

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Simulación del modelo Economic Order Quantity (EOQ) con LibreOffice Calc como alternativa a Excel para disminuir el uso de software sin licenciamiento

Simulation of the Economic Order Quantity (EOQ) model
with LibreOffice Calc as an alternative to Excel to reduce the
use of unlicensed software

Jaime Alberto Zaragoza Hernández

jzaragoza@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0213-9797>

Tecnológico Nacional de México/ITS del
Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

Illiriam Quintero Dávila

iquintero@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8095-1628>

Tecnológico Nacional de México/ITS del
Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

Claudia Sánchez García

csanchez@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0872-3612>

Tecnológico Nacional de México/ITS del
Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3883>

Artículo recibido: 25 de abril de 2025.

Aceptado para publicación: 09 de mayo de
2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3883>

Simulación del modelo Economic Order Quantity (EOQ) con LibreOffice Calc como alternativa a Excel para disminuir el uso de software sin licenciamiento

Simulation of the Economic Order Quantity (EOQ) model with LibreOffice Calc as an alternative to Excel to reduce the use of unlicensed software

Jaime Alberto Zaragoza Hernández¹

jzaragoza@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0213-9797>

Tecnológico Nacional de México/ITS del Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

Claudia Sánchez García

csanchez@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0872-3612>

Tecnológico Nacional de México/ITS del Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

Illiriam Quintero Dávila

iquintero@itesa.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8095-1628>

Tecnológico Nacional de México/ITS del Oriente del Estado de Hidalgo
Apan, Hidalgo – México

Artículo recibido: 25 de abril de 2025. Aceptado para publicación: 09 de mayo de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El documento propone el uso de LibreOffice Calc como una alternativa a Microsoft Excel®, con el propósito de disminuir el empleo de software sin licenciamiento legal. Aunque el uso de software ofimático no se limita a un par de asignaturas, en este trabajo se propone un ejemplo de simulación del modelo EOQ (Economic Order Quantity), que está dirigido a estudiantes y docentes que en sus programas educativos tienen relación con la teoría de inventarios y la simulación discreta. Se destaca el riesgo del uso de software ilegal o pirata, como la seguridad, la falta de actualizaciones y el soporte a una estructura delincencial global. Por supuesto se enfatizan los beneficios del uso de software libre, principalmente el relacionado con la carencia de recursos en las instituciones públicas de educación. La simulación que se realizó se enfoca en el modelo EOQ con demanda probabilística en un periodo anual dividido en 52 eventos o semanas. La simulación se realizó tanto en Microsoft Excel como en LibreOffice Calc. Para la metodología, se realizó una revisión de la literatura relacionada con diversos textos de nivel superior que abordan temáticas sobre inventarios, modelo EOQ y simulación con hoja de cálculo, específicamente con ejemplos o problemas con el modelo EOQ. Se presenta un problema propuesto a simular con ambos paquetes de software. Ambos paquetes de software proporcionaron resultados muy similares. El uso de software, en particular, LibreOffice es una alternativa viable para el proceso de enseñanza - aprendizaje en la educación superior basada en competencias. Además, promueve el uso de software legal lo que significa la práctica de una educación ética y sostenible en las instituciones públicas de educación superior.

¹ Autor de correspondencia.

Palabras clave: licenciamiento, pirata, software libre, simulación, eq

Abstract

The document proposes the use of LibreOffice Calc as an alternative to Microsoft Excel®, with the purpose of reducing the use of software without legal licensing. Although the use of office software is not limited to a couple of subjects, this paper proposes an example of simulation of the EOQ (Economic Order Quantity) model, which is aimed at students and teachers who are related to inventory theory and discrete simulation in their educational programs. The risk of using illegal or pirated software is highlighted, such as security, lack of updates, and support for a global criminal structure. Of course, the benefits of the use of free software are emphasized, mainly related to the lack of resources in public educational institutions. For the methodology, a review of the literature related to various higher-level texts that address topics on inventories, EOQ model and spreadsheet simulation was carried out, specifically with examples or problems with the EOQ model. A proposed problem is presented to simulate with both software packages. Both software packages provided very similar results. The use of software, in particular, LibreOffice is a viable alternative for the teaching-learning process in competency-based higher education. In addition, it promotes the use of legal software, which means the practice of ethical and sustainable education in public institutions of higher education.

Keywords: licensing, pirate, open access, simulation, eq.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: Zaragoza Hernández, J. A., Sánchez García, C., & Quintero Dávila, I. (2025). Simulación del modelo Economic Order Quantity (EOQ) con LibreOffice Calc como alternativa a Excel para disminuir el uso de software sin licenciamiento. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (2), 3031 – 3050. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3883>

INTRODUCCIÓN

La simulación es un conjunto de métodos y modelos que imitan la forma en cómo se comporta un sistema real, por lo general se usa una computadora para tal propósito (Kelton et al., 2024). Mediante la simulación es posible experimentar diversas situaciones o escenarios para decidir cuál es la mejor alternativa. La simulación tiene aplicación en diferentes campos de actividad económica, como la educación, manufactura, la generación de energía, la salud, el comercio y la cadena de suministro. El interés de este proyecto se centra en una de las actividades logísticas más relevantes dentro de la cadena de suministro, el control del inventario, desde un enfoque académico de nivel superior, en un entorno de uso de tecnología digital y en un contexto ético.

La simulación se ha consolidado como una herramienta pedagógica de gran relevancia en la educación superior, especialmente en un contexto donde la formación de profesionales requiere no solo de conocimientos teóricos, sino también de habilidades prácticas y competencias aplicables en entornos reales. Esta estrategia permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones que replican de manera fiel los desafíos y dinámicas de su futuro campo profesional, facilitando un aprendizaje significativo y contextualizado (Juan Carlos & Valencia, 2005).

La simulación se puede comprender como una estrategia que recrea escenarios controlados y realistas, donde los estudiantes pueden practicar, experimentar y reflexionar sobre sus acciones sin las consecuencias negativas que podrían derivarse de un error en un entorno real. Estas experiencias pueden ser de diversa índole: desde simulaciones físicas (como maniqués en medicina o maquetas en ingeniería) hasta simulaciones virtuales (como software especializado o realidad virtual).

En la educación superior son varios los beneficios de la simulación, dentro de ellos destacan el aprendizaje basado en la experiencia, la protección y seguridad de estudiantes y docentes al no tener que participar en escenarios reales y como herramienta motivadora en el proceso de enseñanza (Almanza et al., 2020).

La propuesta se realiza en un instituto tecnológico de la región del altiplano hidalguense que forma parte del Tecnológico Nacional de México (TecNM). EL TecNM emplea el modelo educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales, para la instrucción de ingenieras e ingenieros en logística, como su nombre lo indica este modelo educativo tiene como propósito educar profesionistas integrales, es decir, que las y los jóvenes, valoren y apliquen de forma estratégica los conocimientos y procedimientos aprendidos durante sus estudios de nivel superior y que a su vez, durante su práctica profesional tenga la capacidad para decidir y actuar con un criterio eficaz, razonado, ético y oportuno (TecNM, 2012).

