

Design of inventory replenishment policies: A Case in Hospital Sector

Jaime Macias-Aguayo, MSc¹, Jorge Abad-Morán, PhD¹, Carlos Barragán-Robles, MSc¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jedmacia@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec, carisbar@espol.edu.ec

Abstract -- – Despite the increasing importance of inventories in terms of cost and business competitiveness, inventory replenishment policies have received little or no attention from hospitals in Ecuador, which despite having, in some cases, sophisticated computer systems to manage the replenishment of medicines, still use simple rules to parameterize them or simply rely on the experience of the buyers. This has led to scenarios of excess inventory, obsolescence, and in other cases, a low availability of essential medicines for patients. The present research shows how through 1) reduction of controllable variability, 2) stratification of the inventory, 3) improvement of forecasts accuracy, 4) implementation of replenishment policies based on optimization models, and 5) Staff training, was possible to reduce the pharmacy inventory costs in a local hospital by 27.14% while improving the level of shelf availability of medicines by 8%, measured three months after inventory policies implementation.

Keywords– CSL, Stock-keeping unit, inventory, variability, inventory policy

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.318>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Diseño de políticas de reabastecimiento de inventario: Caso en el Sector Hospitalario

Jaime Macias-Aguayo, MSc¹, Jorge Abad-Morán, PhD¹, Carlos Barragán-Robles, MSc¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jedmacia@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec, carisbar@espol.edu.ec

Abstract— Despite the increasing importance of inventories in terms of cost and business competitiveness, inventory replenishment policies have received little or no attention from hospitals in Ecuador, which despite having, in some cases, sophisticated computer systems to manage the replenishment of medicines, still use simple rules to parameterize them or simply rely on the experience of the buyers. This has led to scenarios of excess inventory, obsolescence, and in other cases, a low availability of essential medicines for patients. The present research shows how through 1) reduction of controllable variability, 2) stratification of the inventory, 3) improvement of forecasts accuracy, 4) implementation of replenishment policies based on optimization models, and 5) Staff training, was possible to reduce the pharmacy inventory costs in a local hospital by 27.14% while improving the level of shelf availability of medicines by 8%, measured three months after inventory policies implementation.

Keywords—CSL, Stock-keeping unit, inventory, variability, inventory policy

Resumen— A pesar de la importancia cada vez mayor que tienen los inventarios en el costo y la competitividad empresarial, la administración técnica de los mismos ha recibido poca o nula atención por parte de los hospitales en el Ecuador, los cuales a pesar de contar, en algunos casos, con sistemas informáticos sofisticados para gestionar el reabastecimiento de medicinas, siguen utilizando reglas simples para parametrizarlos o simplemente la experiencia de los compradores. Esto ha llevado a situaciones de exceso de inventario, obsolescencia, y en otros casos, a una baja disponibilidad en percha de medicinas esenciales para los pacientes. La presente investigación demuestra como a través de 1) la reducción de la variabilidad controlable, 2) la estratificación del inventario, 3) el mejoramiento de la exactitud de los pronósticos, 4) la implementación de políticas de reabastecimiento basadas en modelos de optimización, y 5) la capacitación al personal fue posible reducir los costos de gestión de inventarios de farmacia en un hospital local en un 27.14% y a la vez mejorar el nivel de disponibilidad de las medicinas en percha en un 8%, medidos tres meses después de la implementación de las políticas de inventario.

Palabras clave—CSL, Stock-keeping unit, inventario, variabilidad, política de inventario

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes

Históricamente, la adecuada administración de inventarios ha sido uno de los temas claves dentro de la gestión de las

organizaciones. De hecho, de acuerdo a un estudio realizado en EE.UU por el Consejo de Profesionales de la Gestión de Cadenas de Suministro [1] los costos de mantener inventario se han incrementado de 386 billones en el año 2000 a 427 billones en el año 2015. Esto se debe en gran parte, a que la mayoría de las empresas tiene dificultades para comprender la magnitud de la complejidad de administrar sus inventarios [2] y a que muchas optan por usar reglas simples o solamente la experiencia de los tomadores de decisiones.

