

## Reporte de caso

Cómo citar: A. T. Parga-Prieto y J. A. Aranda-Pinilla, "Políticas de inventario para demandas con tendencia y aleatoriedad. Caso comercializadora de lubricantes", *Inventum*, vol. 13, no. 24, pp. 50-57, enero - junio, 2018. doi: 10.26620/uniminuto.inventum. 13.24.2018.50-57

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

Recibido: 10 de enero de 2018

Aceptado: 25 de febrero de 2018

Publicado: 2 de abril de 2018

**Conflicto de intereses:** los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

# POLÍTICAS DE INVENTARIO PARA DEMANDAS CON TENDENCIA Y ALEATORIEDAD. CASO COMERCIALIZADORA DE LUBRICANTES

## INVENTORY POLICIES FOR DEMANDS WITH TREND AND RANDOMNESS. LUBRICANTS MARKETING CASE

# POLÍTICAS DE INVENTÁRIO PARA DEMANDAS COM TENDÊNCIA E ALEATORIEDADE. CASO COMERCIALIZADORA DE LUBRIFICANTES

Angie Tatiana Parga-Prieto; Johan Alexander Aranda-Pinilla

### Resumen

En la actualidad los inventarios son considerados como desperdicios que, debido a que no generan valor agregado, deben ser reducidos o eliminados. Sin embargo, esta reducción de inventarios no debe llevar a una disminución del nivel de servicio al cliente o generación de déficit. Considerando esto, en el presente artículo se proponen políticas de inventario que buscan mantener un nivel previamente definido de servicio al cliente con el menor costo de gestión de inventario. El trabajo se aplica en una compañía comercializadora de lubricantes cuya demanda presenta una tendencia creciente y está sujeta a aleatoriedad. Se define el modelo de pronóstico que más se ajusta al comportamiento de la demanda, y se comprueba estadísticamente que el error del mismo se ajusta a una distribución normal con media igual a cero. Las definiciones de las políticas se basan en la combinación de técnicas heurísticas para demandas no homogéneas, como Silver Meal y Wagner-Whitin, para definir los periodos de pedido y modelos para demandas estocásticas, como los modelos de revisión periódica, para sistemas de inventarios multiproducto, en los cuales, por medio de la función de densidad de probabilidad de los errores del pronóstico, se define el stock de seguridad de cada periodo. Aplicando las técnicas previamente mencionadas se logra obtener una política en la cual el tiempo entre periodos es variable al igual que la cantidad, lo cual no se hubiese podido obtener por medio del uso de técnicas de revisión periódica. Así se demuestra que la definición de políticas de inventario en sistemas reales requiere de la integración y adaptación de diferentes modelos de inventario para lograr ser eficientes.

**Palabras clave:** Inventarios, multiproducto, heurística, demanda estocástica, revisión periódica.

### Abstract

At present, inventories are considered as waste, because they do not generate added value, and so they must be reduced or eliminated. However, this reduction in inventories should not lead to a decrease in

Angie Tatiana Parga-Prieto  
atparga46@ucatolica.edu  
Universidad Católica de Colombia

Johan Alexander Aranda-Pinilla  
jaaranda@ucatolica.edu.co  
Universidad Católica de Colombia

Copyright:



the level of customer service or generation deficit. Considering this, this article proposes inventory policies that seek to maintain a previously defined level of customer service with the lowest cost of inventory management. The work is applied in a lubricant trading company whose demand shows a growing trend and is subject to randomization. The forecast model that best fits the demand behavior is defined, and it is statistically verified that the error fits a normal distribution with an average equal to zero. Policy definitions are based on the combination of heuristic techniques for inhomogeneous demands, such as Silver Meal and Wagner-Whitin, to define order periods and models for stochastic demands, such as periodic review models, for multi-product inventory systems, in which, by means of the probability density function of the forecast errors, the security stock of each period is defined. Applying the previously mentioned techniques, it is possible to obtain a policy in which the time between periods is variable as well as the quantity, which could not have been obtained through the use of periodic review techniques. This demonstrates that the definition of inventory policies in real systems requires the integration and adaptation of different inventory models to be efficient.

