario que los fármacos y suministros estén disponibles y al alcance en todo momento. En referencia a lo antes mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Son las técnicas de series de tiempo y de simulación adecuadas para la optimización de la gestión de inventarios de una empresa farmacéutica veterinaria peruana?

OBJETIVOS

El presente artículo busca lograr los siguientes objetivos al finalizar la investigación:

- Analizar los resultados y el impacto de la aplicación de la técnica series de tiempo en la optimización del pronóstico de la demanda de la empresa farmacéutica veterinaria.
- Analizar los resultados y el impacto de la aplicación de la técnica de simulación en Arena en la optimización del control del punto de reorden de inventario para una mejora en la gestión de inventario en la empresa farmacéutica veterinaria.

JUSTIFICACIÓN

El aporte de la presente investigación a nivel económico radica en disminuir la incertidumbre en la gestión de inventarios logrando reducir costos de inventario y mejorando el nivel de servicio, así como las utilidades percibidas por la empresa en estudio. A nivel práctico los resultados de la investigación podrán ser aprovechados por otras pequeñas empresas del sector que deseen aplicar una técnica para pronosticar su demanda y mejorar su gestión de inventarios esperando que eventualmente puedan implementarla.

DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación está estructurada bajo un diseño metodológico cuasiexperimental. En este estudio de investigación se utilizarán tres métodos o técnicas aplicados a los datos procesados de la actividad de la empresa durante los últimos 18 meses. En primera instancia, en la fase dos de la investigación, se utilizó la técnica de categorización ABC basado en Pareto para realizar la selección de los 54 productos a utilizar, los cuales representan el 50% de las ventas totales acumuladas de la organización farmacéutica.

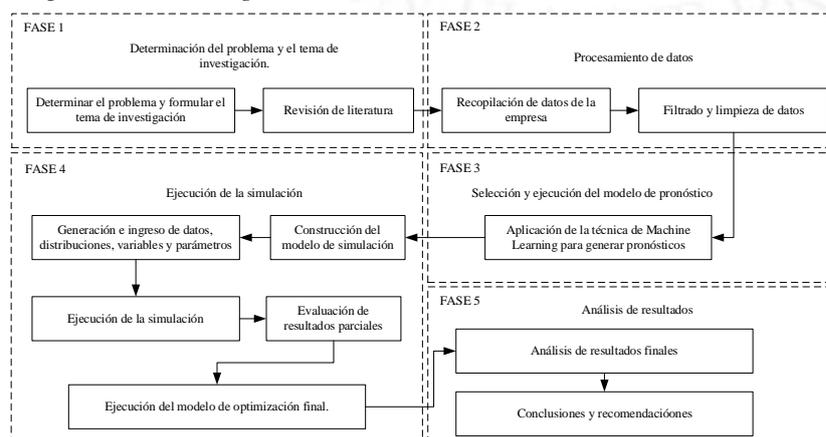
No obstante, cabe señalar que para el procedimiento de la selección de la información se procedió a elegir una muestra de 54 productos los cuales extrajeron de una población de 1555 productos en inventario de la empresa en estudio, considerando dos criterios principales de exclusión. El primer criterio, eliminó aquellos productos con menos de 18 meses de información sobre la demanda histórica, con la finalidad de poder filtrar aquellos productos de demanda intermitente. El segundo criterio se basó en excluir a aquellos productos que no pertenezcan a la clase A de existencias de inventario, tras realizar una clasificación ABC para poder categorizar en base a la información de ventas de la empresa.

Por otro lado, en la fase 3, con la obtención de la data histórica de ventas de los 54 productos se procedió a aplicar la segunda técnica el método de series de tiempo en los modelos ARIMA mediante lenguaje de programación R en software R studio y Holt Winters en el software Microsoft Excel VBA para lograr el pronóstico de venta de los próximos 4 meses. Previo a la siguiente fase, se escogió el mejor pronostico mediante la comparación de índices de error MAE, MAPE, MSE de ambos métodos de series de tiempo.