Por otra parte, a pesar de la importancia económica que tienen los inventarios, las instituciones de cuidado de la salud, tales como hospitales y centros de salud, tradicionalmente han dado poca importancia a la administración de los mismos. De hecho, la preocupación por los inventarios en este sector es el resultado de presiones de presupuesto o, en una perspectiva más positiva, como resultado de un programa de mejoramiento continuo. [3]

En Ecuador, en los últimos años, medios de prensa han reportado frecuentemente quejas por parte de los pacientes debido a la escasez de medicinas en los hospitales del sector público, y especialmente en los pertenecientes a la red del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) [4] [5]

Por lo anterior, la presente investigación se centra en el diseño de políticas de inventario y de reabastecimiento que minimicen los costos totales de gestión de medicinas de un hospital local y al mismo tiempo mejoren el nivel de servicio ofrecido, que se mide por la disponibilidad de las medicinas. Silver et al. [2] ha reportado que en el 90% de las implementaciones donde se ha mejorado la gestión de inventarios, se ha obtenido ahorros de hasta 20% sin afectar el nivel de servicio al cliente.

B. Objetivos

El objetivo de esta investigación es proporcionar evidencia experimental sobre la aplicabilidad de la teoría de inventarios en el contexto de las operaciones de cuidado de la salud, así como de los beneficios que se podrían extraer de ella en términos de ahorro en costos e incremento de nivel de servicio.

La estimación de los beneficios, producto del uso de modelos de inventario en el sector de la salud, es fundamental

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.318>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”, 24-26 July 2019, Jamaica.

para su aceptación y replicación en otros hospitales del Ecuador.

C. Alcance

El alcance de la presente investigación es en las medicinas de mayor consumo monetario (Demanda Anual x Costo Unitario) de la farmacia interna del hospital bajo estudio; como parte de una prueba piloto previo a la implementación en el resto de medicinas gestionadas por el hospital.

II. MARCO TEÓRICO

A. Políticas de inventario

La administración científica de la gestión de inventarios ha cautivado la atención de administradores y matemáticos desde los inicios del siglo XX, con el trabajo seminal de Ford Harris (1913) en la deducción de la fórmula de la cantidad económica de pedido EOQ (por la siglas inglés de *Economic Order Quantity*) [6]. Desde entonces, diferentes sistemas control de inventario basados en optimización han sido propuestos como respuesta a las tres preguntas clave de la gestión de inventarios [10]:

1. ¿Con qué frecuencia se debe revisar el inventario?
2. ¿Cuánto se debe ordenar?
3. ¿Cuándo se debe ordenar?

Entre los principales sistemas (modelos) de control utilizados para escenarios de SKUs (Stock-keeping units) de demanda estocástica, pero aproximadamente constante en el tiempo, se encuentran los sistemas: (r, Q) , (s, S) , (R, S) , y (R, s, S) [2]

Estos sistemas (y otros existentes en la literatura), permiten diseñar políticas de reabastecimiento las cuales se clasifican en dos categorías amplias:

- a. Políticas de revisión continua
- b. Políticas de revisión periódica

En las políticas de revisión continua los administradores colocan una orden de reabastecimiento cada vez que el nivel de inventario desciende hasta un nivel s denominado punto de reorden [7]. Ejemplos de modelos asociados a este tipo de políticas son los sistemas de control (r, Q) y (s, S)

Por otra parte, en las políticas de revisión periódica el tomador de decisiones revisará el inventario cada R unidades de tiempo y colocará una orden por la diferencia entre el nivel de inventario al momento de la revisión y un nivel máximo S [7]. Ejemplos de modelos asociados a este tipo de políticas son los sistemas de control (R, S) , y (R, s, S) .

B. La importancia de la clasificación ABC

En los sistemas de inventario la principal característica es la alta cantidad de SKUs que se debe controlar. Esto representa un gran desafío para los administradores, quienes no pueden dar la misma atención ni destinar la misma cantidad de recursos financieros a todos los ítems o productos por igual. En consecuencia, suele ser conveniente agruparlos en categorías amplias de acuerdo a su importancia, para así definir políticas de reabastecimiento apropiadas [2].

Un criterio generalmente aceptado para realizar esta categorización de los SKUs es la clasificación ABC por *consumo monetario*, donde este indicador se define como el producto entre la demanda anual D de cada SKU y su costo unitario de adquisición v . Típicamente, la clase A está conformada por el 10% de los ítems que acumulan aproximadamente el 75% del consumo monetario; la clase B está conformada por aproximadamente el 25% de los ítems, que representan la mayor parte del 20% del consumo monetario; y finalmente, la clase C está conformada por el restante 65% de los SKUs que representan solo una porción minoritaria de la inversión total en inventario, es decir, aproximadamente el 5% [9]. Por lo anterior, es común en la práctica, comenzar a gestionar los ítems clase A, al momento de definir las políticas de reabastecimiento.