Para lograr estas competencias se le presenta al estudiantado un cúmulo de asignaturas tanto analíticas como cualitativas. Estas jerarquías se extienden a subgrupos como las ciencias puras (física, matemáticas y química); las ciencias aplicadas, como la probabilidad, la estadística descriptiva y la inferencial y la investigación de operaciones; las ciencias económico-administrativas, que incluyen entorno económico, administración estratégica, cultura organizacional contabilidad y finanzas, formulación y evaluación de proyectos; las relacionadas con la investigación; las de carácter productivo, como, planeación de procesos productivos, seguridad industrial, cultura de calidad y procesos de producción; finalmente, las relacionadas con la logística y la cadena de suministro: introducción a la ingeniería en logística, cadena de suministro, geografía para el transporte, empaque, envase y embalaje, comercio internacional, compras, almacenes e inventarios.

El control del inventario es un asunto muy importante para el tomador de decisiones en una empresa, su adecuado manejo puede ser factor decisivo para el éxito o fracaso de la misma. Sirven para mantener un balance entre la oferta y la demanda, son necesarios para lograr la satisfacción del cliente,

su manejo implica costos e inversión en tiempo y financiera, poco podría ser insuficiente, mucho llevar a la falta de liquidez. Estos aspectos los percibe el estudiantado no solo en la propia asignatura de inventarios, si no que se da cuenta que el tema se trata en múltiples asignaturas. En compras, marketing y servicio al cliente es importante saber los niveles de inventarios con lo que se cuenta, control de la programación los necesita para definir el plan maestro de producción, la programación lineal muestra cómo determinar los niveles de inventarios cuando la demanda no es constante. Experimentar directamente con el manejo del inventario puede tener consecuencias serias, la simulación discreta, es una técnica que permite modelar y simular diferentes escenarios con una computadora y software específico de procesos productivos y de la cadena de suministro.

En el caso particular del curso Modelo de simulación y logística el profesor puede realizar simulación a través del manejo del sistema de variables que ponen de manifiesto en la entrega de suministros. Dentro de estas variables están la demanda, el costo unitario del producto, el tiempo de entrega, los costos ordinarios, la capacidad de almacenamiento, entre otras (Ramallo & Schulman, 2019) .

Existen diferentes propuestas de software para simulación en el mercado, algunos ejemplos son ProModel, Arena y Flexim para simulación discreta, SIMULINK de MATLAB, COMSOL Multiphysics y NI Multisim para simulación continua. Las licencias de estos simuladores tienen un costo que limita su adquisición a licencias tipo empresarial; en algunos casos como Arena y Flexsim, cuentan con versiones de demostración con restricción en la cantidad de locaciones y en algunas funciones, estas versiones demo pueden emplearse con propósito educativo.

En la actualidad el crecimiento en el uso de la computadora portátil y otros dispositivos móviles por partes de estudiantes de diversos niveles educativos va en crecimiento, de acuerdo con la UNESCO la educación superior es el sector que presenta un mayor crecimiento en la adopción de las tecnologías de la información, llegando incluso a sustituir a algunos campus universitarios mediante las plataformas educativas en línea, dando como resultado que algunas competencias básicas que se espera sean adquiridas en la escuela sean mayores y estén relacionadas con aquellas que permitan a los futuros profesionistas desenvolverse en el mundo digital (UNESCO, 2024).

Las herramientas digitales más utilizadas en la educación superior son aquellas que están relacionadas con la elaboración de documentos, presentaciones electrónicas y el trabajo de datos en tablas (hojas de cálculo), siendo las suite o paquete de software de Microsoft y Google las preferidas por el estudiantado de nivel superior. En el caso de hoja de cálculo de Excel al ser un software especializado en la elaboración de tablas y cálculos complejos con fórmulas y gráficos sea el más utilizado desde el punto de vista educativo para la elaboración de registros de fenómenos físicos, experimentos, simulaciones y toda aquella actividad que involucre la relación entre datos (UNAM, 2024).

La hoja de cálculo es una herramienta que se utiliza ampliamente en el aula, prácticamente en todas las asignaturas tiene uso, la simulación no es la excepción. La hoja de cálculo es una herramienta extraordinaria cuando se trata de realizar una simulación con una gran cantidad de datos. La hoja de cálculo más popular es la de Microsoft Excel®. El uso de este paquete de software en la educación tiene una problemática, la del uso de software ilegal. La mayoría de los usuarios de la suite Microsoft Office, actualmente Microsoft 365, tienen instalada en sus computadoras (en México el 43.8% de los hogares tienen computadora, el 77% son laptops (Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2023. (Comunicado de prensa) 13 de junio | Instituto Federal de Telecomunicaciones - IFT, s/f)) una versión ilegal o pirata de la suite ofimática, de acuerdo con Osvaldo R. Salazar representante de GNU-Linux las prácticas del software pirata en las escuelas es de lo más común, comprando una licencia y haciendo copias para replicarlas en todas las máquinas de la escuela (Valdés, 2022), esta mala práctica puede originar las siguientes problemáticas (Software Pirata o Ilegal México - ITD Consulting, 2024) a:

Riesgos de seguridad por la infiltración de troyanos y malware.

El software no se puede actualizar.

Riesgos financieros como: gastos relacionados con la recuperación de datos perdidos, reparación de sistemas informáticos y posibles demandas legales por infracción de derechos de autor.

Desde la perspectiva del trabajo escolar, lentitud, inconsistencia y hasta la inoperabilidad del equipo para realizar las actividades escolares, lo que para la institución puede repercutir negativamente en los índices de aprobación.

Por otra parte, al utilizar software libre las instituciones educativas pueden tener los siguientes beneficios (SomosLibres, 2024):

Al no tener costo y no ser necesaria la compra de licencias, se eliminan los gastos en compra de tecnología.

Ayudan a crear un ambiente de aprendizaje colaborativo, ya que fomentan la participación tanto de estudiantes, docentes y comunidades de desarrollo para la mejora continua del software.

Permiten la adaptabilidad y la personalización, esta es una característica importante ya que fomenta la innovación y la creatividad al tener que adaptar el software a necesidades específicas.

Brinda oportunidades de aprendizaje significativo y empodera a la comunidad estudiantil principalmente de escuelas de bajos recursos al poder explorar y desarrollar competencias tecnológicas de manera accesible y sostenible.

Por otra parte, el software más ocupado en las instituciones educativas (principalmente pirata) tanto por estudiantes como personal docente y administrativo es el de ofimática (UNESCO, 2024), de acuerdo con el diccionario de la lengua española la ofimática se define como la automatización, mediante sistemas electrónicos, de las comunicaciones y procesos administrativos en las oficinas [5]. El Software ofimático es un programa de cómputo que permite al usuario realizar tareas destinadas a la organización de documentos e información relacionados con las actividades que usualmente se realizan en una oficina.

