

COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DE MODELOS TEÓRICOS DE INVENTARIOS INDIVIDUALES Y MULTIPRODUCTO EN UNA PYME DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO A NIVEL REGIONAL*

JULIÁN GARZÓN QUIROGA**

<https://orcid.org/0000-0003-2080-9352>

ADRIANA ISABEL LINARES VANEGAS**

<https://orcid.org/0000-0003-2043-3463>

Centro de Comercio y Servicios, Servicio Nacional de Aprendizaje, Ibagué, Colombia

Recibido: 1 de marzo del 2021 / Aprobado: 25 de marzo del 2021

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n41.4993>

RESUMEN: En este artículo se consolidan los resultados de la simulación de modelos teóricos de gestión de inventarios individuales y multiproducto. El objetivo es comparar el desempeño en costo y nivel de servicio de los modelos propuestos para los productos más importantes de una pyme regional comercializadora de productos de consumo masivo. Los modelos de gestión de inventarios individuales evaluados fueron el modelo (Q, R) para los productos A y el modelo (R, s, S) para los productos B. Además, se evaluó un modelo de revisión periódico multiproducto por proveedor. Al comparar los resultados de los modelos evaluados se encontró que el modelo de revisión periódico multiproducto presentaba menores costos en seis de los ocho proveedores evaluados. El resultado de este trabajo es una fuente de información relevante para determinar la metodología de gestión de inventarios que puede implementar la compañía.

PALABRAS CLAVE: gestión de inventarios / simulación / nivel de servicio

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos: julian.garzon@misena.edu.co; adriana.linaresv@gmail.com

COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF THEORETICAL MODELS OF INDIVIDUAL AND MULTIPRODUCT INVENTORIES IN AN SME DISTRIBUTOR OF MASS CONSUMER PRODUCTS AT THE REGIONAL LEVEL

ABSTRACT: This article consolidates the simulation results of theoretical models of individual and multiproduct inventory management. Its objective is to compare the cost and service level performance of the models proposed for the most important products of a regional SME marketer of consumer products. The individual inventory management models evaluated were the model (Q, R) for products A and (R, s, S) for products B. In addition, a multiproduct periodic review model per supplier was evaluated. When comparing the results of the evaluated models, it was found that the multi-product periodic review model presented lower costs in six of the eight suppliers evaluated. The result of this work is a source of relevant information to determine the inventory management methodology that the company can implement.

KEYWORDS: inventory management / simulation / service level

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas buscan, de manera permanente, estrategias para diferenciar sus productos de la competencia. En el entorno empresarial se reconoce la importancia de la logística para generar valor al cliente, si se tiene en cuenta que las actividades vinculadas con el movimiento y almacenaje de productos generan un valor tan indudable como las actividades relacionadas con la fabricación y venta del producto. Según Ballou (2004), en la composición de los costos logísticos organizacionales, el 48 % corresponde a costos de almacenamiento, planeación y mantenimiento de inventarios. Según la Encuesta Nacional Logística presentada por el DNP (2018) en Colombia, durante el 2018 el costo logístico promedio, como porcentaje de las ventas, fue del 13,5 %, de lo cual el 46,5 % corresponde a costos relacionados con el almacenamiento. Actualmente la empresa objeto de estudio determina las cantidades a pedir basada en la experiencia e intuición del gerente, quien además toma la decisión a partir de un valor sugerido (promedio de meses anteriores) que le arroja el sistema para cada producto y las condiciones de negociación ofrecidas por los proveedores. Esta estrategia de compra le genera a la empresa unidades faltantes de los productos de alta rotación.

La administración y control de los inventarios tiene un fuerte impacto en las distintas áreas del negocio, particularmente en las de producción y finanzas (Heizer y Render, 2004). Una de las principales funciones de los inventarios es proteger a la empresa de las fluctuaciones de la demanda por medio del mantenimiento del inventario de seguridad. Además, en algunos casos, el adquirir mayores cantidades para inventario permite aprovechar los descuentos por cantidad brindados por los proveedores (Ballou, 2004). Desde el estudio de Gutiérrez y Vidal (2008), que presenta una revisión de los modelos de gestión para el diseño de políticas de inventarios de productos terminados y de materias primas en cadenas de abastecimiento, se evidencia el gran interés de la comunidad científica en el tema y su relevancia en el ámbito académico. Con el fin de mejorar los procesos de aprovisionamiento y manejo de inventarios, se han realizado múltiples investigaciones en donde se han aplicado diversas herramientas matemáticas, estadísticas y de ingeniería para mejorar este proceso.