C. La importancia de los pronósticos en la gestión de inventarios

Al momento de mantener inventario en ubicaciones tales como puntos de venta y centros de distribución, los pronósticos son esenciales para el desempeño de los sistemas de control de inventario [8]. Esto es debido a que, teóricamente, mientras mayor sea la desviación estándar de los errores de pronóstico, mayor será la cantidad de inventario de seguridad que se necesitará mantener. En consecuencia, para determinar una política de inventario óptima, un factor clave es lograr la mayor precisión posible en el pronóstico de la demanda de los artículos que se requiere controlar.

La precisión de los modelos de pronóstico, suele ser medida en la práctica utilizando tres métricas ampliamente aceptadas: Error Cuadrático Medio (MSE), la Desviación Absoluta Media (MAD), y el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE). Para el escenario de ítems con demanda distribuida normal, una cuarta métrica denominada Desviación Estándar del Error de Pronóstico σ , se relaciona con el MAD a través de la expresión $\sigma \approx 1.25MAD$ siempre que los errores de pronóstico tengan una distribución simétrica [7].

D. La administración de inventarios en los sistemas de cuidado de la salud

En las instituciones de cuidado de la salud, el nivel de disponibilidad de las medicinas está directamente relacionado con el nivel de satisfacción de los pacientes. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en estos sistemas el inventario incluye aún más que medicinas. Por ejemplo, existen *ítems médicos de un solo-uso* (jeringas, guantes, catéteres, etc.), así como *equipos médicos* (equipos de diagnóstico, equipos de cirugía, etc.) [11].

Las necesidades que deben balancearse en un sistema de administración de inventarios en el sector de la salud son, por una parte, minimizar el riesgo de tener quiebres de stock que afecten el servicio a los pacientes, y por otra, no tener una cantidad excesiva de inventario de medicinas. En este sentido, es posible utilizar las mismas herramientas matemáticas para optimización de inventarios, disponibles en la literatura.

Si el objetivo de una organización es maximizar sus ganancias compitiendo por costos, entonces muy probablemente se inclinará hacia minimizar sus costos. Sin embargo, si la vida de un paciente está de por medio en las decisiones de control de inventario, entonces la reducción de costos pasa a ser un tema de importancia secundaria [11]. Esto abre una nueva perspectiva en la administración de inventarios, la cual es distinta a la tradicionalmente abordada en la literatura de investigación de operaciones y gestión de cadenas de suministro.

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se propone la siguiente metodología, como se muestra en la fig. 1



Fig. 1 Metodología propuesta

A continuación, se explica la metodología utilizada

A. Análisis situacional

El estudio fue realizado en el área de gestión de abastecimiento de medicinas de un hospital local que enfrentaba los siguientes problemas:

1. Exceso de inventario de medicinas
2. Variación en los precios de adquisición de las medicinas
3. Variación en tiempos de reaprovisionamiento

El estudio se enfocó únicamente en los ítems categorizados A por su consumo monetario. En el primer lugar, se detectó que no existía relación alguna entre el tamaño de las órdenes de compra colocadas por el personal y los consumos mensuales de medicinas en farmacia del hospital, lo cual llevaba a excesos de inventario, como se aprecia en la figura 2:

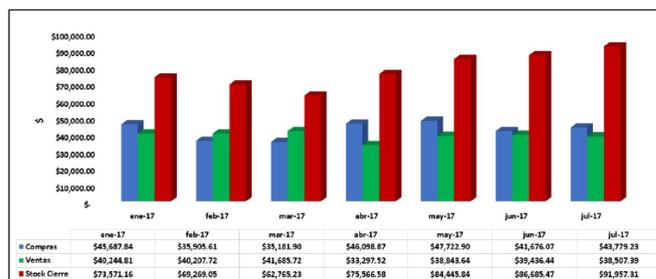


Fig. 2 Compras Vs Ventas Vs Stocks de cierre

Por otra parte, se detectó en los registros que existían varios proveedores para un mismo tipo de medicina o insumo, y que las fluctuaciones de precios de estos artículos iban desde un 57% hasta un 996%, lo cual dificultaba el establecimiento de políticas de reabastecimiento. Esto se muestra en la tabla I.