En el mercado de software existen diferentes alternativas de software ofimático creado por diferentes empresas, destacan las suites (paquetes de programas) ofimáticas de Apple, Google y Microsoft. La tabla 1 presenta información de las diferentes suites ofimáticas con sus características propias. El paquete de ofimática de Apple es exclusivo para sus dispositivos iPhone, iPad y Mac. Google ofrece compatibilidad con Microsoft Office y Microsoft 365, lo que le permite tener una mayor cantidad de usuarios. Los tres paquetes permiten trabajar en colaboración con otros usuarios (Laurent, 2008).

Existen otras alternativas de software de ofimática, algunas son de paga y otras son de acceso libre, para que esta última opción se mantenga operando, recurre a la donación y a ofrecer servicios empresariales o a asociarse con terceros para la distribución y gestión del software con clientes. De las alternativas más populares que se pueden encontrar cuando se hace una búsqueda de la palabra software ofimática gratis, aparece WPS Office, LibreOffice y Apache OpenOffice.

Tabla 1

Características de las suites o paquetes de software ofimático Apple®, Google®, Microsoft®

Empresa	Suite de ofimática	Software	Características
Apple	iWorks	Pages	Procesador de texto para uso en dispositivos Apple, Mac, iPad y iPhone.
		Numbers	Hojas de cálculo para uso en dispositivos Apple, Mac, iPad y iPhone.
		Keynote	Presentaciones para uso en dispositivos Apple, Mac, iPad y iPhone.
Google	Workspace	Docs	Procesador de textos en la web. Se puede colaborar en tiempo real en dispositivos con Android, iOS, Windows y ChromeOS. Se puede convertir a formato Word, Open document, texto enriquecido, PDF, txt, html, epub y Merkdwn.
		Sheets	Hoja de cálculo en la web. Se puede colaborar en tiempo real en dispositivos con Android, iOS, Windows y ChromeOS. Se puede convertir a formato Word, Open document, texto enriquecido, PDF, txt, html, epub y Merkdwn.
		Slides	Presentaciones en la web. Se puede colaborar en tiempo real en dispositivos con Android, iOS, Windows y ChromeOS. Se puede convertir a formato Word, Open document, texto enriquecido, PDF, txt, html, epub y Merkdwn.
Microsoft	Microsoft 365	Word	Procesador de textos. Las otras opciones intentan ser compatibles con Word.
		Excel	Hoja de cálculo. La más popular del mundo, con aplicación en muchos campos.
		Power Point	Procesador de textos. Es la incomprendida de las herramientas ofimáticas. Es la que tiene más rivales.

Fuente: elaboración propia.

Característica del software de ofimática WPS Office y Apache OpenOffice

WPS Office. Ofrece procesador de texto Writer, hoja de cálculo Spreadsheets, presentación de diapositivas Presentation y WPS PDF. Es compatible con Microsoft Office, Google Docs, Sheets, Slide, Adobe PDF y OpenOffice. Tiene una interfaz similar a Microsoft Office. Es gratuito en su forma básica, si se requiere de más características de uso, se debe pagar la licencia individual o grupal.

Apache OpenOffice. Ofrece las mismas herramientas con nombre como los de LibreOffice. Es multiplataforma, funciona en todos los sistemas operativos, soporta una amplia variedad de formatos, como Microsoft Word, HTML o PDF. Permite crear y editar documentos, presentaciones, hojas de cálculo, gráficos, fórmulas matemáticas y bases de datos, incorpora OpenOffice Basic, un lenguaje de programación interpretado similar a Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), es de código abierto.

LibreOffice es una suite ofimática que incluye varias aplicaciones que son usuales en la suite de oficina. Es libre y de código abierto (Inicio | LibreOffice en español - suite ofimática libre, basada en OpenOffice, compatible con Microsoft, s/f). Las aplicaciones que ofrece son:

- Writer. Procesador de textos.
- Calc. Hoja de cálculo.
- Impress. Editor de presentaciones.
- Draw. Aplicación de dibujo y diagramas de flujo.
- Base. Base de datos e interfaz con otras bases de datos.
- Math. Editor de fórmulas matemáticas.

Software libre significa que es un programa informático donde el usuario propietario del programa tiene la libertad de copiarlo, modificarlo y distribuirlo para el beneficio de una comunidad. Software libre no significa que sea gratuito aunque también pueden serlo (Laurent, 2008).

Software de código abierto es el cual el propietario de los derechos de autor permite a los usuarios utilizar, cambiar y redistribuir el software, a cualquiera, para cualquier propósito, ya sea en su forma modificada o en su forma original (Laurent, 2008).

Con LibreOffice es posible hacer una carta, una tesis de licenciatura, maestría o doctorado, un folleto, informes financieros, presentaciones de marketing, dibujos técnicos y diagramas, entre otros usos. Es compatible con muchos formatos de documento tales como Microsoft® Word, Excel, PowerPoint y Publisher. Se puede exportar al formato PDF.

LibreOffice los utilizan usuarios domésticos y de pequeñas oficinas. The Document Foundation no ofrece soporte técnico. Los usuarios pueden obtener ayuda de otros usuarios, listas de correo y Ask LibreOffice. Si se desea implementar LibreOffice en una organización más grande, se recomienda obtener la asistencia de alguno de los socios del ecosistema:

- CIB - LibreOffice desarrollado por CIB, LibreOffice Online desarrollado por CIB.
- Adfinis SyGroup - Soporte de nivel empresarial.
- Collabora - Collabora Office, Collabora Online.

El uso de software libre tiene sentido en las instituciones de educación superior del TecNM, de acuerdo con el Manual de lineamientos académico-administrativos del Tecnológico Nacional de México las competencias genéricas que deben desarrollarse en el estudiantado de ingenierías se clasifican en instrumentales, interpersonales y sistémicas (TecNM, 2015), el presente trabajo busca impactar directamente en el desarrollo de estos tres tipos de competencias, ya que tiene por objetivo crear una propuesta de uso de software libre y de código abierto para la solución de un problema de control de inventarios con el modelo EOQ (Economic Quantity Order por sus siglas en inglés probabilístico, que muestre que es posible resolverlo de la misma forma en que se hace con Microsoft Excel®, con este tipo de actividad se desarrollan destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria (en este caso manejo de computadoras), destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información, solución de problemas y toma de decisiones, además de ayudar a lograr la adquisición de las competencias relacionadas con la teoría de inventarios y la simulación de sistemas logísticos relacionados con el control del inventario, evitando el uso de software ilegal o hacer grandes inversiones en la compra de software.

Se establece como supuesto o hipótesis, que el software LibreOffice proporciona la misma solución para el mismo tipo de problemas de modelado y simulación de control de inventarios que el software Microsoft Excel® y ofrece una herramienta ofimática legal para el aprendizaje.

El modelo EOQ fue desarrollado y presentado por Ford Whitman Harris en el año 1913 y fue publicado por Factory, The Magazine of Management bajo el título "How many parts to make at once", su impacto ha sido tal, que prácticamente todos los modelos de inventarios se apoyan en el trabajo de Harris (Erlenkotter, 1990), (Cárdenas-Barrón et al., 2014).