Para productos de demanda independiente se han propuesto tanto modelos de gestión de inventarios para un solo producto, así como modelos multiproducto. Respecto a los modelos individuales, se observan aplicaciones de modelos teóricos para demanda probabilística, tales como el modelo de revisión periódica (R, S). Por ejemplo, en el estudio de Gutiérrez-González *et al.* (2013), se propuso la aplicación de este modelo para un transformador cuya demanda se ajustaba a una distribución de probabilidad Gamma. Para determinar el nivel de inventario S se utilizó la función de distribución acumulada y, al evaluar el desempeño del modelo, se evidenció una disminución en las penalizaciones por faltantes. En el trabajo de Pérez-Vergara *et al.* (2013) se propuso de igual manera este sistema, por ofrecer flexibilidad en el proceso de implementación

y seguimiento. La implementación piloto incrementó el nivel de servicio y mejoró las utilidades. En el estudio de Escobar *et al.* (2017) se aplicó un modelo de gestión de inventarios (s, S) en el marco de una metodología basada en una Simulación Montecarlo; el objetivo fundamental fue encontrar la política de inventario con *stock* de seguridad para un modelo probabilístico que maximizara la utilidad diaria esperada, considerando que los productos eran perecederos y, por lo tanto, solo podían estar almacenados por un número determinado de días.

Con respecto a los modelos multiproducto, Valencia-Cárdenas *et al.* (2016) estimaron las predicciones de ventas de tres productos de una estación de servicios de gasolina usando una regresión lineal bayesiana. Díaz-Batista y Pérez-Armayor (2012) estudiaron la optimización de inventarios conjuntos suministrador-comprador, comparándolos con las políticas tradicionales no colaborativas, y encontraron ventajas del enfoque colaborativo en los costos totales de inventario en la cadena, particularmente porque en un entorno justo-a-tiempo el comprador requiere recibir envíos pequeños y frecuentes, lo que resulta en bajos costos de mantener el inventario para éste. González (2020) desarrolló una metodología para la gestión de los inventarios orientada a la estrategia competitiva de la empresa en ambientes multiproducto y con variabilidad en la demanda. La metodología propuesta se estructuró en cuatro etapas: identificar la estrategia de la empresa con relación a los niveles de servicio, clasificación de los productos de acuerdo con criterios concordantes con la estrategia de la empresa, pronóstico de la demanda teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y selección de una política de inventario acorde con las necesidades de la estrategia competitiva de la empresa, como la política de revisión periódica multiproducto.

Este trabajo presenta la simulación de políticas de gestión de inventarios individuales y multiproducto, con el fin de comparar su desempeño en los indicadores de costo y nivel de servicio para los productos más importantes de una pyme regional comercializadora de productos de consumo masivo. Su principal contribución es la evaluación y comparación práctica del desempeño de los modelos teóricos de gestión de inventarios en una empresa regional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de naturaleza cuantitativa, puesto que se analizaron datos de este tipo para simular los modelos de inventarios teóricos. Las fuentes de información para el desarrollo de los modelos fueron: un informe de ventas mensuales generadas del periodo enero 2015-julio 2016 en dinero y unidades, así como el informe consolidado de costos operativos de la bodega en el mismo periodo. Además, se entrevistó al personal vinculado con el fin de validar las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la definición de costos, estimación de la demanda y construcción de los modelos.

2.1 Proceso de la simulación

Se simuló para cada producto estratégico (productos clasificados en las categorías A y B en la clasificación ABC) los modelos de gestión de inventarios individuales que se presentan en la tabla 1. Para las referencias tipo A se estableció que el sistema de revisión continua podía adaptarse mejor a las características de esta clase de productos. En este sistema de control continuo se hace revisión del nivel de inventario cada vez que hay una transacción de salida. Si el nivel de inventario efectivo cae al punto de reorden R , o por debajo de él, se ordena una cantidad fija Q . Por otro lado, para las referencias de producto clase B se propuso la evaluación de un sistema de revisión (R, s, S) , el cual consiste en que cada R intervalos de tiempo se revisa el nivel del inventario. Si éste es menor o igual que el punto de reorden s , se emite un pedido por una cantidad tal que el inventario efectivo se recupere hasta un nivel máximo S . Si el nivel de inventario efectivo es mayor que s , no se ordena cantidad alguna hasta la próxima revisión que tendrá lugar en R unidades de tiempo.