Finalmente, otro problema que se identificó fueron los tiempos de reabastecimiento los cuales eran en promedio de 20 días, pero fluctuaban entre un mínimo de 15 y un máximo de 25 días, lo que generaba mantener un inventario de seguridad con la finalidad de evitar faltantes de stock en la percha de la farmacia

Tabla I Desviación en los precios de medicinas

Descripción de Medicina	Desviación de precios
GASA QUIRURGICA ESTERIL 100 MTS	996%
INSULINA LANTUS FCO 100 UI/10 ML	214%
AZITROMICINA 200MG/5ML. FCO	134%
ALCOHOL ANTISEPTICO GL	131%
AZITROMICINA 500MG TAB-	117%
SALMET+FLUTICA INHAL(SERETIDE 25/125MCG)	113%
TOBRAMIC DEXAMETA OFT(TOBRAL D GOTAS OFT	107%
SALBUTAMOL FCO(VENTOLIN INHALADOR FCO	100%
LACTULOSA 220 ML FCO(LACTULOSA FCO 220ML	85%
PELARGONIUM SIDOIDES 20ML GTAS-(KALOBA)	81%
CURITAS REDONDAS CAJA X 100 UNIDADES	57%

B. Reducción de la variabilidad controlable

Uno de los principales obstáculos a superar para mejorar el desempeño de un sistema de manufactura o servicios es la

variabilidad existente en los mismos. Esta variabilidad puede ser controlable (Ej. procesos internos de trabajo) o incontrolable (Ej. la demanda). En consecuencia, antes de diseñar políticas de reabastecimiento para los insumos y medicinas se llevaron a cabo dos iniciativas para reducir la variabilidad controlable:

1. **Reducir la variabilidad en los precios de las medicinas.-** Esto fue posible mediante un proceso cuidadoso de selección y evaluación de proveedores y a una mejor negociación con los mismos
2. **Reducir la variabilidad en los tiempos de reabastecimiento.-** Esto se logró gracias al establecimiento de procedimientos de trabajo estándar y a la reducción de actividades que no agregaban valor tales como duplicidad en validaciones y autorizaciones

C. Pronóstico de la demanda

Para seleccionar la técnica de pronóstico más adecuada se comenzó por analizar la disponibilidad de datos sobre la demanda de los productos y se concluyó que sí existía la información suficiente (3 años) para realizar un pronóstico basado en series de tiempo. Tres modelos de pronósticos basados en serie de tiempo fueron probados en Microsoft Excel: Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Doble, Promedio Móvil Ponderado. Se midió la precisión lograda por cada modelo, y se seleccionó, para cada ítem, aquellos modelos de pronóstico que generaban los mejores resultados. Para la mayor parte de los casos, se seleccionó el modelo de Suavización Exponencial Simple, ya que produjo un MSE menor en comparación con los otros dos modelos.

D. Modelamiento del inventario

Tomando en consideración el comportamiento probabilístico, pero aproximadamente constante de la demanda de las medicinas e insumos del Hospital, se formularon políticas de reabastecimiento basadas en dos modelos de inventario:

- Modelo de revisión continua (s, Q)
- Modelo de revisión periódica (R, S)

Modelo (s, Q).- también conocido como *Order-Point, Order-Quantity*, se utilizó para medicinas e insumos de fácil almacenamiento y manipulación, tales como pastillas, cápsulas, y sobres. Las expresiones utilizadas para determinar el tamaño de lote de reabastecimiento Q , así como el punto de reorden s de cada ítem bajo estudio fueron:

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$s = \bar{D}_L + k\sigma_L \quad \text{Eq. 2}$$

Donde:

D : Demanda anual del SKU

A : Costo fijo de ordenar un lote de reabastecimiento

H : Costo unitario de mantener inventario por un año

\bar{D}_L : Demanda esperada durante el lead time

k : Factor de seguridad asociado al nivel de servicio

σ_L : Desviación estándar del error de pronóstico de la demanda durante el periodo L

Para estimar el valor del factor de seguridad k se comenzó por obtener la distribución de probabilidad de la demanda durante el lead time para cada uno de los SKUs bajo estudio. Extensa investigación ha demostrado que mientras el ratio σ_L/\bar{D}_L se mantenga por debajo de 0.5, la distribución normal es una aproximación adecuada. Al ser este el caso para todos los SKUs analizados, el valor de k se calculó mediante la siguiente expresión:

$$k = F_s^{-1}(CSL) \quad \text{Eq. 3}$$

Donde esta última expresión (Eq. 3) es la distribución normal inversa del nivel de servicio de ciclo CSL (por las siglas en inglés de *Cycle Service Level*) deseado por la administración, el cual se define como:

$$CSL = Prob(Demanda durante L \leq s) \quad \text{Eq. 4}$$

Para los cálculos realizados en la determinación de las políticas de reabastecimiento basadas en el modelo (s, Q) se utilizó un $CSL = 0.95$, acorde al requerimiento de la administración del Hospital