La propuesta de Harris tiene aplicación a la producción por lotes, ya que al determinar la cantidad a pedir, cada unidad que llega está disponible para satisfacer la demanda, de esta forma se establece un primer supuesto, que su aplicación está basada en situaciones donde lo que se compra se transporta en lotes (Drake & Marley, 2014). Para formular el modelo EOQ determinístico, se considera un conjunto de supuestos adicionales:

La demanda D a lo largo del año es determinística y constante o la variación de la demanda entre periodos es tan pequeña de tal manera que si el coeficiente de variación de la demanda es menor que 0.2, entonces, se puede emplear el modelo EOQ original.

El costo unitario p del producto es conocido y se mantiene fijo a lo largo del horizonte de planeación.

Los tiempos de entrega L para la recepción de órdenes son constantes.

El costo de ordenar o pedir c_o es fijo e independiente de la cantidad que se ordena.

El costo de mantener en inventario c_m es fijo e independiente de la cantidad a pedir.

La capacidad de almacenamiento y la financiera son ilimitadas.

No se permiten faltantes, se cumple con la demanda de forma precisa.

La reposición del inventario óptimo es instantánea cuando $Q = 0$.

El propósito del modelo es determinar la orden con la cantidad óptima para satisfacer la demanda en cada periodo al costo mínimo. Los costos involucrados son el costo de ordenar c_o y el costo de mantener en inventario por unidad por unidad de tiempo c_m . El costo de compra de cada unidad p no interviene en la determinación de la cantidad a pedir Q . El costo total en el periodo se representa con la siguiente función

$$CT = \frac{c_o D}{Q} + \frac{c_m Q}{2}$$

El primer término luego del signo igual es el costo de ordenar y el segundo es el costo promedio de mantener en inventario. La cantidad óptima Q^* a pedir en el periodo se representa por

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_o D}{c_m}}$$

Cuando se considera que es posible tener faltantes, en la orden se incluye el nivel de inventario disponible Q_d luego de la recepción de Q Unidades ordenadas, a un costo unitario de penalización o costo por faltante c_f por cada unidad de $Q - Q_d$, el costo total por unidad de tiempo y las cantidades Q^* y Q_d^* . Se tiene entonces que

$$CT = \frac{c_o D}{Q} + \frac{c_m Q_d^2}{2Q} + \frac{c_f (Q - Q_d)^2}{2Q}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_o D}{c_m}} \sqrt{\frac{c_f + c_m}{c_f}}$$

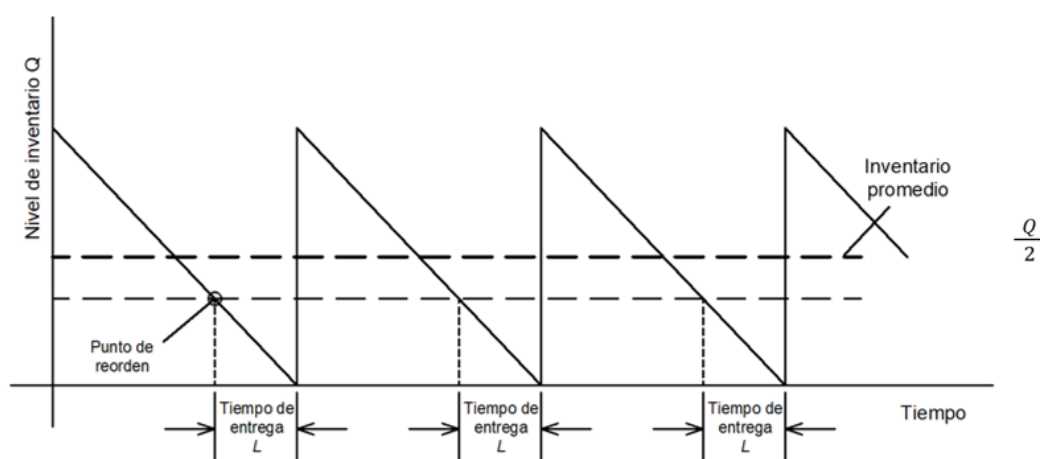
$$Q_d^* = \sqrt{\frac{2c_o D}{c_m}} \sqrt{\frac{c_f}{c_f + c_m}}$$

$$Q^* - Q_d^* = \sqrt{\frac{2c_o D}{c_m}} \sqrt{\frac{c_m}{c_f + c_m}}$$

Debido a que la demanda es constante y la revisión del inventario es periódica, la representación gráfica del consumo y reposición se ve como dientes de sierra, como se muestra en la figura 1. Se observan en esta figura el valor del inventario promedio, el tiempo de entrega desde que emite el pedido hasta la llegada de los artículos y los puntos de reorden. Este modelo es un ideal, adaptaciones del modelo EOQ estático consideran faltantes, descuentos en el precio, manejo de múltiples productos, variaciones en la demanda. Los modelos EOQ dinámicos tienen como características que la revisión del inventario es periódica con periodos igualmente espaciados y que la demanda presenta variación de un periodo a otro (Taha, 2017b).

Figura 1

Patrón gráfico del modelo EOQ original



Uno de los propósitos de la cadena de suministro es mantener el balance entre la oferta y la demanda, el inventario juega un papel muy importante para lograr este propósito porque a través de un adecuado nivel de inventario se pretende cubrir la demanda, esta puede ser determinística o probabilística. Para su análisis, Taha (2017), establece cuatro escenarios de comportamiento de la demanda en situaciones prácticas

Estática: Determinística y constante en el tiempo. La más simple y con menos posibilidades de ocurrir en la práctica.

Dinámica: Determinística y variable en el tiempo.

Probabilística y estacionaria en el tiempo

Probabilística y no estacionaria en el tiempo: Es la que ocurre con más frecuencia.

Para decidir cuál escenario es el adecuado, se calcula el coeficiente de variación CV con la media y la desviación estándar del conjunto de datos de demanda de un periodo, como se muestra en la ecuación

$$CV = \frac{\sigma}{\mu^2}$$

Si $CV < 0.20$ y la demanda es aproximadamente constante, entonces se considera el escenario 1.

Si $CV < 0.20$ y la demanda tiene variaciones significativas, entonces se considera el escenario 2.

Si $CV > 0.20$ y la demanda es aproximadamente constante, entonces se considera el escenario 3.

Si $CV > 0.20$, entonces, la demanda tiene variaciones significativas, por lo tanto, se considera el escenario 4.

METODOLOGÍA

La investigación es del tipo exploratorio, se recurre a la revisión de la literatura para identificar textos relacionados con la enseñanza del control de los inventarios en los que se involucra el modelo EOQ probabilístico. Los textos que se revisaron son los que se emplean en el nivel de educación superior. Para la selección de tales textos se tomaron en consideración libros de investigación de operaciones de los siguientes autores: Hillier & Lieberman (2021), Taha (2017a), Taha (2017b) y Winston (2004); de administración de operaciones: Schroeder & Goldstein (2018); modelos cuantitativos para la toma de decisiones: Anderson et al. (2011), Render et al. (2012) y simulación: García Dunna et al. (2013) y Kelton et al. (2024). Los temas que se tratan en los textos, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Temas tratados en diferentes textos sobre la solución y la simulación del modelo EOQ con hoja de cálculo.

