



DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2024.77.05.3>

How to Cite:

Mira-Segura, L., Martínez-Cruz, M., Trejo-Martínez, A., Kryvko, A., & Dorantes-Benavidez, H. (2024). "Optimización de inventarios en la industria del plástico: un caso de éxito con el método Holt-Winters". *Amazonia Investiga*, 13(77), 42-52. <https://doi.org/10.34069/AI/2024.77.05.3>

“Optimización de inventarios en la industria del plástico: un caso de éxito con el método Holt-Winters”


Inventory Optimization in the Plastics Industry: A Holt-Winters Success Story

Received: April 5, 2024


Accepted: May 20, 2024

Written by:


Laura Mira-Segura¹

 <https://orcid.org/0000-0002-8130-2689>

Miguel Martínez-Cruz²

 <https://orcid.org/0000-0002-4431-9262>


Alfredo Trejo-Martínez³

 <https://orcid.org/0000-0001-6555-2285>

Adriy Kryvko⁴

 <https://orcid.org/0000-0001-8544-699X>

Humberto Dorantes-Benavidez⁵

 <https://orcid.org/0000-0003-1490-1873>

Resumen


El inventario de producto terminado en las empresas es un factor determinante en las buenas prácticas financieras, contribuye a una disminución en costos y garantiza las entregas con los clientes, en este trabajo, se aplicó la técnica de ABC y Holt Winters a partir de pronósticos en una empresa de la región oriente del estado de México que fabrica artículos plásticos (utensilios de cocina), con el objetivo de optimizar su sistema de inventarios. Esta empresa en su catálogo de producción cuenta con más de 100 artículos, lo que en ocasiones el control del inventario resulta costoso y problemático, ya que no programan la fabricación de forma periódica y sistemática, generando mala imagen con el cliente al momento de la entrega. En este contexto la clasificación de inventarios ABC se utiliza ampliamente para organizar automáticamente los artículos en grupos representativos según su aportación a las ventas. De acuerdo con los datos registrados in situ, se identificaron los productos más vendidos y como aportación adicional de la investigación, se obtiene el Inventario de Seguridad


Abstract


The inventory of finished product in companies is a determining factor in good financial practices, contributes to a decrease in costs and guarantees deliveries with customers, in this work, the ABC and Holt Winters technique was applied based on forecasts in a company in the eastern region of the state of Mexico that manufactures plastic items (kitchen utensils). with the aim of optimizing your inventory system. This company has more than 100 items in its production catalog, which sometimes inventory control is costly and problematic, since they do not schedule manufacturing periodically and systematically, generating a bad image with the customer at the time of delivery. In this context, the ABC inventory classification is widely used to automatically organize items into representative groups according to their contribution to sales. According to the data recorded in situ, the best-selling products were identified and as an additional contribution to the investigation, the Safety Inventory (SS) is obtained, which guarantees the fulfillment of customer orders in a timely manner.

¹ TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Estudiante de Doctorado en Ingeniería de Sistemas en el IPN ESIME-ZAC, México.  WoS Researcher ID: KPB-4924-2024

² IPN ESIME ZAC, México.  WoS Researcher ID: ADX-7792-2022

³ TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México.  WoS Researcher ID: E-5531-2012

⁴ IPN ESIME ZAC, México.  WoS Researcher ID: HGC-5326-2022

⁵ TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México.  WoS Researcher ID: KFQ-2120-2024X



(SS) lo que garantiza el cumplimiento de los pedidos de los clientes de forma puntual.

Keywords: classification, customers, holt-winters, inventories, production.

Palabras clave: clasificación, clientes, holt-winters, inventarios, producción.

Introducción

El uso de los plásticos en la vida cotidiana ha traído grandes beneficios, es de conocimiento general que su versatilidad, funcionalidad, variedad, entre otras son solo algunas de las grandes bondades que éstos tienen. Sin embargo, en el proceso de fabricación, es de vital importancia considerar el tiempo de entrega de los insumos por los proveedores. Algunos factores importantes para considerar cuando se hace la planeación de la compra de resinas son la ubicación de proveedores, la disponibilidad de materias primas, los aranceles y gastos incurridos en los traslados, tratados comerciales, entre otros. En un contexto general, podemos mencionar que según la revista Ambiente Plástico, en Europa han reducido los ritmos de producción considerablemente, lo que ha incrementado que algunos fabricantes de artículos hayan subido los precios de sus productos hasta en un 75%, según datos de la Asociación Española de Industriales de Plásticos (ANAIP). Otro factor importante se refleja en la cadena de suministro, diversos eventos como la guerra entre Ucrania y Rusia, huracanes y heladas, hasta paros de operación en plataformas, han provocado escasez de diversas materias primas del giro, por consecuencia se incrementa el precio de los productos o desabasto de los pedidos a los clientes. La industria del plástico en México representó según la Secretaría de Economía (SE) en el año 2020 el 2.8% del Producto Interno Bruto Manufacturero, no obstante que por su situación geográfica y contar con accesos al mar, presenta dificultades para el abasto de resinas plásticas. El Estado de México, entidad donde se ubica la organización analizada, en los años 2013-2015 fue el segundo estado con mayor crecimiento en la producción de plásticos, según la revista *Plastics Technology México*, 2020.