**Keywords:** Inventory, multi-product, heuristic, stochastic demands, periodic review.

### **Resumo**

Na atualidade os inventários são conceituados como desperdícios que, como não geram valor agregado, devem ser reduzidos ou eliminados. No entanto, esta redução de inventários não deve levar a uma diminuição do nível de serviço ao cliente ou geração de déficit. Considerando isto, no presente artigo se propõem políticas de inventário que procuram manter um nível previamente definido de serviço ao cliente com o menor custo de gerenciamento de inventário. O trabalho aplica-se numa empresa comercial de lubrificantes cuja demanda apresenta uma tendência crescente e está sujeita à aleatoriedade. Define-se o modelo de prognóstico que mais se ajusta ao comportamento da demanda, e se comprova estatisticamente que o erro do mesmo se ajusta a uma distribuição normal com média igual a zero. As definições das políticas baseiam-se na combinação de técnicas heurísticas para demandas não homogêneas, como Silver Meal e Wagner-Whitin, para definir os períodos de pedido e modelos para demandas estocásticas, como os modelos de revisão periódica, para sistemas de inventários multi-produto, nos quais, por meio da função de densidade de probabilidade dos erros do prognóstico, define-se o estoque de segurança de cada período. Aplicando as técnicas previamente mencionadas consegue-se obter uma política na qual o tempo entre períodos é variável ao igual que a quantidade, o qual não se tivesse podido obter por meio do uso de técnicas de revisão periódica. Assim se demonstra que a definição de políticas de inventário em sistemas reais requer da integração e adaptação de diferentes modelos de inventário para conseguir ser eficientes.

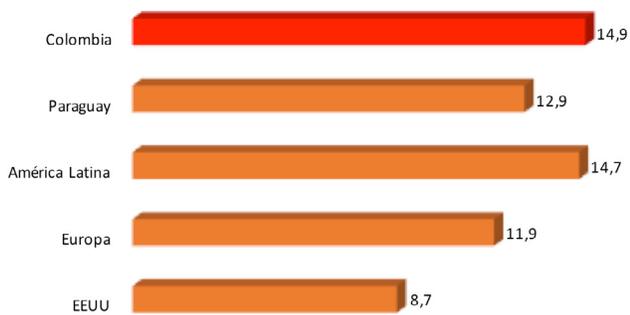
**Palavras-chave:** Inventários, multiproduto, heurística, demanda estocástica, revisão periódica.

## INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios se han realizado para determinar los costos logísticos para la economía en general y a nivel empresarial. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI), el promedio de los costos logísticos es alrededor del 12 % del producto nacional bruto del mundo. Para una empresa los costos logísticos se han extendido de un 4 % hasta más del 30 % del volumen de sus ventas, siendo el 11 % el costo logístico promedio del volumen según Ballou [1].

En Colombia, de acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en la Encuesta Nacional de Logística realizada en 2015, el costo total de la logística como porcentaje de ventas es de 14,9 % (ver figura 1), siendo más alto que el promedio de América Latina que corresponde al 14,7 % [2].

Figura 1. Costo total de logística como porcentaje de ventas en países de referencia



Fuente: [2]

Particularmente, los costos asociados a logística de inventarios y almacenamiento representan el 29 % de los costos logísticos en el país. Por esto, la gestión integrada de manejo y control de inventarios dentro de la cadena de abastecimiento se convierten en un aspecto clave para impulsar el sector logístico del país.

Según Hernández y Vizán [3], el almacenamiento de productos presenta la forma de desperdicio más clara dentro de una organización debido a que esconden ineficiencias y problemas crónicos, encubre productos muertos que generalmente se detectan una vez al año cuando se realizan los inventarios físicos. Se trata de productos y materiales obsoletos, defectuosos, caducados, rotos, etc., pero que no se han dado de baja, y por ende necesitan de cuidados, mantenimiento, vigilancia, contabilidad, gestión, etc.

De acuerdo con [1], los sistemas de logística eficiente permiten a las empresas tomar ventajas

competitivas respecto a las demás; la logística es la esencia del comercio y por medio de la acción conjunta entre transporte e inventario se permite agregar valor tanto al cliente como al proveedor, y los accionistas de la empresa. Este valor logístico se expresa principalmente en términos de tiempo y lugar.

La implementación de políticas de inventario en la comercializadora busca tanto la estandarización de procesos de abastecimiento como la reducción en los costos que involucran los mismos en función de garantizar un nivel mínimo previamente establecido por las partes interesadas de satisfacción al cliente, como la minimización de los costos de realizar una orden, el mantenimiento o la previsión errónea de ventas que entorpezca la toma de decisiones.

En el escenario de hoy, los procesos de la cadena de suministro han influido mucho en las empresas y los oficios a nivel mundial. Como lo manifiesta Venugopalan [4], las necesidades de los clientes se buscan para ser satisfechas reduciendo los tiempos de entrega, lo que conduce a la mejora de la entrega con los estándares de calidad y precios razonables que se tienen en cuenta. Las demandas de los clientes pueden variar de vez en cuando. Teniendo en cuenta los datos históricos e interpretando y analizando todos los factores involucrados, las empresas/organizaciones pueden pronosticar cuál es el escenario comercial en el futuro. Esto ayuda a cualquier organización en la sistematización de sus productos/servicios, la gestión de inventarios y acuerdos de almacenamiento. Todo esto lleva a un crecimiento positivo tanto para los proveedores como para los compradores, a largo plazo. La gestión de la cadena de suministro o SCM por sus siglas en inglés, Supply Chain Management, ha sido el paradigma de investigación dominante de las últimas décadas. Se han realizado considerables esfuerzos en el desarrollo de modelos de decisión para resolver problemas relacionados con la cadena de suministro.

Según Glock [5], el impacto que tienen las cantidades de pedido, producción y envío, influye de manera significativa en las decisiones coordinadas de reposición de inventario y el desempeño en la cadena de abastecimiento. Por otra parte, ese mismo año, Moshrefi [6] analizaba los efectos de la coordinación de la cadena de suministro en la gestión de inventarios en donde, por medio de un modelo matemático para la toma de decisiones, concluye que la gestión coordinada del control de inventarios a lo largo de la cadena de suministro es una más rentable en comparación con la situación tradicional. Adicional a los modelos

estudiados en ese año para la toma de decisiones en la gestión coordinada de inventarios dentro de la cadena de abastecimiento, [7] Eruguz desarrollaron un modelo de servicio garantizado o GSM por sus siglas en inglés, Guaranteed Service Model, con el objetivo de encontrar la ubicación óptima del stock de seguridad.

De acuerdo con [8] Ghiami, la mayoría de los estudios realizados en este campo son desde el punto de vista de una sola compañía. Así, ellos diseñaron un modelo desde la perspectiva *supply chain*, lo que significa que, al determinar las políticas de inventario óptimas, los costos del mayorista y del minorista se consideran y minimizan simultáneamente por medio de un algoritmo genético.

A lo largo del tiempo se han identificado diferentes métodos de solución a la problemática en la toma de decisiones en la gestión de inventarios, un ejemplo de esto es el método de Taleizadeh [9], quienes desarrollaron un algoritmo meta heurístico y lo compararon con otras posibles soluciones para dar respuesta a diferentes ejemplos matemáticos. Según Samak-Kulkarni [10] en la mayoría de las compañías de mediana escala, es un problema crucial ordenar en cantidades adecuadas en el momento adecuado, razón por la cual toman en consideración varios modelos, tales como: por tamaño de lote, cantidad de orden económico, cantidad de orden periódica, menor coste unitario, menor coste total, menor coste de período, algoritmo de Wagner-Whitin etc., para determinar la política de ordenación que minimizará el costo total del inventario, mostrando que el algoritmo Wagner-Whitin da el costo óptimo. Adicionalmente, también se evidencia el interés por realizar un análisis acertado del comportamiento de la demanda para evitar ineficiencias dentro de la cadena de suministro en la toma de decisiones. Así, Tanweer [11] proponen un modelo de optimización para mitigar la diferencia de suma entre el orden real y el pronóstico de demanda de múltiples productos. De igual modo, utilizan la técnica de suavizado exponencial para predecir la demanda de productos.

En una propuesta de un modelo EOQ, realizado por Cárdenas-Barrón [12], se demostró que el beneficio promedio de la cadena con el sistema de colaboración es más rentable que el beneficio promedio de

la cadena con el no colaborativo. Una de las técnicas para la gestión de inventarios en colaboración es la del inventario administrado por el vendedor o VMI por sus siglas en inglés, Vendor Managed Inventory. Este tipo de modelo tiene como objetivo encontrar frecuencias de reabastecimiento y cantidades de pedidos para minimizar el costo total de inventario en colaboración del proveedor con varios clientes [13].

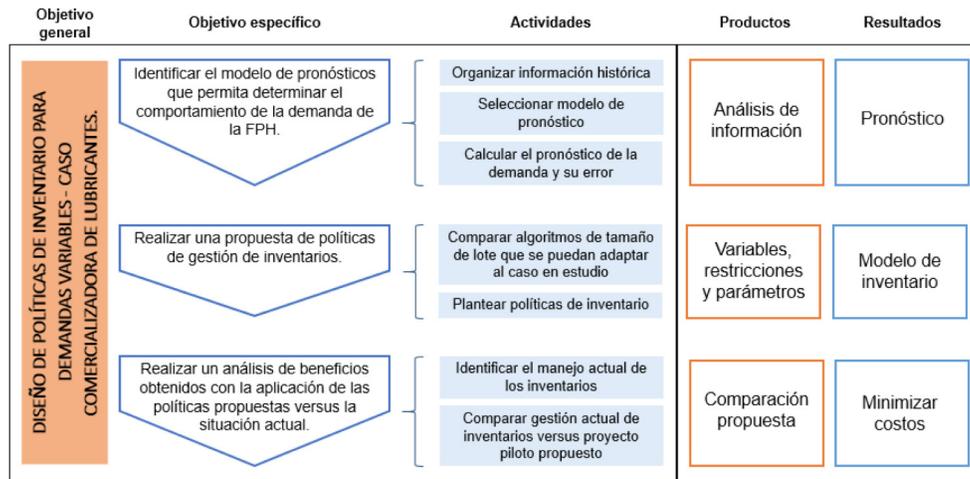
No obstante, pese a la importancia de la gestión coordinada de inventarios dentro de una cadena de suministro, para el buen desarrollo económico no solo de una compañía en particular sino de un país, Bushuev [14] detectaron que, durante estas últimas diez décadas, no se ha publicado ningún documento seminal que revise el campo del tamaño del lote de inventario. Esta limitación ha sido identificada en la literatura por varios investigadores a través de los años, lo cual deja las puertas abiertas a futuras investigaciones.

## METODOLOGÍA

Para el análisis y desarrollo del proyecto de políticas de inventario, se realiza el análisis del comportamiento de la demanda agregada de trece productos en un lapso de dos años. Conforme con los resultados del mismo, se utiliza el método Holt con corrección por tendencia para determinar el comportamiento futuro de la demanda. Una vez elaborado el pronóstico se analiza el error del pronóstico por medio de una prueba de bondad de ajuste para demostrar que se distribuye de manera normal con media en cero. Posteriormente, se establecen las políticas de inventario, iniciando por la definición de los periodos a pedir al proveedor a través de los algoritmos Silver-Meal, costo unitario mínimo y Wagner-Whitin. Con los momentos de pedido definidos, se procede a desagregar la demanda y a realizar los pronósticos de cada uno de los trece productos con el fin de determinar las cantidades a pedir y stock de seguridad requeridos para cada producto mediante la aplicación del modelo de revisión periódica.

A continuación, en la figura 2, se muestra las diferentes actividades a realizar para lograr el objetivo propuesto.

Figura 2. Fases del estudio

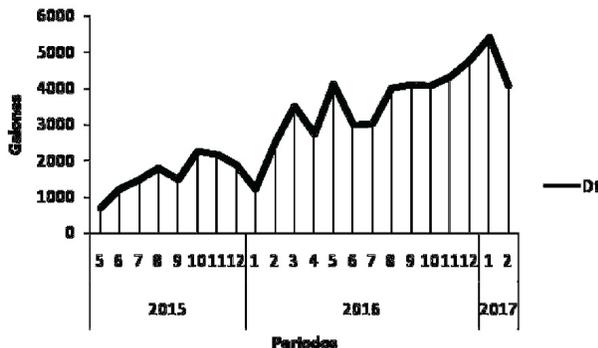


Fuente: elaboración propia.

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

En el sistema en estudio se tienen trece productos con los cuales se realizó un pronóstico de la demanda agregada, en galones, para poder definir qué cantidad se debe pedir al proveedor y en qué momentos hacerlo. Se trata de un tipo de demanda variable debido a que su comportamiento en el mercado presenta una tendencia lineal creciente y una aleatoriedad que obedece a la inestabilidad del mismo en el mercado Sipper & Bulfin [15]. A continuación, se muestra el comportamiento de la demanda agregada (ver figura 3).

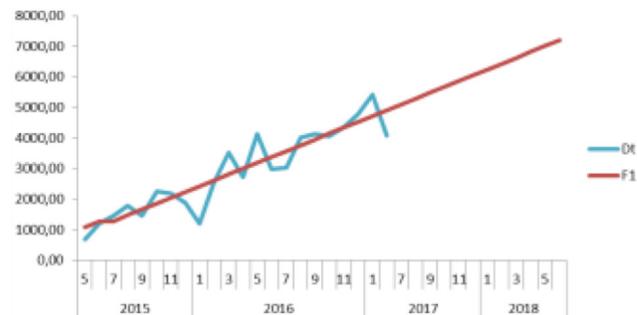
Figura 3. Comportamiento Dt agregada



Fuente: elaboración propia.

Se obtiene el pronóstico por el método del Holt (ver figura 4).

Figura 4. Pronóstico Dt agregada



Fuente: elaboración propia.

Se realiza el cálculo de los errores asociados al pronóstico de la siguiente forma:

$$MSEn = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Et^2 = 246314. MADn = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n At = 340. MAPEn = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Et|}{Dt} 100}{n} = 17.9\%$$

Para el análisis del error del pronóstico se opta por realizar pruebas de bondad de ajuste, donde la hipótesis establece que se sigue una distribución normal con centro en cero y una desviación estándar de 507 (obtenida a partir de los errores). Obteniendo como resultados, por medio de las mencionadas pruebas, que no existen datos suficientes para rechazar  $H_0$ ; se concluye que la distribución de la variable en estudio presenta una distribución normal con  $\mu=0$  y  $\sigma= 507$ , por ende los valores de los errores observados proporcionan un buen ajuste a los errores esperados.

## POLÍTICAS DE INVENTARIO

### Frecuencia de pedidos

Se realiza el cálculo para la obtención de los periodos de pedido por medio de tres métodos diferentes. Se obtiene la solución óptima con los dos algoritmos tanto Silver - Meal como con Wagner - Whitin (ver tabla 1).

Tabla 1. Resultados heurísticas - Tamaño de lote

PERIODO	CANTIDAD A PEDIR (GALONES)		
	Silver-Meal	Método CUM	Wagner-Whitin
1	10396	10396	10396
2	0	0	0
3	11160	11160	11160
4	0	0	0
5	11924	11924	11924
6	0	0	0
7	12688	12688	12688
8	0	0	0
9	6630	13452	12688
10	6821	0	6821
11	7012	7012	7012
12	7203	7203	7203
Costo	\$ 284,039	\$ 284,074	\$ 284,039

Fuente: elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, para los primeros meses se deben realizar pedidos cada dos meses y en los últimos cuatro meses, cuando la demanda es más alta, se deben hacer pedidos mensuales.

Una vez definidos los momentos de pedido al proveedor, se hace un pronóstico para cada uno de los trece productos, para aplicar el modelo de revisión periódica y definir así los niveles objetivos de inventario y el inventario o stock de seguridad para cada uno de ellos. El procedimiento y resultados se presentan a continuación.

### DEFINICIÓN DE TAMAÑOS DE PEDIDO Y STOCK DE SEGURIDAD

Se obtiene el nivel de inventario objetivo (decisión de cantidad) donde se establece el inventario de seguridad que permita cumplir con un nivel de servicio  $\alpha = 95\%$ , se instaura un punto  $S$ , el cual determina el nivel de inventario objetivo. Con un tiempo de entrega para las órdenes  $\tau = 5$ , se establecen los siguientes parámetros para la distribución de la demanda en el tiempo de entrega:  $\bar{D} T + \tau = \bar{D} t (T + \tau)$  con una varianza en el tiempo de entrega de  $\sigma^2 T + \tau = (\sigma^2 t)(T + \tau)$ ,  $S$  estará dado por  $\tau$ , siendo así este será:  $S = \bar{D} (T + \tau) + s$  (Sipper & Bulfin, 1998). (Ver tabla 2).

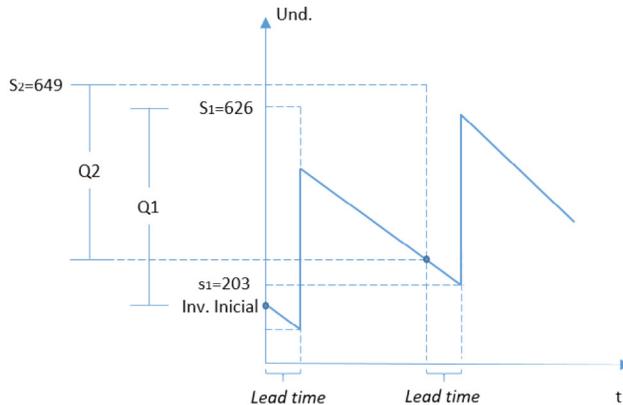
Tabla 2. Resultados modelo de revisión periódica

MES	PEDIDO	VALOR	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
1	1	S	626	1101	1127	1204	806	798	398	684	1354	373	335	350	277
2		s	203	261	242	191	145	386	82	208	689	66	85	97	71
3	2	S	649	1152	1183	1274	846	810	416	730	1425	391	357	370	288
4		s	203	261	242	191	145	386	82	208	689	66	85	97	71
5	3	S	671	1204	1239	1344	885	822	433	775	1497	410	379	391	299
6		s	203	261	242	191	145	386	82	208	689	66	85	97	71
7	4	S	694	1255	1295	1414	924	834	451	821	1569	429	401	412	311
8		s	203	261	242	191	145	386	82	208	689	66	85	97	71
9	5	S	615	654	675	738	481	432	234	434	830	223	211	216	161
		s	107	137	128	100	77	204	43	110	363	35	45	51	37
10	6	S	626	667	689	756	491	435	238	445	848	228	217	221	164
		s	107	137	128	100	77	204	43	110	363	35	45	51	37
11	7	S	637	680	703	773	501	438	243	457	866	233	223	227	167
		s	107	137	128	100	77	204	43	110	363	35	45	51	37
12	8	S	649	693	717	791	510	441	247	468	884	238	228	232	170
		S	107	137	128	100	77	204	43	110	363	35	45	51	37

Fuente: elaboración propia.

La interpretación de los resultados de se puede ver en el figura 5 donde se presenta el comportamiento de inventario durante los primeros dos pedidos, que abarca los cuatro primeros meses del producto 1.

Figura 5. Comportamiento de inventario ejemplo



Fuente: elaboración propia.

En el Figura 5, los puntos resaltados representan los niveles de inventario reales al momento de hacer los pedidos 1 y 2 respectivamente. La cantidad a pedir ( $Q_1$  y  $Q_2$ ) será la diferencia entre ese nivel y los valores “S”, los cuales permitirán tener un inventario de seguridad promedio de nivel “s” al momento de la llegada del siguiente pedido.

## CONCLUSIONES

La definición de políticas de inventario en sistemas reales, donde las demandas pueden estar sujetas a comportamientos de estacionalidad, tendencia y aleatoriedad, requieren de la integración y adaptación de varios modelos de inventario para lograr ser eficientes y eficaces. En el caso aplicado, donde las demandas de los trece productos presentan tendencia y aleatoriedad, fue necesaria la aplicación de técnicas de loteo sobre demandas agregadas y el modelo de revisión periódica por pedido.

En la aplicación de técnicas de loteo se observó que con los métodos Silver Meal y el  $CUM$  se obtuvieron resultados iguales o muy parecidos, en cuanto al costo, que el obtenido con Wagner Whitin, el cual sí asegura el óptimo en el periodo de planeación definido.

Las técnicas de loteo manejan unidades discretas de tiempo, por tanto, el menor tiempo posible entre pedidos será esa unidad, que para el caso aplicado se definió como un mes. Los resultados obtenidos

muestran que para los últimos meses del año los pedidos deben ser mensuales, sin embargo, es posible que el mejor tiempo entre pedidos sea aún menor, por ejemplo, dos o tres semanas, lo que requeriría un análisis de demandas por semanas.

## REFERENCIAS

- [1] R. Ballou, *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación, 2004.
- [2] Departamento Nacional de Planeación, *Encuesta Nacional de Logística: Resultados Nacionales 2015*. Bogotá D.C., 2015.
- [3] J. C. Hernández & A. Vizán, *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial, 2013.
- [4] J. Venugopalan *et al.*, “Analysis of decision models in supply chain management”, *Procedia Engineering*, no. 97, pp. 2259 - 2268, 2014.
- [5] C. H. Glock, “The joint economic lot size problem: A review”, *International Journal of Production Economics*, vol. 135, no. 2, pp. 671-686, 2012.
- [6] F. Moshrefi, “An integrated vendor-buyer inventory model with partial backordering”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 23, no. 7, pp. 869-884, 2012.
- [7] A. S. Eruguz, “A review of the Guaranteed-Service Model for multi-echelon inventory systems”, In *IFAC Proceedings*, no. 14, pp. 1439-1444, 2012.
- [8] Y. Ghiami, “A two-echelon inventory model for a deteriorating item with stock-dependent demand, partial backloging and capacity constraints”, *European Journal of Operational Research*, vol. 231, no. 3, pp. 587-597, 2013.
- [9] A. A. Taleizadeh *et al.*, “Revisiting a fuzzy rough economic order quantity model for deteriorating items considering quantity discount and prepayment”, *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 57, no. 5-6, pp. 1466-1479, 2013.
- [10] S. M. Samak-Kulkarni & N. R. Rajhans, “Determination of Optimum Inventory Model for

- Minimizing Total Inventory Cost”, *Procedia Engineering*, no. 51, pp. 803-809, 2013.
- [11] A. Tanweer *et al.*, “An Optimization Model for Mitigating Bullwhip-effect in a Two-echelon Supply Chain”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, no. 138, pp. 289-297, 2014.
- [12] L. E. Cárdenas-Barrón & S. S. Sana, “Multi-item EOQ inventory model in a two-layer supply chain while demand varies with promotional effort”, *Applied Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 21, pp. 6725-6737, 2015.
- [13] J. Sadeghi, “A multi-item integrated inventory model with different replenishment frequencies of retailers in a two-echelon supply chain management: a tuned-parameters hybrid meta-heuristic”, *Opsearch*, vol. 52, no. 4, pp. 631-649, 2015.
- [14] M. A. Bushuev, “A review of inventory lot sizing review papers”, *Management Research Review*, vol. 38, no. 3, pp. 283-298, 2015.
- [15] D. Sipper, *Planeación y control de la producción*. México, D.F: Mc Graw Hill, 1998.