Título del libro	Autor principal	Modelo EOQ clásico	Modelo EOQ probabilístico	Usa o recomienda hoja de cálculo de Excel en la solución	Uso o recomienda hoja de cálculo de software libre en la solución	Usa o recomienda hoja de cálculo de Excel para hacer simulación	Simulación de un problema de inventarios con EOQ	Uso o recomienda hoja de cálculo de software libre para hacer simulación
Investigación de operaciones 10ª edición	Hamdy A. Taha	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Operations research applications and algorithms 4ª edición	Wayne L. Winston	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Introduction to operations research 11ª edición	Frederick S. Hillier	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Métodos cuantitativos para los negocios 11ª edición	David R. Anderson	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quantitative analysis for management 11ª edición	Barry Render	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Operations management in the supply chain 7ª edición	Roger Schroeder	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulación y análisis de sistemas con ProModel 2ª edición	Eduardo García Dunna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulation with Arena 7ª edición	W. David Kelton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

De los cinco textos que presentan al menos un ejemplo de simulación de control de inventarios, se tienen las siguientes observaciones:

García Dunna et al. (2013), presenta la solución de una simulación en hoja de cálculo de Excel® del modelo EOQ con demanda diaria distribuida exponencialmente, revisión periódica semanal, limitación de la capacidad de almacenamiento, tamaño de orden igual a la diferencia entre la capacidad del almacén y el inventario final, los costos que se involucran son el de ordenar, el de mantener en inventario y el de faltantes; genera varias réplicas de corta duración, determina el costo total promedio diario y define el intervalo de confianza con un nivel de aceptación del 95%.

Kelton et al. (2024), presenta un ejemplo de inventario de un solo periodo, conocido como newsvendor problem o del vendedor de periódicos o del periodiquero (Taha, 2017a).

Anderson et al. (2011), presenta una simulación para hoja de cálculo de Excel® con demanda probabilística con distribución normal, costo de mantener en inventario, costo de faltantes y ganancia neta.

Render et al. (2012), presenta un problema de simulación de inventario en el que la demanda no es la única variable con fluctuaciones aleatorias, también lo es el tiempo de entrega, además se desconocen las distribuciones de probabilidad, por lo que a través de los datos resumen de demanda, determina las probabilidades de ocurrencia de demanda y tiempo de entrega. No menciona el uso de la hoja de cálculo para hacer simulación.

Taha (2017a), propone un problema a resolver del modelo EOQ con hoja de cálculo.

Problema propuesto

En la etapa de simulación, la distribución de probabilidad de la demanda de un producto puede tomar diversas formas, por lo que al tratar de simplificar algunas situaciones se suele asumir que ciertas variables siguen una de las distribuciones de probabilidad más usadas, la distribución exponencial o la distribución Normal (Ross, 2024). El problema de simulación de inventarios que se propone, se basa en los ejemplos presentados por García Dunna et al. (2013), Anderson et al. (2011) y Render et al. (2012). El supuesto es la adquisición, almacenamiento y venta de un solo tipo de artículo con un horizonte de planeación anual, dividido en 52 semanas.

La información a considerar para la simulación es:

La capacidad de almacenamiento.

El inventario inicial que puede alcanzar un máximo igual a la capacidad de almacenamiento.

La tasa de demanda por semana

El nivel de confianza establecido como nivel de servicio.

El costo de ordenar.

El costo de mantener en inventario una unidad por semana.

El costo de tener faltante programado por unidad por semana

El tiempo de entrega o "Lead Time" en semanas.

El valor de la demanda por semana se obtiene de la generación de una variable aleatoria con distribución normal $N(\mu, \sigma)$. Como la demanda es positiva o cero y sus valores son enteros, entonces, la función que se utiliza en la hoja de cálculo de Excel y de LibreOffice es la misma

=ABS(ENTERO(INV.NORM(probabilidad, media, desviación estándar))

A partir del valor del inventario inicial I_i , para cada periodo semanal se determina el valor simulado de demanda D_i , se determinan de manera subsecuente el inventario final f_i , el número de unidades faltantes F_i , el punto de reorden R_i , el inventario de seguridad S_i , la cantidad a ordenar Q_i , el costo de ordenar Co_i , el costo de mantener en inventario Cm_i , el costo por faltante CF_i , el costo total por periodo CT_i y el costo promedio \underline{C}_i al periodo en cuestión.

La simulación es de tipo terminal, con un horizonte de planeación de un año dividido en 52 semanas.

El costo promedio semanal al final del ciclo anual se determina por

$$\underline{C} = \frac{1}{52} \sum_{i=1}^{52} \underline{C}_i$$

Para validar este tipo de simulación se considera que los resultados tienen naturaleza aleatoria y se requiere de una distribución de probabilidad para estimar el intervalo de confianza para las diferentes réplicas. Debido a que la distribución de probabilidad propuesta es la normal el intervalo de confianza se determina con

$$IC = \left[\underline{C} - \frac{S}{\sqrt{r}} \left(t_{\frac{\alpha}{2}, r-1} \right), \underline{C} + \frac{S}{\sqrt{r}} \left(t_{\frac{\alpha}{2}, r-1} \right) \right]$$

r = número de réplicas

$$\alpha = \frac{1 - \text{nivel de servicio}}{2}$$

s = desviación estándar

$t_{\frac{\alpha}{2}, r-1}$ = valor crítico para la distribución t-student con $r - 1$ grados de libertad.

$$\underline{c} = \frac{1}{52} \sum_{i=1}^{52} \underline{c}_i$$

Luego de la ejecución de las réplicas de simulación en Excel® y LibreOffice, se hace una comparación de forma numérica y gráfica entre los valores de los resultados obtenidos en las réplicas. Finalmente se analizan las posibles desviaciones entre los resultados obtenidos con ambos softwares.

Los datos para el desarrollo de la simulación se presentan en la tabla 3. Como la revisión del inventario es de periódica (s, S) , con periodos constantes de una semana, cuando el inventario al inicio de la semana llega al punto de reorden o por debajo de él, entonces se genera una orden para reponer la cantidad necesaria para llenar el almacén a la máxima capacidad. La demanda es aleatoria con distribución normal $N(100,10)$.

Tabla 3

Datos para la simulación del modelo EOQ en hoja de cálculo de Excel® y Libre Office

Capacidad del almacén=	1000 unidades
Inv. Inicial=	1000 unidades
Demanda promedio=	100 unidades/sem.
Desv. Est. Demanda=	10 unid./semana
Nivel de servicio=	0.95
Costo de ordenar=	20 \$/orden
Costo de mantener=	2 \$/unidad/semana
Costo de faltante	0.1
Tiempo de entrega=	1 semana

RESULTADOS

En la tabla 4a se muestra un fragmento de los resultados obtenidos en la simulación en hoja de cálculo de Excel®, la réplica consiste de 52 eventos o semanas. Los datos generados en cada evento son:

Recepción o cantidad de unidades que se reciben.