Adentrándonos en la organización del caso de estudio, tenemos que ésta cuenta con 124 productos en su catálogo y demuestra que tiene la dificultad en la planificación de compras de resinas plásticas, programas de producción a destiempo, asignación de espacios en el almacén sin orden y, poco conocimiento del comportamiento de sus ventas de todos los productos, por lo que uno de los primeros objetivos fue diseñar un sistema de catálogo de artículos por categorías. También se aplicó el método ABC control de inventarios, se utiliza en empresas de diversos giros para categorizar los productos en función de la demanda y su relación con los costos (González & Arriagada-Benítez, 2023), y su relación con las ventas mensuales históricas de los periodos 2023, 2022 y 2021, cabe señalar que estos datos reflejados fueron atípicos, ya que durante el episodio de la pandemia por el virus COVID-19 la organización redujo su plan de producción en un 30% para los años 2021 y 2022 sin embargo, los datos fueron representativos para poder calcular los de mayores ventas. Una vez obtenida esta información, se empleó la metodología Holt-Winters, siendo éste un método de pronóstico estadístico que utiliza promedios ponderados de observaciones pasadas para pronosticar pasos futuros (Ahmadi et al., 2023) para esos mismos periodos de los productos seleccionados y finalmente se realizó el cálculo del inventario de seguridad (SS) para programar su respectiva materia prima, el tiempo de fabricación y garantizar las entregas oportunas a los clientes.

En la primera parte de este artículo, se presenta una revisión de la literatura sobre sistemas de inventarios y las metodologías utilizadas, particularmente ABC y Holt-Winters; en segundo lugar, se describe la metodología aplicada en el caso de estudio; en tercer lugar, se presentan y discuten los resultados obtenidos; y finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Marco Teórico o Revisión de literatura

Las organizaciones deben planificar de forma correcta su programa de producción para garantizar el tiempo ocupado de máquina y el suministro de las materias primas. Para el caso específico de productos terminados y materias primas no deben exceder la capacidad específica de los almacenes, es decir, deben calcularse inventarios óptimos, ya que esto impacta directamente en el costo de administración.

Sistemas de Inventarios

Los inventarios o existencias almacenadas deben cumplir tres funciones principales: reguladora (se desconoce la tendencia del mercado, pero con éste se hace frente a incrementos en ventas), comercial

(cumple con condiciones pactadas con los clientes) y económica (si se compran grandes cantidades de materia prima permite negociar con los proveedores mejores condiciones) (Ladrón, 2020).

La gestión de inventarios está relacionada con las medidas necesarias para lograr mantener el control y la seguridad administrativa de las existencias de la familia de productos de una empresa, con la intención de mantener la plena integridad física ante los posibles riesgos de operación (Díaz, 1996). Las organizaciones deben propiciar prácticas para protegerse contra riesgos de desabasto o incrementos en demanda por los clientes, igualmente se debe programar la producción y asegurar la cadena de suministro.

La gestión de inventarios es una función vital para conocer la demanda del mercado, es una supervisión permanente de control, almacenamiento y utilización de cantidades de productos que la organización usa para la producción (Zowid et al., 2019). Un sistema de control de inventarios se determina como sistema de contabilidad que se utiliza para registrar mercancías existentes y para establecer el costo de la mercancía vendida, donde existen básicamente dos sistemas para llevar a cabo los registros de inventario: el periódico y el sistema perpetuo (García-Pacheco & San Andrés-Laz, 2021). La gestión de inventarios se ha convertido en uno de los procesos esenciales de las empresas, pues no solo permite tener un mayor control de las mercancías, sino también lograr mejores resultados económicos y mayor rentabilidad (Calzado, 2022).

La existencia de productos en el almacén se basa en que la organización administre los suministros requeridos de acuerdo con la cantidad solicitada por el cliente y esto origina la eficiencia del costo del inventario, mejora la calidad de atención y servicio (Flores Tananta et al., 2020). Las teorías alrededor del inventario surgen a raíz de la necesidad de alinear la satisfacción de la demanda con la minimización de costos por conceptos de inversión de capital, faltantes y almacenamiento (Seijas Rodríguez, 2021).

Aplicando estos términos al caso de estudio, se prevendrá cualquier cambio en la demanda, considerando que el tiempo de producción es mucho mayor a los tiempos de entrega al cliente, esto ocasiona desabasto de materias primas para la línea de producción. Para abordar la problemática, se determinaron 2 fases en el desarrollo de la investigación. La primera fase corresponde a la aplicación de la técnica ABC y la segunda a realizar el modelo de Holt-Winters.

Técnica ABC

Una vez definido el término de control de inventarios y la relevancia que tiene en la organización, nos disponemos a definir la técnica ABC para el manejo y control de los inventarios. Esta técnica es utilizada cuando se cuenta con un catálogo extenso de productos terminados en el almacén, ya que aporta una clasificación de carácter cuantitativo y cualitativo, que tiene por objetivo determinar a cada producto en categorías o clases según su variable de importancia, en su mayoría altas ventas.

La técnica ABC está estrechamente relacionada con el principio de Pareto, que establece que a menudo existe una relación inversa entre el porcentaje de los sujetos de cada grupo y el significado de los grupos (Zeljko & Becirovic, 2021). Para aplicar el principio o Ley de Pareto, se debe considerar las siguientes restricciones: primeramente, que corresponde a la participación del número total de productos derivado de que la clasificación A se encuentra entre el 5 y el 25%, la B entre el 20 y el 40% y la clasificación C entre el 40 y 75% del total de los productos. La segunda restricción refiere a los costos según el valor total de los productos, es decir, la representación sobre las ventas totales y siguiendo la terminología, para la clasificatoria de A debe estar entre el 40 y 80%, para B entre el 15 y 40% y C entre el 5 y 20%. Finalmente, la última restricción implica que C tiene la mayor cantidad de productos, la B una cantidad menor a C y la A una cantidad menor a B, según el principio de transitividad matemática.

Es decir, la clasificación ABC se divide en: A -muy importante, B – más importante y C, relativamente menos importante, como base para el control de inventarios (Pradini & Kusumastuti, 2023).