Modelo (R, S).- también conocido como *Order-Up-To-Level*, se utilizó para medicinas e insumos cuya presentación es en ampollas. Para estos ítems, se identificaron tres restricciones: primero, un reducido espacio físico para su almacenamiento; segundo, un corto tiempo de vida en percha (caducidad); y tercero, que una manipulación delicada para los mismos era requerida. El modelo (R, S) permite controlar la cantidad máxima posible a mantener mediante el parámetro S , así como el tiempo entre reabastecimientos sucesivos mediante el parámetro R . El valor de R se estableció en 15 días por solicitud de la administración, y el valor de $S = MIN\{C; S_{teórico}\}$, donde C es la capacidad física de almacenamiento para estos productos, y $S_{teórico}$ es el nivel teórico máximo hasta el cual ordenar, el cual se calculó para cada ítem mediante la expresión:

$$S_{teórico} = \bar{D}_{R+L} + k\sigma_{R+L} \text{ Eq. 4}$$

Donde:

\bar{D}_{R+L} : Demanda esperada durante el periodo $R + L$

σ_{R+L} : Desviación estándar del error de pronóstico de la demanda durante el periodo $R + L$

De manera similar al caso del modelo (s, Q) el valor del factor de seguridad k se obtuvo mediante la ecuación 3, pero bajo la siguiente consideración para el caso del modelo (R, S):

$$CSL = Prob(Demanda durante R + L \leq S) \text{ Eq. 4}$$

Para los cálculos realizados en la determinación de las políticas de reabastecimiento basadas en el modelo (R, S) se utilizó un $CSL = 0.95$, acorde al requerimiento de la administración del Hospital

E. Implementación de políticas de forma automatizada

Posterior a la determinación de las políticas óptimas de reabastecimiento para un total de 623 SKUs, se procedió a la actualización de las mismas en el sistema ERP (SAP) del hospital. La figura 3 ilustra los campos principales que se actualizaron en el ERP usado por el Hospital.

Fig. 3. Parametrización del método de planificación de necesidades en biblioteca Help SAP

Los campos N°1, 2, y 5 de la figura 3 corresponden a los valores de s , S , y $k\sigma_{R+L}$ (o $k\sigma_L$) respectivamente. El campo N°3, Tiempo de tratamiento EM, es el tiempo estándar para ingresar el producto una vez entregado el mismo por el proveedor; y el campo N°4, plazo de entrega previsto, corresponde al lead time de entrega del proveedor

F. Capacitación y seguimiento

Para viabilizar la puesta en marcha de las políticas de inventario actualizadas en el sistema ERP se efectuó una capacitación la cual consistió en:

- Dar a conocer la metodología utilizada para el desarrollo de las políticas de inventario
- Explicar la manera de mantener actualizados los datos maestros de los SKUs
- Comunicar la forma de realizar el seguimiento a los lead times de los proveedores.

IV. RESULTADOS

A. Estratificación del Inventario

A partir de un análisis ABC por consumo monetario, utilizando datos de 36 meses consecutivos de consumos para los 2601 SKUs manejados por el Hospital bajo estudio, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla II. Como se puede apreciar en la misma, aproximadamente el 24% de los ítems (623 SKUs) concentra el 80% del consumo monetario del inventario.

Por esta razón, el diseño de las políticas de inventario se realizó para estos 623 ítems que conforman la categoría A

Tabla II Clasificación ABC por consumo monetario (2015-2017)

Categorías	Items	% Part. Items	\$ Consumos	% Part. Consumos
A	623	23.95%	\$ 1,079,773.70	80.17%
B	668	25.68%	\$ 205,987.51	15.29%
C	1310	50.37%	\$ 61,038.19	4.53%
Total general	2601	100%	\$ 1,346,799.50	100%

B. Determinación de las políticas de inventario

Un extracto de las políticas de reabastecimiento calculadas para las 623 medicinas e insumos se muestra en la figura 4

Código	Pedido Mensual	Stock Seguridad	Tamaño Lote	Stock Seg. Red.	REDONDEO	PRESENTACIÓN	PEDIDO FINAL
61000169	26	13	25	15	5	5 CAJAS DE 5 UN	40
61000176	631	311	640	320	20	CAJAS POR 20 UN	960
61000185	84	41	85	40	5	1 CAJA DE 5 UN	125
61000190	57	28	60	30	10	1 CAJA DE 10 UN	90
61000191	8	4	8	4	1	1 UNIDAD	12
61000199	1696	836	1700	850	50	1 CAJA POR 50 TAB	2550

Figura 4. Extracto del plan de reabastecimiento 2018

C. Reducción de los días de rotación de inventario

La figura 5 ilustra el comportamiento histórico del indicador *días de rotación de inventario* desde el año 2014

hasta el 2018. Como se puede observar, el indicador mantuvo un crecimiento continuo hasta llegar a un pico de 53.62 días en el año 2017, momento a partir del cual declinó substancialmente hasta un valor de 39.64 días con la aplicación de las políticas de inventario definidas para la categoría A.



Figura 5. Días de rotación de inventario

D. Mejoramiento de la gestión de abastecimiento

El gráfico de barras de la figura 6 muestra que, tras la aplicación de las políticas en el año 2018, fue factible reducir la marcada brecha que existía entre las compras y las ventas mensuales, y como esto se vio reflejado en una reducción de los stocks de cierre de mes.



Figura 6. Compras Vs. Consumos Vs. Stocks de Cierre

E. Reducción de costos por caducidad

La Figura 7 muestra el comportamiento del indicador de costo por obsolescencia de medicamentos e insumos desde el año 2014 al 2018. Como puede observarse en la figura, el indicador tuvo sus valores más altos en los años 2014 (\$1,596.61) y 2017 (\$1,375.88) y se proyecta una disminución a \$161.72 en el año 2018.



[1]

Figura 7. Costos anuales por obsolescencia de inventario

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente artículo ha explorado la aplicación de modelos analíticos de inventario al problema de la gestión de stocks en el sector hospitalario. A través de las políticas de reabastecimiento diseñadas, fue factible reducir el inventario promedio de medicamentos e insumos del hospital objetivo en 27.14%, sin afectación al nivel de servicio. Este resultado es relevante desde un punto de vista académico porque comprueba (y excede) los beneficios prometidos en la literatura de gestión de inventarios.

Otro de los beneficios evidenciados a través de esta investigación aplicada a un caso real, fue la reducción de los días de rotación de inventario en 17.08 % con respecto al promedio de los años 2014-2017 (equivalente a 8.16 días); y finalmente, una reducción de aproximadamente 87.61% en los costos anuales por caducidad de inventario, equivalente a \$1.143,60 al año.

Los factores críticos para el éxito de este proyecto fueron el apoyo de la dirección del hospital, el compromiso del personal del área de abastecimiento, y el involucramiento de los proveedores. Estos factores claves se recomienda tenerlos en consideración al momento realizar futuros proyectos de optimización de niveles de inventario.

REFERENCIAS

- [1] Kearney A.T. (2016). CSCMP' annual State of the Logistics Report
- [2] Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). Inventory and production management in supply chains. CRC Press.
- [3] Machado Guimarães, C., Crespo de Carvalho, J., & Maia, A. (2013). Vendor managed inventory (VMI): evidences from lean deployment in healthcare. Strategic Outsourcing: An International Journal, 6(1), 8-24.
- [4] <https://www.expreso.ec/actualidad/hospitales-iess-medicinas-fiscalia-administracion-denuncias-MC2433970>

- [5] <http://www.teleamazonas.com/2018/04/ministerio-de-salud-e-iess-descartaran-responsabilidad-en-falta-de-medicina/>
- [6] Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics*. Waveland Press.
- [7] Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management. Strategy, planning & operation*. In *Das summa summarum des management* (pp. 265-275). Gabler.
- [8] Thomopoulos, N. T. (2015). *Demand forecasting for inventory control*. In *Demand Forecasting for Inventory Control* (pp. 1-10). Springer, Cham.
- [9] Zermati, Pierre (2004). *Gestión de stocks*. Madrid: Piramide
- [10] Silver, E. A. (2008). *Inventory management: An overview* Canadian publications, practical applications and suggestions for future research. *Information Systems and Operations Research*. 15–28
- [11] Saha, E., & Ray, P. K. (2019). *Statistical Analysis of Medical Data for Inventory Management in a Healthcare System*. In *Analytics, Operations, and Strategic Decision Making in the Public Sector* (pp. 166-186). IGI Global.