Inventario inicial.

Demanda.

Ventas.

Inventario final.

Faltantes.

Punto de reorden.

Inventario de seguridad.

Cantidad a ordenar.

Costo de ordenar.

Costo de mantener en inventario.

Costo de faltantes.

Costo total semanal.

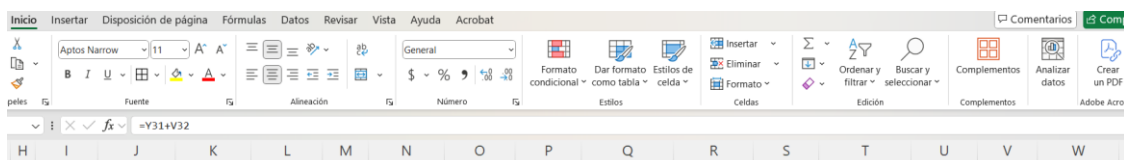
Costo total promedio semanal.

La tabla 4b presenta resultados obtenidos en LibreOffice. A primera vista se observan valores muy parecidos entre ambos paquetes de software.

Los resultados del inventario inicial de las tablas 4 y 5 se grafican y muestran en las figuras 2 y 3 Es fácil intuir al menos visualmente que los resultados son muy similares. La cantidad de ciclos de pedido generados en un periodo de un año es 5 para los dos tipos de paquetes de software. Hasta este punto, se considera a LibreOffice Calc como alternativa a Microsoft Excel®.

Tabla 4

Simulación de eventos de un control de inventarios de revisión periódica (periodo de una semana) con límite en la capacidad de almacenamiento. Elaborado en Excel® de Microsoft®



Semana	Recepción	Inventario inicial	Demanda	Venta	Inventario final	Faltantes	Punto de reorden	Inventario de seguridad	Cantidad a Ordenar	Costo de ordenar	Costo de mantener en inventario	Costo de faltantes	Costo total	Costo total promedio por semana
1	0	1000	96	96	904	0	116	17	0	0.00	1808.00	0.00	1808.00	1808.00
2	0	904	91	91	813	0	116	17	0	0.00	1626.00	0.00	1626.00	1717.00
3	0	813	99	99	714	0	116	17	0	0.00	1428.00	0.00	1428.00	1620.67
4	0	714	103	103	611	0	116	17	0	0.00	1222.00	0.00	1222.00	1521.00
5	0	611	109	109	502	0	116	17	0	0.00	1004.00	0.00	1004.00	1417.60
6	0	502	92	92	410	0	116	17	0	0.00	820.00	0.00	820.00	1318.00
7	0	410	117	117	293	0	116	17	0	0.00	586.00	0.00	586.00	1213.43
8	0	293	79	79	214	0	116	17	0	0.00	428.00	0.00	428.00	1115.25
9	0	214	100	100	114	0	116	17	886	20.00	228.00	0.00	248.00	1018.89
10	886	1000	109	109	891	0	116	17	0	0.00	1782.00	0.00	1782.00	1095.20
11	0	891	93	93	798	0	116	17	0	0.00	1596.00	0.00	1596.00	1140.73

Tabla 5

Simulación de eventos de un control de inventarios de revisión periódica (periodo de una semana) con límite en la capacidad de almacenamiento. Elaborado en Calc de LibreOffice

Semana	Recepción	Inventario Inicial	Demanda	Venta	Inventario final	Faltantes	Punto de reorden	Inventario de seguridad	Cantidad a ordenar	Costo de ordenar	Costo de mantener en inventario	Costo de faltantes	Costo total	Costo total Promedio por semana
1	0	1000	103	103	897	0	116	16	0	0	1794	0	1794	1794.00
2	0	897	103	103	794	0	116	16	0	0	1588	0	1588	1691.00
3	0	794	109	109	685	0	116	16	0	0	1370	0	1370	1584.00
4	0	685	102	102	583	0	116	16	0	0	1166	0	1166	1479.50
5	0	583	98	98	485	0	116	16	0	0	970	0	970	1377.60
6	0	485	114	114	371	0	116	16	0	0	742	0	742	1271.67
7	0	371	107	107	264	0	116	16	0	0	528	0	528	1165.43
8	0	264	98	98	166	0	116	16	0	0	332	0	332	1061.25
9	0	166	103	103	63	0	116	16	937	20	126	0	146	959.56
10	937	1000	103	103	897	0	116	16	0	0	1794	0	1794	1043.00
11	0	897	101	101	796	0	116	16	0	0	1592	0	1592	1092.91

Gráfico 1

Escalones para el comportamiento del inventario inicial. Simulación con Excel® de Microsoft®

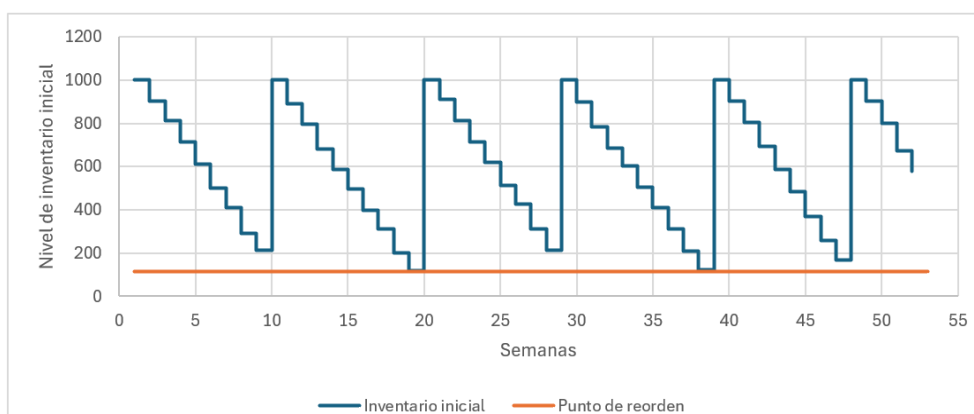
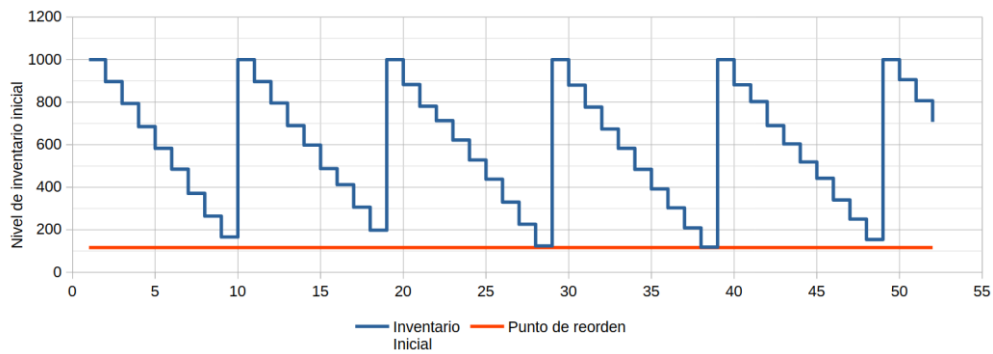