Modelo Holt-Winters

Para poder atender los cambios en la demanda de los productos se recurre a realizar proyecciones, los pronósticos tradicionales están influenciados en gran medida por los métodos de pronósticos estadísticos univariados (Vesga Acevedo, 2020). Los productos de baja demanda se asumen tienen una demanda ocasional. El método de suavizado de Holt Winters creado por Charles Holt y Peter Winters, es uno de los

métodos para generar pronósticos para predecir datos que contienen patrones estacionales (Nurhamidah, 2020).

La técnica de Holt-Winters utiliza las siguientes ecuaciones:

$$L_i = \alpha \left(\frac{X_i}{S_{i-m}} \right) + (1-\alpha) (L_{i-1} + b_{i-1}) \quad (1)$$

$$b_i = \beta (L_i - L_{i-1}) + (1-\beta) b_{i-1} \quad (2)$$

$$S_i = \gamma \left(\frac{X_i}{L_i} \right) + (1-\gamma) S_{i-n} \quad (3)$$

$$Y_{i+m} = (L_i + mb_i) S_{i-n+m} \quad (4)$$

Siendo L_i el nivel de ventas cuando $t=0$ (base del pronóstico), α es el factor entre 0 y 1 para ponderar la base del pronóstico, β es el factor entre 0 y 1 para ponderar la tendencia, el factor de estacionalidad del periodo t está representado por S_i , mb_i es el índice del periodo para el que se está pronosticando a partir del actual, 1 es el número de periodos en el ciclo estacional, γ corresponde a un valor entre 0 y 1 para ponderar la estacionalidad, b_i es la tendencia de las ventas en el periodo a analizar, i es el periodo de tiempo a analizar, X_i representan las ventas del periodo a analizar y Y_i será el pronóstico a calcular según el periodo de interés (Jiang et al., 2020) (Adeyinka & Muhajarine, 2020) (Trull et al., 2020).

El método de Holt-Winters utiliza los promedios móviles ponderados exponencialmente para actualizar los datos necesarios para ajustar la media (tendencia) y la estacionalidad, construyéndolo de forma multiplicativa (Leite Coelho da Silva et al., 2022). El modelo tiene dos variaciones, el primero corresponde a un modelo aditivo y el segundo al multiplicativo (Kumari & Singh, 2023). El pronóstico por Holt-Winters según los datos de referencia, tienen una distribución normal, por lo que es pertinente aplicar el teorema del límite central. Este método también se denomina tercer método de suavizado exponencial de tres tiempos, ya que puede predecir las series temporales con tendencia de estacionalidad en tiempo al mismo tiempo.

Metodología

El objetivo fundamental de este trabajo es desarrollar un Sistema de Inventarios para la empresa ubicada en la región oriente del estado de México aplicando el Holt Winters y ABC, busca satisfacer la necesidad de contar con la seguridad de que los productos terminados sean entregados a los clientes conforme a los pedidos levantados en tiempo y forma. El trabajo desarrollado es de tipo cuantitativo, tomando datos históricos para la aplicación del modelo. Para aplicar el método ABC, se aplican los siguientes pasos:

- 1) Primeramente se toman los datos de ventas anuales de los años 2021, 2022 y 2023,
- 2) Posteriormente se obtuvo el promedio de ventas por artículo homologando los años (M_i),
- 3) Se calcula la representatividad (R_i) de cada producto según la cantidad de ventas, esto se obtiene multiplicando el costo unitario (cu) de cada producto por el promedio de ventas (M_i), matemáticamente esto es:

$$R_i = (M_i * cu) \quad (5)$$

- 4) Con los datos anteriores se obtiene la proporcionalidad (P_i), calculando la representatividad (ΣR_i) entre cada valor del promedio de ventas por producto (M_i) y multiplicado por 100%:

$$P_i = (M_i / \Sigma R) * 100\% \quad (6)$$

- 5) La proporcionalidad (P_i) es de suma importancia, ya que es la pauta para iniciar la clasificación ABC, ésta se realiza ordenando de mayor a menor aplicando el principio de Pareto. Una vez que se tiene todo el listado de los artículos clasificados en ABC, se aplica el modelo Holt-Winters con la herramienta de SOLVER. Es importante determinar los valores de α , β y γ , ya que éstos minimizan el error al momento de hacer el pronóstico (Behera et al., 2023), los valores de α , β y γ , pueden seleccionarse subjetivamente o generarse al minimizarse una medida de error de pronóstico (Hanke & Wichern, 2010), para este caso, se tomaron los datos de ventas de la técnica ABC y se corrió una suavización exponencial simple para minimizar el error cuadrático medio, con el análisis de sensibilidad se obtuvo que α tiene un valor de 0.2692 (constante de suavización del nivel), β es igual a 0.2 (constante de suavización para el

estimado de tendencia) y γ tiene valor de 1 (constante de suavización para el estimado de estacionalidad).

Para el cálculo de L_i se analizaron los periodos de ventas y se observa que se tiene un patrón de ventas ascendente cada cuatro meses, por lo que para efectos de cálculo se tomara $L_i=4$. Utilizando las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) para cada periodo obteniendo así el nivel estimado L_i (serie suavizada exponencial), b_i la estimación de la tendencia, S_i corresponde al estimado de estacionalidad y Y_{i+m} corresponde al pronóstico de los periodos futuros, tal como se muestra en la Tabla No. 3.

Consideraciones Éticas: Cabe señalar que la empresa ha otorgado todas las facilidades de acceso a la información para el desarrollo de esta investigación, adquiriendo el compromiso por parte de los autores a conservar la confidencialidad, el buen uso de estos y el resultado de esta.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se muestran los datos para el análisis ABC, comprende los 124 artículos, incluyendo las ventas anualizadas según el costo unitario de cada uno, se muestra el total de la venta de todos sus productos ordenados de mayor a menor.

Tabla No. 1.

Registro de ventas y proporcionalidad de 124 productos.