Además, se simuló un modelo de revisión periódico multiproducto por proveedor, puesto que pocos proveedores concentraban una porción importante de los productos estratégicos. Se valoró este escenario porque, en muchos casos, pedir múltiples artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido puede dar como resultado ganancias económicas, como calificar para descuentos por precio y cantidad o satisfacer las cantidades mínimas del vendedor, de la compañía de transportes o de producción, de manera que la política de inventario debería reflejar pedidos conjuntos (Banks *et al.*, 2010). La política de pedido conjunto implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos pedidos conjuntamente, y luego hallar el nivel máximo de cada artículo (M) según se impone a partir de sus costos y nivel de servicio particulares (Ballou, 2004).

Tabla 1
Modelos teóricos de gestión de inventarios simulados

Clasificación	Políticas de gestión de inventarios individuales
A - NS: 99 %	Revisión continua individual (Modelo Q, R)
B - NS: 97 %	Sistema híbrido individual (modelo R, s, S)
AB	Modelo de revisión periódico multiproducto

Fuente: Ballou (2004)

Los modelos se simularon en Microsoft Excel en unidad de tiempo diaria, incluyendo los siguientes ítems para todos los modelos (véase la tabla 2):

- a. **Inventario inicial:** cantidad disponible al inicio del periodo.
- b. **Posición inicial del inventario:** corresponde a las cantidades disponibles contabilizando los pedidos pendientes por llegar.
- c. **Demanda:** se estimó el valor demanda a partir de un número aleatorio que se genera teniendo en cuenta la demanda mínima y máxima diaria documentada. Estos valores fueron validados con el personal de la empresa.
- d. **Inventario final:** cantidades disponibles luego de descontar la demanda.
- e. **La posición final del inventario** es la diferencia entre la posición inicial del inventario y la demanda.
- f. **La cantidad a ordenar** corresponde a las cantidades que se van a pedir al proveedor dependiendo del modelo que se aplica.
- g. **El tiempo de entrega** es un número aleatorio que se genera teniendo en cuenta los días mínimos y máximos de entrega de los pedidos por parte del proveedor.
- h. **Los pedidos pendientes** corresponden al acumulado de las cantidades que ya se ordenaron, pero no han sido recibidas.
- i. **La cantidad recibida** corresponde al pedido ordenado al proveedor de acuerdo con el tiempo de entrega.
- j. **Los faltantes** corresponden a las cantidades de producto de demanda que no fueron cubiertas con el inventario existente. Se calcula como la diferencia entre la demanda y el inventario inicial.

Se calcularon las medidas de desempeño de costos (almacenar, ordenar y faltantes) y nivel de servicio tipo I y tipo II. Los modelos se compararon a partir del análisis de las medidas de desempeño. En la simulación se generaron 3000 datos iniciales de calentamiento del modelo con el fin de lograr la estabilización, luego se simularon 3000 datos que se usaron para la recolección de la información de salida. Finalmente se hicieron 300 réplicas de cada modelo de donde se calcularon los indicadores de desempeño.

Tabla 2
Ejemplo simulación sistema de revisión continua referencia clase A

Día	Inventario Inicial	Posición inicial inventario	Demanda	Inventario final (neto)	Posición final del inventario	Cantidad a ordenar	Tiempo de entrega	Pedidos pendientes	Cantidad recibida	Faltantes
0	1450	1450	680	770	770	1450	8	1450	0	0
1	770	2220	601	169	1619	1450	8	2900	0	0
2	169	3069	523	0	2546	1450	8	4350	0	354
3	0	4350	695	0	3655	1450	9	5800	0	695
4	0	5800	680	0	5120	1450	11	7250	0	680
5	0	7250	669	0	6581	0	-	7250	0	669
6	0	7250	522	0	6728	0	-	7250	0	522
7	0	7250	665	0	6585	0	-	7250	0	665
8	3685	6585	622	3063	5963	0	-	2900	4350	0
9	4513	5963	693	3820	5270	0	-	1450	1450	0
10	3820	5270	585	3235	4685	1450	15	2900	0	0

Elaboración propia

Parámetros de entrada

Los costos de gestión de inventarios se estimaron así:

- Costo de mantener unidades en el inventario: Se procedió a realizar la recolección de los costos relacionados con el mantenimiento del inventario en el informe de costos entregado, para estimar un costo por unidad en un periodo de tiempo. El costo de oportunidad se definió sobre el inventario promedio anual, con un costo financiero que incluyó la tasa DTF en la fecha estipulada más 6 puntos porcentuales. No se hizo diferenciación en la estimación del costo por producto debido a que en general todos los productos se almacenan en la misma unidad de carga y no se consideraron requerimientos especiales individuales.
- Costo de ordenar: Se identificaron los rubros asociados con las actividades relacionadas con la gestión de una orden de pedido. Se supone que toda orden requiere de los mismos recursos, independiente de a qué proveedor se haga o las unidades que se soliciten.
- Costo de compra: Los costos de compra de cada producto no fueron entregados por la compañía. El gerente de la compañía informó que, en general, el margen de ganancia era del 20 %, por lo que el costo de compra se determinó a partir de este parámetro y los valores de ingreso disponibles.
- Costo de faltantes: El costo de faltantes no está estimado en la compañía. En la simulación, el costo de faltantes se estimó como el 40 % del costo de compra, representando el dinero que se deja de percibir, debido a que la unidad no está disponible cuando se requiere.

Con respecto a los parámetros de cada uno de los modelos evaluados, en la tabla 3 se consolidan las fórmulas usadas para establecer estos parámetros:

3. RESULTADOS

En la tabla 4 se presentan los resultados consolidados de los modelos de simulación de revisión continua para los productos tipo A. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que, con los parámetros de entrada del sistema de revisión continua Q y R, las referencias de producto de la clase A cumplen el nivel del servicio deseado. Los costos totales anuales promedio varían entre 20 millones y 29 millones aproximadamente.

Tabla 3
Parámetros de modelos de revisión simulados

Modelo de revisión	Parámetros
Modelo de revisión continua (Q,R)	Cantidad a ordenar: Q $Q = \sqrt{\frac{2OD}{h}}$ Donde O es el costo de ordenar, D es la demanda anual promedio y h es el costo anual de mantener una unidad en el inventario.
	Punto de reorden: R $R = dL + IS$ Donde d es la demanda promedio del producto, L es el tiempo de reposición del inventario una vez realizada la orden e IS es el inventario de seguridad calculado como $Zs\sqrt{L}$, en donde Z es el valor de una distribución normal estandarizada acumulada, teniendo en cuenta el nivel de servicio deseado, y $s\sqrt{L}$ es la desviación de la demanda en el tiempo de entrega del proveedor.
Modelo de revisión híbrido (R, s, S)	Tiempo de revisión: Parámetro definido por la empresa
	Punto de reorden: s $s = dl + Zs\sqrt{l}$ Donde d es la demanda promedio del producto, l es el tiempo de reposición del inventario una vez realizada la orden e IS es el inventario de seguridad calculado como $Zs\sqrt{L}$, en donde Z es el valor de una distribución normal estandarizada acumulada, teniendo en cuenta el nivel de servicio deseado, y $s\sqrt{L}$ es la desviación de la demanda en el tiempo de entrega del proveedor.
	Inventario objetivo: S $S = d(l + R) + Zs\sqrt{(l + R)}$ Donde d es la demanda promedio del producto, l es el tiempo de entrega, Z es el valor de z en la tabla de distribución normal acumulada y s la desviación estándar de la demanda. El valor de R es el tiempo fijo de revisión presentado previamente.
Modelo de revisión periódica multiproducto	Periodo de revisión fijo Parámetro definido por la empresa
	Inventario objetivo por producto: $Si = di(l + R) + Zi si \sqrt{l + R}$ Donde di es la demanda promedio de cada producto, l es el tiempo de entrega del proveedor y R el periodo de revisión definido previamente. Además, Zi es el valor de Z asociado con el nivel de servicio individual de cada producto y S su desviación estándar individual.

Elaboración propia

Tabla 4
Resultados indicadores de desempeño sistema revisión continua

Referencia producto	Q	R	NS I	NS II	Costo total promedio anual
40160	1450	5124	100 %	100 %	\$ 25 214 604
10050	450	5498	99,9 %	99,9 %	\$ 29 471 897
10053	680	4800	99,9 %	99,9 %	\$ 26 277 093
500070	2960	3890	99,4 %	99,9 %	\$ 20 343 937

Elaboración propia

En la tabla 5 se consolidan los resultados de la aplicación del modelo multiproducto para el proveedor 1. Con un tiempo de revisión de cinco días y el inventario objetivo definido se garantizan los niveles de servicio deseados. Este patrón de cumplimiento de los niveles de servicio deseados se mantiene para todos los proveedores evaluados.

Tabla 5
Modelo periódico multi-producto proveedor 1

Referencia producto	S	Costo total de manejo de inventarios anual	NSI individual	NSII individual
30000	412	2 857 950	99,44 %	99,77 %
30054	1 489	8 959 483	99,7 %	99,99 %
30062	715	5 070 287	97,92 %	99,65 %
30343	248	4 333 264	97,79 %	98,79 %
30402	284	2 534 530	99,37 %	99,59 %
30450	319	5 328 094	98,64 %	99,26 %
TOTAL		29 083 608		

Elaboración propia

En la tabla 6 se consolidan los resultados agregados para las 32 referencias de productos de la clase B, una vez simulados los sistemas individuales del modelo híbrido definido, con un tiempo de revisión de cinco días. Los resultados obtenidos muestran que, con los parámetros de entrada del sistema de revisión híbrido R, s y S, las referencias de producto de la clase B cumplen el nivel de servicio equivalente al 97 % con unos costos individuales para todos los productos por debajo de 28 millones.

Finalmente, en la tabla 7 se presentan las referencias de producto agrupadas por proveedor, detallando los costos totales promedio obtenidos en la simulación de un sistema individual y el sistema multiproducto. Como se observa, en seis de los ocho

Tabla 6
Resultados indicadores de desempeño sistema híbrido

Referencia producto	s	S	NSI	NSII	Costo total promedio anual	Referencia producto	s	S	NSI	NSII	Costo total promedio anual
10791	500	600	99,9	99,9	\$ 5 362 085	40676	50	98	98,3	98,4	\$ 3 893 285
30000	410	650	99,9	99,9	\$ 4 497 768	80214	149	269	99,9	99,9	\$ 2 056 266
30002	742	870	99,5	99,7	\$ 5 654 151	80217	173	229	99,8	99,8	\$ 2 118 122
30054	979	1456	99,3	99,8	\$ 10 011 318	80222	514	618	98,7	99,7	\$ 3 728 014
30062	499	713	100	99,9	\$ 5 127 683	80231	318	499	99,6	99,8	\$ 3 748 221
30343	298	582	100	99,9	\$ 5 995 044	150000	2 900	3 250	100	99,9	\$ 6 554 753
30402	248	369	99,5	99,6	\$ 3 519 508	150010	1 980	2 910	100	99,9	\$ 9 682 184
30450	250	341	99,5	99,7	\$ 4 444 126	150172	203	337	99,2	99,4	\$ 4 578 031
40161	720	835	99,7	99,9	\$ 5 226 345	150173	190	290	99,8	99,8	\$ 4 011 773
40167	720	835	99,7	99,9	\$ 3 228 208	150176	190	300	99,7	99,8	\$ 4 004 298
40673	20	27	97,7	98,0	\$ 1 687 351	150183	180	215	100	100	\$ 3 632 427
40674	142	167	99,8	99,9	\$ 3 913 649	210004	1 613	1 743	99,6	99,8	\$ 8 425 636
210016	5350	3870	100	99,9	\$ 27 677 831	350001	690	900	99,8	99,9	\$ 10 184 208
250000	250	350	100	99,9	\$ 5 770 961	350050	220	280	100	99,9	\$ 5 395 949
250002	250	320	100	100	\$ 5 955 012	360154	807	935	100	99,9	\$ 9 039 399
300001	387	435	99,7	99,9	\$ 6 368 787	500070	2 960	3 890	99,4	99,8	\$ 20 343 937

Elaboración propia

proveedores evaluados se obtienen menores costos asociados con el manejo de inventarios cuando se utiliza un sistema multiproducto, puesto que este sistema permite tener ahorros en los costos de ordenar al agrupar varias referencias de producto de un mismo proveedor.

Tabla 7
Comparación de costos totales entre un sistema multiproducto y los sistemas individuales

Proveedor	Producto	Costo promedio total (\$) Sistema multiproducto	Costo promedio total (\$) Sistema individual
Proveedor 1	30000	2 857 950	4 497 768
	30054	8 959 483	10 011 318
	30062	5 070 287	5 127 683
	30343	4 333 264	5 995 044
	30402	2 534 530	3 519 508
	30450	5 328 094	4 444 126
Total		29 083 608	33 595 447
Proveedor 2	30002	5 575 408	5 654 151
	40160	31 594 447	25 214 604
	40161	5 220 342	5 226 345
	40167	3 328 781	3 228 208
	40673	1 157 968	1 687 351
	40674	4 205 586	3 913 649
40676	2 535 648	3 893 285	
Total		50 296 693	48 817 593
Proveedor 3	150000	6 084 201	6 554 753
	150010	8 658 243	9 682 184
	150172	3 564 042	4 578 031
	150173	3 448 250	4 011 773
	150176	3 389 903	4 004 298
	150183	2 081 005	3 632 427
Total		24 457 739	32 463 466
Proveedor 4	210004	8 421 442	8 425 636
	210016	24 261 495	27 677 831
Total		32 129 356	36 103 467

(continúa)

(continuación)

	10050	33 722 092	29 471 897
Proveedor 5	10053	31 561 652	26 277 093
	10 791	5 133 577	5 362 085
Total		69 310 160	61 111 075
	250000	3 801 128	5 770 961
Proveedor 6	250002	3 667 495	5 955 012
Total		6 915 042	11 725 973
	80214	1 708 043	2 056 266
	80217	1 926 147	2 118 122
Proveedor 7	80222	3 632 014	3 728 014
	80 231	2 981 021	3 748 221
Total		8 586 482	11 650 623
	350001	10 113 035	10 184 208
Proveedor 8	350050	3 891 751	5 395 949
Total		13 451 205	15 580 157

Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

En este artículo se compara el desempeño de modelos teóricos de gestión de inventarios individuales y multiproducto. Los modelos teóricos de gestión de inventarios son una herramienta que facilita la toma de decisiones en microempresas distribuidoras con limitada información disponible. Las propuestas evaluadas en este trabajo generan escenarios que permiten reducir los faltantes de los productos más importantes de la compañía, puesto que se obtienen niveles de servicio promedio superiores al valor deseado.

Teniendo en cuenta que la distribuidora maneja alta variedad de productos concentrados en pocos proveedores la estrategia de revisión periódica multiproducto generó menores costos en seis de los ocho proveedores al compararla con modelos de gestión de inventarios individuales. Esta estrategia es de fácil aplicación en la distribuidora y permite disminuir los costos de ordenar al consolidar varios productos en una sola orden.

Los aportes más importantes generados por este estudio se desarrollaron en los aspectos metodológicos y prácticos para la toma de decisiones en la distribuidora. Como aspecto metodológico, los autores resaltan el proceso diseñado para planear la gestión de inventarios en una distribuidora de consumo masivo con limitada información

documentada. Los modelos de simulación propuestos son una herramienta que facilita la toma de decisiones, pues se pueden utilizar para evaluar diversos escenarios, dado que están diseñados para que se ajusten a diferentes parámetros de entrada sin cambiar elementos del modelo.

REFERENCIAS

- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro* (5.ª ed.). Pearson, Prentice Hall.
- Banks, J., Carson, J., y Nelson, B. (2010). *Discrete-Event System Simulation* (5.ª ed.). Pearson Education, Inc.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2018). *Encuesta Nacional Logística*. Punto-aparte. <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>
- Díaz-Batista, J. A., y Pérez-Armayor, D. (2012). Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 33(2), 126-132.
- Escobar, J., Linfati, R., y Adarme, W. (2017). Gestión de inventarios para distribuidores de productos perecederos. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 219-239.
- González, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(1), 133-142.
- Gutiérrez, V., y Vidal, C. J. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: revisión de literatura. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (43), 134-149.
- Gutiérrez-González, E., Panteleeva, O., Hurtado-Ortiz, M., y González-Navarrete, C. (2013). Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 14(4), 537-551.
- Heizer, J., y Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. Pearson Education.
- Pérez-Vergara, I. C.-L., Vásquez-García, C., y Marcela-Ocampo, D. (2013). Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. *Ingeniería Industrial*, 34(2), 227-236.
- Valencia-Cárdenas, M., Díaz-Serna, F., y Correa-Morales, J. (2016). Multi-Product Inventory Modeling with Demand Forecasting and Bayesian Optimization. *DYNA*, 83(198), 235-243.