Gráfico 2

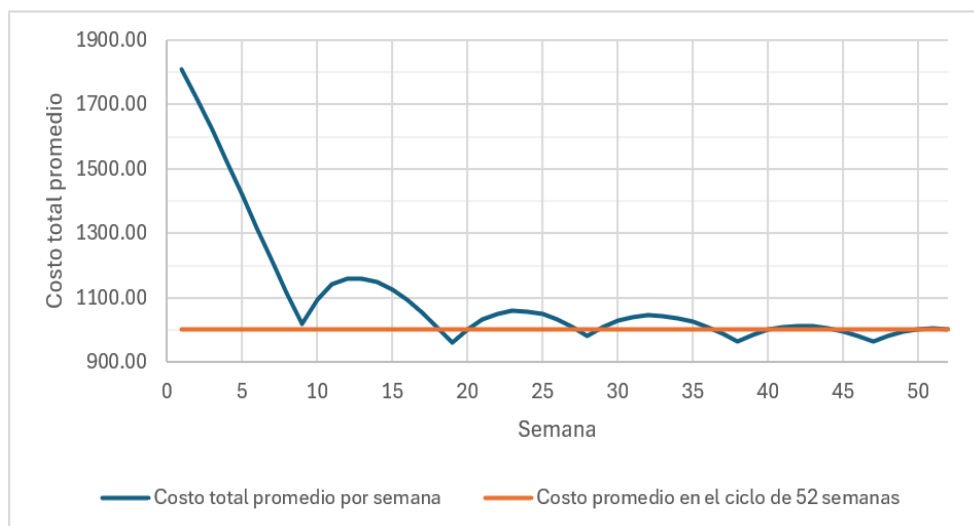
Gráfica de escalones para el comportamiento del inventario inicial. Simulación con Calc de LibreOffice



El costo promedio tiende a estabilizarse en el ciclo y sus gráficas se muestran en las figuras 3 y 4.

Gráfico 3

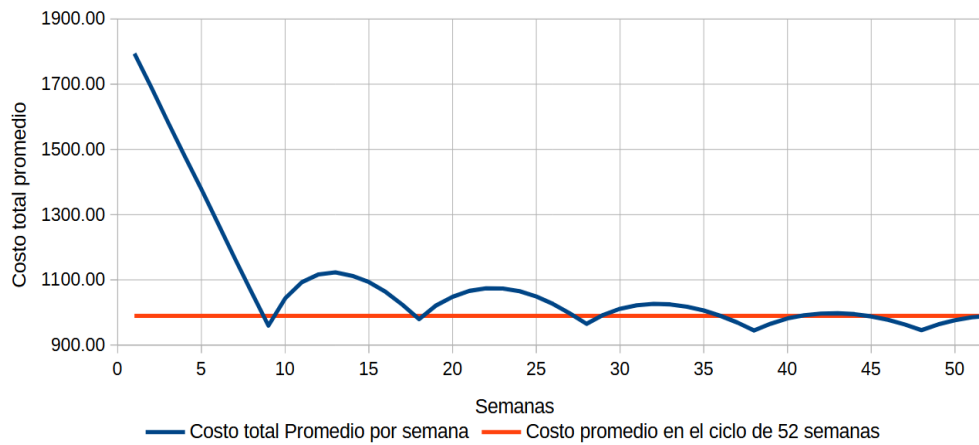
Costo promedio al transcurrir las semanas



Fuente: Elaborada en Excel®

Gráfico 4

Costo promedio al transcurrir las semanas



Fuente: Elaborada en Excel®

Se realizaron 50 réplicas tanto en Excel® como en LibreOffice. Con los valores obtenidos se determinó el costo promedio semanal y se estableció el intervalo de confianza con un nivel de confianza del 95%.

En una de las simulaciones el resultado para el conjunto de réplicas para cada paquete de software se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

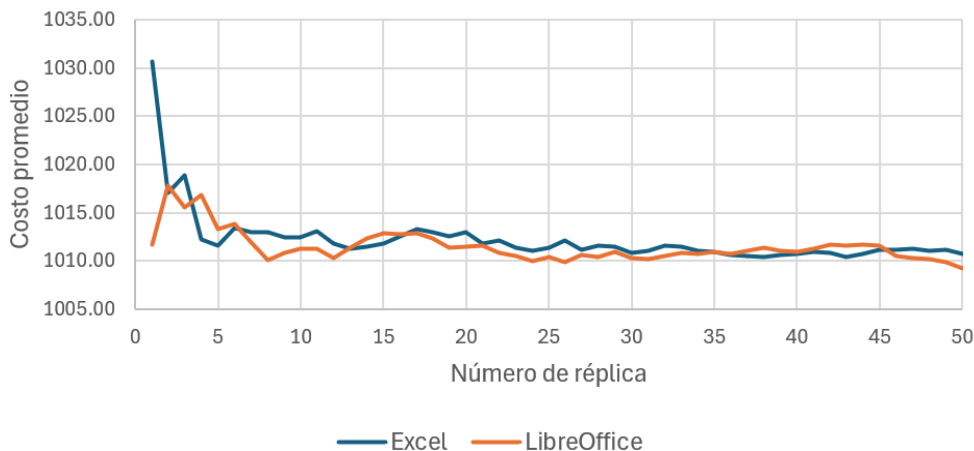
Costo total semanal promedio porcentaje de diferencia para una simulación con 50 réplicas

Costo promedio semanal en Excel®	Costo promedio semanal en LibreOffice	% Diferencia
1012.23	1011.47	0.08

El comportamiento del costo promedio semanal para cada réplica se puede ver en la gráfica del grafico 5, Para este caso, la diferencia promedio en el costo es de \$0.91 lo que representa un 0.09 %.

Gráfico 5

Costo promedio semanal por réplica. Se realizaron 50 réplicas en cada paquete de software



En relación con el intervalo de confianza se tienen los siguientes resultados

Intervalo de confianza para la simulación con Excel®

$$IC_{Excel} = [1010.99, 1013.46] = 2.47$$

Intervalo de confianza para la simulación con LibreOffice

$$IC_{LibreOffice} = [1008.77, 1014.10] = 5.33$$

Ambos resultados son muy cercanos entre ellos. Tanto Excel® como LibreOffice proporcionan resultados similares, lo que muestra la viabilidad de usar LibreOffice como paquete de software ofimático para la enseñanza - aprendizaje, la investigación y la productividad como se muestra en el problema propuesto.

CONCLUSIÓN

Es indiscutible que las tecnologías de la información han permitido mejoras considerables en el ámbito educativo, principalmente porque permite la personalización de la enseñanza y aumentar el tiempo de aprendizaje disponible, pero no debemos perder de vista que las tecnologías de la información y la comunicación son beneficiosas para el aprendizaje siempre y cuando los docentes dominen las competencias digitales y sepan cómo integrarlas en su proceso de enseñanza-aprendizaje, además de las implicaciones morales que ello conlleva, ya que no es congruente que como institución educativa que busca desarrollar ciudadanos y ciudadanas de bien con valores se fomente el uso de software pirata, por ello y como resultado de la presente investigación se propone como alternativa el uso de software libre como libreoffice para la solución de problemas de inventarios.