Finalmente, se realizó la técnica de simulación en la fase 4 a través del programa Arena Simulator para generar un modelo óptimo de acuerdo con las características reales de la empresa considerando la aplicación adecuada de una política de revisión continua en base a punto de reorden y cantidad económica de reabastecimiento definidos para cada producto.

Figura 2.1

Etapas de la investigación



NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Ingrid Suley Guevara Niño

Un agradecimiento muy especial a mis padres por su inmenso esfuerzo, dedicación y apoyo a lo largo de mi etapa universitaria. Sin ellos, no habría logrado alcanzar mis metas y objetivos. También, quiero agradecer a mis hermanos por sus valiosos consejos, opiniones y motivación, siempre buscando mi crecimiento personal. De igual manera, a Lucas por estar a mi lado durante mis momentos más difíciles. Y, por último, quiero agradecer a mi compañero de tesis, ya que a pesar de los desafíos que encontramos en el camino, logramos llevar adelante este proyecto excepcional.

Jhon Paul Rodríguez Salsavilca

De antemano, agradezco a mis padres por su perseverancia y esfuerzo en brindarme una educación ejemplar y por nunca dejarme solo en este camino. Asimismo, a mis abuelos, tíos y hermanas por su constante cercanía y disposición para ayudarme en todo momento. Del mismo modo, quiero agradecer eternamente a Pedro por todos los consejos, experiencias y guía que desempeñaron un papel crucial en mi éxito a lo largo de este trayecto. Finalmente, agradezco a mi compañera de tesis por persistir en llevar adelante este maravilloso proyecto.

REFERENCIAS

- Al-Fandi, L. M., Obaid, A. A. Bin, Alfailakawi, B. I., Alsubaiei, H. A., and Khudhair, S. A. A simulation study to determine the parameters of medicine inventory policy. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 68(4), 376-382. 2019.
- Alharkan, I., Saleh, M., Ghaleb, M., Farhan, A., and Badwelan, A. Simulation-based optimization of a two-echelon continuous review inventory model with lot size-dependent lead time. *Processes*, 8(9), 1-16. 2020. <https://doi.org/10.3390/PR8091014>
- Alsolami, F. J. Measuring the performance of inventory management system using arena simulator. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6), 186-193. 2020 <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110624>
- Anglou, F. Z., Ponis, S., and Spanos, A. A machine learning approach to enable bulk orders of critical spare-parts in the shipping industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 604-621. 2021. <https://doi.org/10.3926/jiem.3446>. <https://doi.org/10.3926/jiem.3446>
- Argiyantari, B., Simatupang, T. M. and Basri, M. H. Pharmaceutical supply chain transformation through application of the lean principle: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(3), 475-494. 2020. <https://doi.org/10.3926/jiem.3100>. <https://doi.org/10.3926/jiem.3100>
- Benhamida, F. Z., Kaddouri, O., Ouhrouche, T., Benaichouche, M., Casado-Mansilla, D., and López-De-Ipiña, D. Demand forecasting tool for inventory control smart systems. *Journal of Communications Software and Systems*, 17(2), 185-196. 2021. <https://doi.org/10.24138/jcomss-2021-0068>. <https://doi.org/10.24138/jcomss-2021-0068>
- Conceição, J., de Souza, J., Gimenez-Rossini, E., Risso, A. and Beluco, A. Implementation of inventory management in a footwear industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 360-375. 2021. <https://doi.org/10.3926/jiem.3223>. <https://doi.org/10.3926/jiem.3223>
- Franco, C., López-Santana, E. R., and Figueroa-García, J. C. A Mathematical Model Under Uncertainty for Optimizing Medicine Logistics in Hospitals. *Communications in Computer and Information Science*, 916, 53-60. 2018.
- Heng, N., and Chiadamrong, N. Enhanced optimal inventory control policies of perishable products in a retail business: A comparative simulation study under different cost structures. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 33(4), 497-524. 2019. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2019.101795>. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2019.101795>
- Hussein, B. R., Kasem, A., Omar, S., and Siau, N. Z. A data mining approach for inventory forecasting: A case study of a medical store. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 888(January), 178-188. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03302-6_16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03302-6_16
- Lei, M., Li, S., and Yu, S. Demand forecasting approaches based on associated relationships for multiple products. *Entropy*, 21(10). 2019. <https://doi.org/10.3390/e21100974>
- Lolli, F., Balugani, E., Ishizaka, A., Gamberini, R., Rimini, B., and Regattieri, A. Machine learning for multi-criteria inventory classification applied to intermittent demand. *Production Planning and Control*, 30(1), 76-89. 2019 <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1525506>

- Pavlyshenko, B. M. Machine-learning models for sales time series forecasting. *Data*, 4(1), 1-12. 2019. <https://doi.org/10.3390/data4010015>
- Priore, P., Ponte, B., Rosillo, R., and De la Fuente, D. Applying machine learning to the dynamic selection of replenishment policies in fast-changing supply chain environments. *International Journal of Production Research*, 57(11), 3663-3677. 2019. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1552369>
- Seyedan, M and Mafakheri, F. Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications, and research opportunities. *Journal of Big Data*, 7(1). 2020. <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00329-2>
- Vo, T., Le, P. H., Nguyen, N. T., Nguyen, T. L. T., and Do, N. H. Demand Forecasting and Inventory Prediction for Apparel Product using the ARIMA and Fuzzy EPQ Model. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 14(2), 80-89. 2021. <https://doi.org/10.25103/jestr.142.11>
- Wang, C. N., Dang, T. T., and Nguyen, N. A. T. A computational model for determining levels of factors in inventory management using response surface methodology. *Mathematics*, 8(8). 2020. <https://doi.org/10.3390/MATH8081210>

ANEXOS.

Anexo 1

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Demand and Inventory Simulation using Time Series
- **Autores:** Ingrid Suley Guevara Niño, Jhon Paul Rodríguez Salsavilca
- **Co autor(es):** José Antonio Taquíá Gutiérrez

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** The 5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Roma, Italia
- **Año:** 2022
- **Pp:** 13 páginas
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.46254/EU05.20220267>

Anexo 2: Carta de autorización de la empresa

Lima, 14 de abril del 2023

Señores

Universidad de Lima

Presente. -

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, tenemos el agrado de dirigirnos a ustedes, a fin de informarles sobre la solicitud para el uso de información de mi representada empresa por vuestros egresados Ingrid Suley Guevara Niño y Jhon Paul Rodriguez Salsavilca para el desarrollo del Trabajo de Investigación Demand and Inventory Simulation using Time Series.

Al respecto, de manera expresa autorizamos que dicha información, pueda identificar expresamente a la empresa y sea utilizada únicamente para los fines académicos que son propios de la naturaleza de este tipo de trabajos, entre los cuales está su publicación.

La empresa deja constancia, que la información utilizada en este trabajo a publicar contiene la información real y proporcionada por nosotros.

Sin otro particular, nos despedimos de ustedes, expresándole las muestras de nuestra mayor consideración.

Atentamente,

Pedro Guevara Diaz

Gerente General

Grupo Pharmax Veterinaria S.A.C – PharMiVet

final

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

2

sedici.unlp.edu.ar

Fuente de Internet

<1%

3

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

4

www.intangiblecapital.org

Fuente de Internet

<1%

5

ddd.uab.cat

Fuente de Internet

<1%

6

www.proz.com

Fuente de Internet

<1%

7

www.scoop.it

Fuente de Internet

<1%

8

JORGE ESTEBAN HERNÁNDEZ HORMAZÁBAL.
"PROPUESTA DE UNA ARQUITECTURA PARA
EL SOPORTE DE LA PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN COLABORATIVA EN CADENAS

<1%