Item	Producto	Color	Total	Proporción	Acum
1	Vaso infantil	Rojo	\$227,000.00	4.0%	4.0%
2	Vaso infantil	Amarillo	\$187,000.00	3.3%	7.3%
3	Jarra	Transparente	\$165,000.00	2.9%	10.1%
4	Vaso infantil	Azul	\$158,000.00	2.8%	12.9%
5	Jarra mini	Transparente	\$157,000.00	2.8%	15.7%
6	Vaso grande	Rojo	\$147,000.00	2.6%	18.2%
7	Vaso grande	Amarillo	\$142,000.00	2.5%	20.7%
8	Vaso grande	Azul	\$133,000.00	2.3%	23.1%
9	Exprimidor	Rojo	\$117,000.00	2.1%	25.1%
10	Vaso infantil	Verde	\$108,000.00	1.9%	27.0%
11	Vaso grande	Verde	\$103,000.00	1.8%	28.8%
12	Colador chico	Rojo	\$101,000.00	1.8%	30.6%
13	Salero grande	Amarillo/Rojo	\$100,000.00	1.8%	32.3%
14	Jarra mini	Azul	\$93,000.00	1.6%	34.0%
15	Exprimidor	Verde	\$89,000.00	1.6%	35.5%
16	Salero mini	Azul/Rojo	\$84,000.00	1.5%	37.0%
17	Exprimidor	Amarillo	\$82,500.00	1.4%	38.5%
18	Jarra mini	Verde	\$81,000.00	1.4%	39.9%
19	Vaso infantil	Rosa	\$80,000.00	1.4%	41.3%
20	Exprimidor de vaso	Rojo	\$77,000.00	1.3%	42.6%
21	Exprimidor	Azul	\$76,000.00	1.3%	44.0%
22	Pinzas grande	Amarillo	\$76,000.00	1.3%	45.3%
23	Cuchara grande	Amarillo	\$75,000.00	1.3%	46.6%
24	Colador chico	Amarillo	\$74,000.00	1.3%	47.9%
25	Colador grande	Rojo	\$72,000.00	1.3%	49.2%
26	Jarra mini	Amarillo	\$71,000.00	1.2%	50.4%
27	Salero grande	Azul/Rojo	\$69,000.00	1.2%	51.6%
28	Salero grande	Verde/Azul	\$69,000.00	1.2%	52.8%
29	Pinzas grande	Rojo	\$68,000.00	1.2%	54.0%
30	Bandeja grande	Rojo	\$67,000.00	1.2%	55.2%
31	Plato pastelero	Amarillo	\$64,000.00	1.1%	56.3%
32	Colador grande	Amarillo	\$64,000.00	1.1%	57.4%
33	Bandeja grande	Amarillo	\$62,000.00	1.1%	58.5%
34	Vaso grande	Rosa	\$60,000.00	1.1%	59.6%
35	Aplastador	Amarillo	\$60,000.00	1.1%	60.6%
36	Bandeja chica	Rojo	\$59,000.00	1.0%	61.7%
37	Cuchara grande	Verde	\$58,000.00	1.0%	62.7%
38	Salero mini	Amarillo/Rojo	\$58,000.00	1.0%	63.7%
39	Plato pastelero	Verde	\$57,000.00	1.0%	64.7%
40	Exprimidor de vaso	Amarillo	\$57,000.00	1.0%	65.7%
41	Aplastador	Rojo	\$56,000.00	1.0%	66.7%
42	Vaso infantil	Morado	\$55,000.00	1.0%	67.6%



Item	Producto	Color	Total	Proporción	Acum
43	Jarra mini	Rosa	\$53,000.00	0.9%	68.6%
44	Tortillero	Amarillo	\$50,000.00	0.9%	69.4%
45	Plato extendido	Amarillo	\$48,000.00	0.8%	70.3%
46	Servilletero	Rojo	\$48,000.00	0.8%	71.1%
47	Plato pastelero	Azul	\$47,000.00	0.8%	71.9%
48	Pinzas mini	Rojo	\$47,000.00	0.8%	72.8%
49	Jarra	Azul	\$46,000.00	0.8%	73.6%
50	Colador chico	Verde	\$46,000.00	0.8%	74.4%
51	Colador grande	Verde	\$44,000.00	0.8%	75.2%
52	Cuchara grande	Azul	\$44,000.00	0.8%	75.9%
53	Pinzas grande	Azul	\$44,000.00	0.8%	76.7%
54	Bandeja grande	Verde	\$42,000.00	0.7%	77.4%
55	Cuchara grande	Blanca	\$42,000.00	0.7%	78.2%
56	Exprimidor	Rosa	\$40,000.00	0.7%	78.9%
57	Bandeja chica	Amarillo	\$40,000.00	0.7%	79.6%
58	Salero mini	Verde/Azul	\$40,000.00	0.7%	80.3%
59	Colador grande	Azul	\$38,000.00	0.7%	80.9%
60	Bandeja grande	Azul	\$35,000.00	0.6%	81.6%
61	Colador chico	Azul	\$35,000.00	0.6%	82.2%
62	Jarra	Verde	\$34,000.00	0.6%	82.8%
63	Plato extendido	Rojo	\$34,000.00	0.6%	83.4%
64	Plato extendido	Rosa	\$33,000.00	0.6%	83.9%
65	Plato pastelero	Rojo	\$33,000.00	0.6%	84.5%
66	Pinzas grande	Verde	\$33,000.00	0.6%	85.1%
67	Jarra mini	Morado	\$32,000.00	0.6%	85.7%
68	Vaso grande	Morado	\$32,000.00	0.6%	86.2%
69	Colador grande	Rosa	\$30,000.00	0.5%	86.7%
70	Plato sobero	Amarillo	\$27,000.00	0.5%	87.2%
71	Exprimidor	Morado	\$27,000.00	0.5%	87.7%
72	Exprimidor de vaso	Verde	\$27,000.00	0.5%	88.2%
73	Plato extendido	Azul	\$26,200.00	0.5%	88.6%
74	Jarra	Rosa	\$26,000.00	0.5%	89.1%
75	Pinzas mini	Amarillo	\$26,000.00	0.5%	89.5%
76	Plato extendido	Morado	\$25,000.00	0.4%	90.0%
77	Bandeja grande	Morado	\$25,000.00	0.4%	90.4%
78	Bandeja grande	Rosa	\$23,000.00	0.4%	90.8%
79	Servilletero	Verde	\$23,000.00	0.4%	91.2%
80	Jarra	Amarillo	\$21,000.00	0.4%	91.6%
81	Cucharon	Rojo	\$21,000.00	0.4%	92.0%
82	Plato extendido	Verde	\$21,000.00	0.4%	92.3%
83	Exprimidor de vaso	Azul	\$21,000.00	0.4%	92.7%
84	Tortillero	Rojo	\$20,000.00	0.4%	93.0%
85	Pinzas grande	Rosa	\$20,000.00	0.4%	93.4%
86	Aplastador	Azul	\$19,500.00	0.3%	93.7%
87	Aplastador	Verde	\$17,500.00	0.3%	94.0%
88	Jarra	Morado	\$17,000.00	0.3%	94.3%
89	Plato sobero	Verde	\$16,500.00	0.3%	94.6%
90	Tortillero	Azul	\$16,500.00	0.3%	94.9%
91	Colador grande	Morado	\$16,000.00	0.3%	95.2%
92	Colador chico	Rosa	\$16,000.00	0.3%	95.5%
93	Bandeja chica	Verde	\$15,000.00	0.3%	95.7%
94	Tortillero	Verde	\$14,000.00	0.2%	96.0%
95	Pinzas mini	Verde	\$13,500.00	0.2%	96.2%
96	Cucharon	Verde	\$13,200.00	0.2%	96.5%
97	Exprimidor de vaso	Rosa	\$13,000.00	0.2%	96.7%
98	Bandeja chica	Azul	\$12,500.00	0.2%	96.9%
99	Cucharon	Amarillo	\$11,500.00	0.2%	97.1%
100	Plato sobero	Azul	\$10,500.00	0.2%	97.3%
101	Plato pastelero	Rosa	\$10,500.00	0.2%	97.5%
102	Servilletero	Azul	\$10,500.00	0.2%	97.7%
103	Servilletero	Amarillo	\$10,000.00	0.2%	97.8%
104	Aplastador	Rosa	\$9,500.00	0.2%	98.0%
105	Pinzas grande	Morado	\$9,500.00	0.2%	98.2%
106	Cucharon	Azul	\$8,500.00	0.1%	98.3%
107	Aplastador	Morado	\$8,000.00	0.1%	98.5%
108	Plato sobero	Rojo	\$7,500.00	0.1%	98.6%
109	Bandeja chica	Morado	\$7,500.00	0.1%	98.7%



Item	Producto	Color	Total	Proporción	Acum
110	Pinzas mini	Azul	\$7,500.00	0.1%	98.8%
111	Pinzas mini	Rosa	\$7,000.00	0.1%	99.0%
112	Tortillero	Rosa	\$6,500.00	0.1%	99.1%
113	Pinzas mini	Morado	\$6,500.00	0.1%	99.2%
114	Cucharon	Rosa	\$5,800.00	0.1%	99.3%
115	Bandeja chica	Rosa	\$5,500.00	0.1%	99.4%
116	Colador chico	Morado	\$5,500.00	0.1%	99.5%
117	Exprimidor de vaso	Morado	\$5,500.00	0.1%	99.6%
118	Cucharon	Morado	\$5,000.00	0.1%	99.7%
119	Plato pastelero	Morado	\$5,000.00	0.1%	99.8%
120	Servilletero	Rosa	\$4,500.00	0.1%	99.8%
121	Servilletero	Morado	\$2,700.00	0.05%	99.9%
122	Plato soperero	Rosa	\$2,300.00	0.04%	99.9%
123	Plato soperero	Morado	\$2,000.00	0.04%	100.0%
124	Tortillero	Morado	\$2,000.00	0.04%	100.0%

Elaboración propia (2024).

Con esta información se realizó el cálculo según la clasificación A, B, C. Tal como se muestra en la Figura 1, se observa que la categoría C tiene 84 artículos, la categoría B 33 artículos y en la A son 7 artículos.

Recordando que los incluidos en la A son altamente significativos, los B significativos o de importancia y los C de baja importancia.

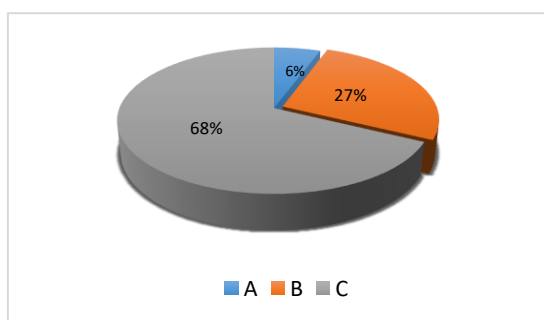


Figura 1. Gráfico con la clasificación ABC en cantidad de artículos.
Elaboración propia (2024).

Según el principio de Pareto, se muestra en la Figura 1, la representación de los productos por proporcionalidad, es decir, que 7 artículos representan las ventas en un 6%, 33 productos representan el 27% y 84 artículos representan el 68% del total de las ventas de los periodos en estudio.

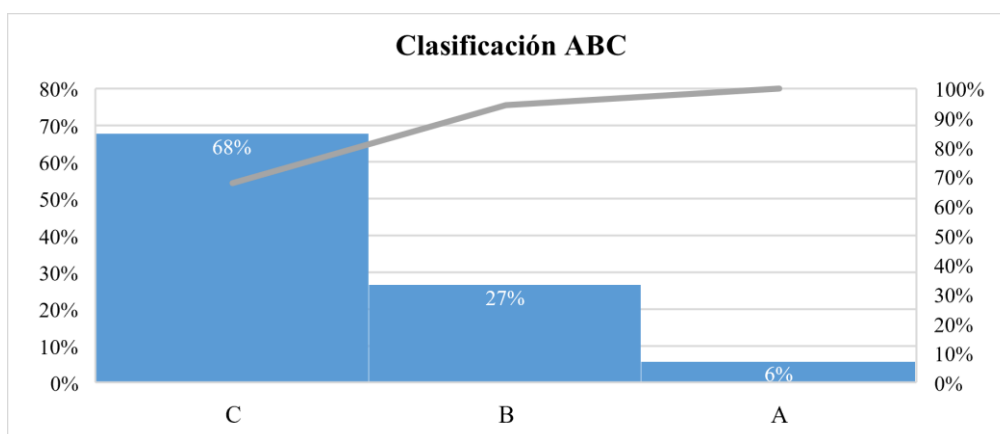


Figura 2. Gráfico con la clasificación ABC en proporcionalidad.
Elaboración propia (2024).

La clasificación ABC permitió optimizar los inventarios por medio de una planificación al menor costo y considerando los tiempos de entrega de materias primas de los proveedores. Se muestran las categorías por productos en A, B y C, según la Tabla 2.

Tabla No. 2.
Clasificación ABC por productos.

Categoría	Vaso infantil rojo	Vaso infantil amarillo	Jarra transparente	Vaso infantil azul
Categoría A	Jarra mini transparente	Vaso grande rojo	Vaso grande amarillo	
Categoría B	Colador chico rosa	Bandeja chica verde	Tortillero verde	Pinzas mini verde
	Cucharón verde	Exprimidor de vaso rosa	Bandeja chica azul	Cucharon amarillo
	Plato sopero azul	Plato pastelero rosa	Servilletero azul	Servilletero amarillo
	Aplastador rosa	Pinzas grande morado	Cucharón azul	Aplastador morado
	Plato sopero rojo	Bandeja chica morado	Pinzas mini azul	Pinzas mini rosa
	Tortillero rosa	Pinzas mini morado	Cucharon rosa	Bandeja chica rosa
	Colador chico morado	Exprimidor de vaso morado	Cucharon morado	Plato pastelero morado
	Servilletero rosa	Servilletero morado	Plato sopero rosa	Plato sopero morado
Categoría C	Tortillero morado			
	Vaso grande azul	Exprimidor rojo	Vaso infantil verde	Vaso grande verde
	Salero grande amarillo/rojo	Jarra mini azul	Exprimidor verde	Salero mini azul/rojo
	Jarra mini verde	Vaso infantil rosa	Exprimidor de vaso rojo	Exprimidor azul
	Cuchara grande amarillo	Colador chico amarillo	Colador grande rojo	Jarra mini amarillo
	Salero grande verde/azul	Pinzas grande rojo	Bandeja grande rojo	Plato pastelero amarillo
	Bandeja grande amarillo	Vaso grande rosa	Aplastador amarillo	Bandeja chica rojo
	Salero mini amarillo/rojo	Plato pastelero verde	Exprimidor de vaso amarillo	Aplastador rojo
	Aplastador rojo	Vaso infantil morado	Jarra mini rosa	Tortillero amarillo
	Servilletero rojo	Plato pastelero azul	Pinzas mini rojo	Jarra azul
	Colador grande verde	Cuchara grande azul	Pinzas grande azul	Bandeja grande verde
	Exprimidor rosa	Bandeja chica amarilla	Salero mini verde/azul	Colador grande azul
	Colador chico azul	Jarra verde	Plato extendido rojo	Plato extendido rosa
	Pinzas grande verde	Jarra mini morado	Vaso grande morado	Colador grande rosa
	Exprimidor morado	Exprimidor de vaso verde	Plato extendido azul	Jarra rosa
	Plato extendido morado	Bandeja grande morado	Bandeja grande rosa	Servilletero verde
	Jarra amarillo	Cucharón rojo	Plato extendido verde	Exprimidor de vaso azul
	Pinzas grande rosa	Aplastador verde	Jarra morado	Plato sopero verde
	Colador grande morado			

Elaboración propia (2024).

Una vez que se calculó la clasificación ABC, se aplica el método Holt-Winters. En la Tabla No. 3, se especifican los valores para el cálculo del pronóstico de los próximos 4 periodos (L_i), también se hace el cálculo del error para poder ajustar el valor promedio del pronóstico DMA, considerando que X_i corresponde al promedio de ventas de los cuatro periodos a analizar, L_i corresponde al pronóstico suavizado, B_i es la tendencia de los datos y Y_{i+m} es el pronóstico para los periodos futuros en estudio.

Tabla No. 3.
Valores de ventas promedio por el método Holt-Winters para 124 productos.

Mes	t	X_i	L_i	B_i	S_i	Y_{i+m}	Error
	-2				1		
	-1				1		
	0				1		
Ene	1	165200	165200	0	1		
Feb	2	211500	177664.57	1	1.2	165200	46300
Mar	3	192000	181524.588	1	1.1	177666	14334
Abr	4	265000	203998	2	1.3	181526	83474
May	5	204000	204000	2	1.0	204000	0
Jun	6	270500	210254.165	2	1.3	242853	27647

Jul	7	212000	207611.747	2	1.0	222390	10390
Ago	8	285500	210888.787	3	1.4	269697	15803
Sep	9	216000	212266.986	3	1.0	210892	5108
Oct	10	262000	209948.642	3	1.2	273093	11093
Nov	11	217000	210639.914	3	1.0	214389	2611
Dic	12	320000	217569.718	3	1.5	285167	34833
Ene	13					221399	
Feb	14					271518	
Mar	15					224148	
Abr	16					320018	
						DMA	22872

Elaboración propia (2024).

Además, con el Holt-Winters se puede conocer el Inventario de Seguridad (SS), cuando existe incertidumbre en la demanda durante el tiempo de producción, en ocasiones se presenta un agotamiento de existencia, por lo que deben tenerse unidades adicionales en el inventario (Rios et al., 2008). Para tal efecto se emplea la siguiente ecuación:

$$SS = (DMA) (SF) \quad (7)$$

Donde DMA es la desviación absoluta media de los datos de las ventas en el periodo considerado y SF el nivel de servicio de acuerdo con una distribución normal, regularmente del 90% (Riggs, 2018) (Hopeman, 2009). El Inventario de Seguridad (SS), aplicando la ecuación (7), para esta serie de datos se calculó a partir del DMA que arrojó el pronóstico, para este caso de 22,872 considerando un 90% de nivel de servicio, entonces el SS es de 20,584.8.

En la Figura No. 3, se observa el pronóstico calculado y las ventas reales para los periodos analizados, se observa la estacionalidad de 4 periodos y el pronóstico calculado a los meses siguientes.

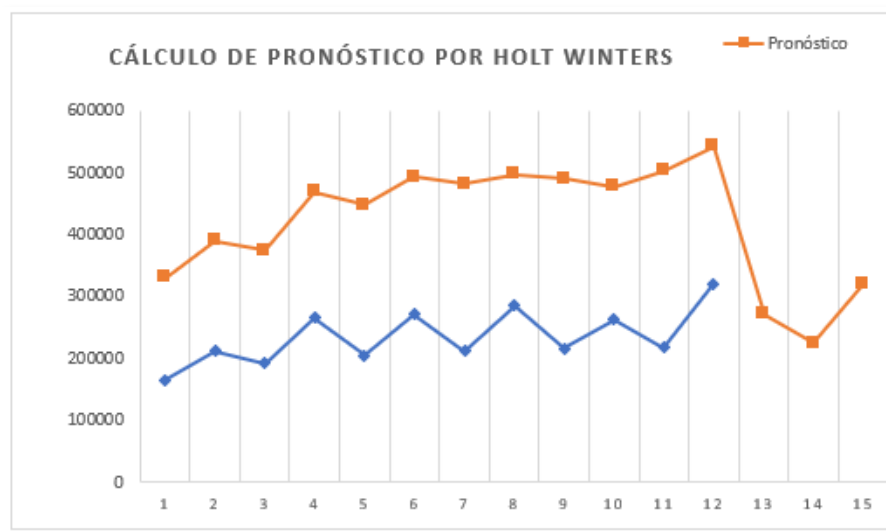


Figura 3. Gráfico de Holt-Winters en caso de estudio.

Elaboración propia (2024).

Conclusiones

Con las técnicas aplicadas de ABC y Holt-Winters, se alcanzaron soluciones óptimas para la identificación del comportamiento de ventas de los productos de la empresa caso de estudio. La integración del análisis bajo la técnica ABC en función de las finanzas de la organización según las mayores ventas por producto, ahora es de total conocimiento los productos de menor venta para la toma de decisiones e igualmente los de mayor venta para la previsión de artículos y compra de materia primas.

Por otro lado, durante el desarrollo de la investigación, se alcanzó el objetivo planeado, esto es, proponer un modelo de Sistema de control de inventario para la identificación de todos sus productos y prevenir

cualquier cambio en el flujo de materiales al momento de su adquisición. Con esta información se podrá planificar las compras de manera sistemática, considerar los espacios para el almacenamiento de las mismas, considerar el tiempo de fabricación para cada producto, ubicar los espacios destinados para el producto terminado e inclusive, planificar la logística de entrega para el cliente.

Con la técnica de Holt-Winters se identificó la cantidad de productos terminados que se requieren en el almacén para garantizar la oportuna entrega con los clientes. Además, si la empresa del caso de estudio está interesada en mejorar sus prácticas de almacen, puede generar políticas de actuación para la fabricación, almacenamiento y entrega, con el fin de disminuir los costos. La combinación de ambos procedimientos, ABC y Holt Winters, aporta al Sistema de inventarios mayor confianza en el tratamiento de los datos, ya que si bien su aplicación individual es valiosa, con el uso de ambas genera mucho menor margen de error en la toma de decisiones.

En la región oriente del estado de México, ubicación de la empresa del caso de estudio, existen empresas del orden familiar o pyme que no necesariamente cuentan con conocimiento de este tipo técnicas para mejorar su Sistema de inventarios, lo que aporta a estas grandes ventajas en el manejo de sus costos. En un futuro se recomienda, darle seguimiento a la propuesta conforme datos actualizados de las ventas y evaluar el impacto de fabricar productos que su aportación es mínima y focalizarse en los que generan mayor impacto en las ventas.

Limitaciones: En el desarrollo de la presente investigación, se utilizaron datos históricos y el análisis se realizó sobre éstos periodos, sin embargo si se tomaran otros, el resultado es limitativo para determinar la demanda futura por el método Holt-Winters bajo ciertos contextos.

Referentes Bibliográficas

- Adeyinka, D., & Muhajarine, N. (2020). Time series prediction of under-five mortality rates for Nigeria: Comparative analysis of artificial neural networks, Holt-Winters exponential smoothing and autoregressive integrated moving average models. *BMC medical research methodology*, 20, 1-11. <http://doi.org/10.1186/s12874-020-01159-9>
- Ahmadi, A., Daccache, A., Sadegh, M., & Snyder, R. L. (2023). Statistical and deep learning models for reference evapotranspiration time series forecasting: A comparison of accuracy, complexity, and data efficiency. *Computers and Electronics in Agriculture*, 215, 108424. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108424>
- Alhamad, I. A. (2022). The Role of Emotional Marketing and eWOM in Sustaining Competitive Advantage in the Digital Era: A Dynamic Capabilities-Based Strategic Framework. *Amazonia Investiga*, 11(51), 281-290. <https://doi.org/10.34069/AI/2022.51.03.28>
- Behera, S. R., Panigrahi, N., Bhoi, S. K., Sahoo, K. S., Jhanjhi, N. Z., & Ghoniem, R. M. (2023). Times series based edge resource prediction and parallel optimal task allocation in mobile edge computing environment. *Processes*, 11(4), 1017. <https://doi.org/10.3390/pr11041017>, 1-26
- Calzado, Z. (2022). Proyecto de codificación industrial en la gestión de inventarios. *Ciencias Holguín*, 28(3), 1-6.
- Díaz, D. (1996). *Compras e inventarios*. Madrid. Díaz de Santos. ISBN: 84-7978-284-6
- Flores Tananta, D. C. A., Arévalo Arévalo, M. J. G., Pérez Hidalgo, M. J., & Escalante Torres, M. J. A. (2022). Gestión del inventario y el rendimiento financiero en las empresas automotrices Tarapoto. *Revista Multidisciplinaria Ciencia Latina*, 6(1), 2007-2028. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1631
- García-Pacheco, M. C., & San Andrés-Laz, E. M. (2021). Diseño de un sistema de gestión por procesos para el manejo de inventarios. caso: ferretería quiroz. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(9 Ed. esp.), 180-203. <https://doi.org/10.46296/yc.v5i9edespsoc.0118>
- González, A., & Arriagada-Benítez, M. (2023). Improvement in the purchase of imported goods through machine learning models for intelligent decision making. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 31(1), 11.
- Hanke, J., & Wichern, D.W. (2010). *Pronósticos en los negocios*. 9a. Edición. Washington: Pearson Educacion. ISBN: 978-607-442-700-4
- Hopeman, R. (2009). *Administración de producción y operaciones*. 26 Reimpresión. México, 434-437. ISBN 978-968-26-0629-8

- Jiang, W., Wu, X., Gong, Y., Yu, W., & Zhong, X. (2020). Holt–Winters smoothing enhanced by fruit fly optimization algorithm to forecast monthly electricity consumption. *Energy*, *193*, 116779. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116779>
- Kumari, S., & Singh, S. K. (2023). Machine learning-based time series models for effective CO2 emission prediction in India. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(55), 116601-116616. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21723-8>
- Kuznetsova, N., Tkachuk, V., Obikhod, S., Vlasenko, T., Samborska, O., & Chorna, L. (2022). Desarrollo del capital humano en una economía creativa. *Amazonia Investiga*, *11*(54), 349-356. <https://doi.org/10.34069/AI/2022.54.06.33>
- Ladrón, M. (2020). *Gestión de Inventarios*. Madrid. Tutor Formación. <https://acortar.link/SX1vwP>
- Leite Coelho da Silva, F., da Costa, K., Canas Rodrigues, P., Salas, R., & López-Gonzales, J. L. (2022). Statistical and artificial neural networks models for electricity consumption forecasting in the Brazilian industrial sector. *Energies*, *15*(2), 588. <https://doi.org/10.3390/en15020588>
- Nurhamidah, N. (2020). Forecasting seasonal time series data using The Holt-Winters exponential smoothing method of additive models. *Journal of Integrative Mathematics*, *16*(2). <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n2.29293.151-157>
- Pradini, D., & Kusumastuti, R. (2023). Inventory análisis using multi-criteria ABC and ISM method – a case study in Indonesia’s aviation MRO. *Quantitative economics and management studies (QEMS)*, *5*(1), 22-31 <https://doi.org/10.35877/454RI.qems2166>
- Riggs, J. (2018). *Sistemas de Producción. Planeación, análisis y control. 3a Edición*. México: Limusa. ISBN: 978-968-18-4878-1
- Rios, F., Martínez A., Palomo, T., Cáceres, S., & Díaz, M. (2008). Inventarios probabilísticos con demanda independiente de revisión continua, modelos con nuevos pedidos. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, *15*(3), 251-258.
- Seijas Rodríguez, B. (2021). Gestión de Inventarios eficiente por la aplicación de Control Interno. *Vinculatégica EFAN*, *7*(1), 660-669. <http://doi.org/10.29105/vtga7.2-21>
- Trull, Ó., García-Díaz, J., & Troncoso, A. (2020). Stability of Multiple Seasonal Holt-Winters models applied to hourly electricity demand in Spain. *Applied Sciences*, *10*(7), 2630. <http://doi.org/10.3390/app10072630>
- Vesga Acevedo, D. (2020). *Modelo de planeación de inventarios para E-commerce, utilizando herramientas de inteligencia artificial para hacer pronósticos de demanda y clasificación de inventarios*. (Trabajo de grado – Maestría) Universidad de los Andes.
- Zeljko, S., & Becirovic, M. (2021). ABC/XYZ Inventory management model in a construction material warehouse. *Alphanumeric Journal*, *9*(2), 325-334 <http://doi.org/10.17093/alphanumeric.1052034>
- Zowid, F., Babai, M., & Douissa, M. (2019). Multicriteria inventory ABC classification using Gaussia Mixture Model. *IFAC-PapersOn Line*, *52*(13), 1925-1930. <http://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.484>