Por otra parte, se puede concluir que desde un enfoque didáctico el uso de software libre office facilita la comprensión de la información a través de la visualización de datos y tablas dinámicas, propicia la generación y uso de fórmulas, desarrolla en los estudiantes habilidades de comunicación y colaboración, cómo el trabajo en equipo para desarrollar hojas de cálculo de inventario y la presentación de resultados que comuniquen el análisis del inventario, además, desarrolla el pensamiento crítico al analizar los datos en la identificación de patrones, pronósticos de la demanda, la toma de decisiones y la resolución de problemas a partir del modelo ABP (aprendizaje basado en problemas) y de la simulación de escenarios desde el análisis de "qué pasaría si", el estudiante

experimenta con diferentes escenarios y evalúa el impacto de la demanda, los costos u otros factores en el proceso de la gestión de inventarios y desarrollo de modelos para optimizarlo.

Aunado a esto, con el estudio se demuestra que el uso de LibreOffice Calc es una herramienta técnicamente viable para la simulación del modelo EOQ con demanda probabilística, esto porque en términos de precisión y consistencia los resultados obtenidos con esta herramienta son muy parecidos a los generados con Microsoft Excel®, validando la idea de que el software libre es una alternativa válida para la solución de problemas de inventarios.

Cabe destacar, que LibreOffice al ser de código abierto, permite a las instituciones educativas realizar adecuaciones específicas según sus necesidades, además, es compatible con otros formatos ampliamente utilizados en la educación lo que genera un ambiente de aprendizaje colaborativo y flexible para el desarrollo de soluciones innovadoras y contextualizadas.

En cuanto al uso de software libre no solo es una alternativa económicamente viable para las instituciones educativas que presentan recursos limitados, sino que también es un acto que desde el punto de vista pedagógico contribuye a la ética, ya que no se normaliza el uso de software pirata, dando como consecuencia la formación de profesionistas comprometidos con la sostenibilidad tecnológica y la legalidad.

Y, por último, el implementar software libre como herramientas de enseñanza-aprendizaje permite que con el tiempo las instituciones de educación tengan soberanía tecnológica, disminuyendo su dependencia de los productos generados por los grandes corporativos de desarrollo de software y a su vez fomentar una cultura tecnológica más equitativa y autosuficiente.

REFERENCIAS

- Almanza, M. A., Mendoza, C. M. H., & Vidal, L. M. R. (2020). Emuladores y simuladores de red, herramientas fundamentales en la formación del ingenieros en sistemas computacionales. ANFEI Digital, 12. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/676>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Willimas, T. A., Camm, J., & Martin, K. (2011). Métodos cuantitativos para los negocios (11a ed.).
- Cárdenas-Barrón, L. E., Chung, K.-J., & Treviño-Garza, G. (2014). Celebrating a century of the economic order quantity model in honor of Ford Whitman Harris. *International Journal of Production Economics*, 155, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.002>
- Drake, M. J., & Marley, K. A. (2014). A Century of the EOQ. En T.-M. Choi (Ed.), *Handbook of EOQ Inventory Problems* (Vol. 197, pp. 3–22). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7639-9_1
- Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2023. (Comunicado de prensa) 13 de junio | Instituto Federal de Telecomunicaciones—IFT. (s/f). Recuperado el 6 de diciembre de 2024, de <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/encuesta-nacional-sobre-disponibilidad-y-uso-de-tecnologias-de-la-informacion-en-los-hogares-endutih-1>
- Erlenkotter, D. (1990). Ford Whitman Harris and the Economic Order Quantity Model. *Operations Research*, 38(6), 937–946. <https://doi.org/10.1287/opre.38.6.937>
- García Dunna, E., García Reyes, Heriberto, & Cárdenas Barrón, Leopoldo E: (2013). *Simulacion Y Analisis De Sistemas Con Promodel C/Cd Rom, Always Learning* (2a ed.). Pearson Educación.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to operations research* (Eleventh edition, international student edition). McGraw-Hill Education.
- Inicio | LibreOffice en español—Suite ofimática libre, basada en OpenOffice, compatible con Microsoft. (s/f). Recuperado el 2 de diciembre de 2024, de <https://es.libreoffice.org/>
- Juan Carlos, C., & Valencia, J. F. (2005). La formación práctica del ingeniero electrónico en el laboratorio. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 3(1), 115–130.
- Kelton, W. D., Zupick, N. B., & Ivey, N. J. (2024). *SIMULATION WITH ARENA* (7a ed.). McGraw Hill. <https://www.mheducation.com.mx/simulation-with-arena-9789814577250-latam>
- Laurent, A. (2008). *Understanding Open Source and Free Software Licensing*. O'Reilly Media, Inc.
- Ramallo, M., & Schulman, D. R. (2019). Estrategias de simulación aplicadas a la enseñanza de la sustentabilidad. El desafío en la formación de ingenieros en el Siglo XXI. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/83>
- Render, B., Stair, R. M., Jr., & Hanna, M. E. (2012). *Quantitative analysis for management* (11a ed.). Prentice Hall.
- Ross, S. M. (2024). *Introduction to probability models* (Thirteenth edition). Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Schroeder, R. G., & Goldstein, S. M. (2018). *Operations management in the supply chain: Decisions and cases* (Seventh edition). McGraw-Hill Education.

Software Pirata o Ilegal México—ITD Consulting. (2024, junio 13). <https://itdconsulting.com/microsoft-365-mexico/software-pirata-o-ilegal/>

SomosLibres. (2024, marzo 30). El impacto del Software Libre en la educación Informática de escuelas desfavorecidas. Somos Libres. <https://somoslibres.org/index.php/43-nieuws/ssoftwarelibre/12774-el-impacto-del-software-libre-en-la-educacion-informatica-de-escuelas-desfavorecidas>

Taha, H. A. (2017a). Investigación de operaciones (10a ed.). Pearson Educación.

Taha, H. A. (2017b). Operations Research: An Introduction, Global Edition (10. Auflage). Pearson Education, Limited.

TecNM. (2012). Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales—Director General—Tecnológico Nacional de México. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. <http://www.dgest.gob.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales-dp2>


TecNM. (2015). Manual de lineamientos académico-administrativos del Tecnológico Nacional de México. https://www.tecnm.mx/?vista=Residencia_Profesional

UNAM. (2024). Las TIC en la educación.

UNESCO. (2024). Global education monitoring report, 2023: Technology in education: A tool on whose terms? - UNESCO Biblioteca Digital. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>

Valdés, L. C. (2022, febrero 9). La Laguna. Piratería de software es común en empresas y escuelas. Grupo Milenio. <https://www.milenio.com/tecnologia/la-laguna-pirateria-de-software-en-la-laguna->

Winston, W. L. (2004). Operations research: Applications and algorithms (3a ed.). Duxbury Press.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .