

Evaluación de políticas de gestión de inventarios de medicamentos para un sistema multinivel y multiproducto en el Hospital Universitario de La Samaritana (HUS)

Evaluation of inventory management policies of medicines in a multi-level and multi-product system in the University Hospital of The Samaritana (HUS)

Luis A. Otálora A.*
Leidy S. Murillo H.**
Manuel Á. Camacho O.***
Edgar L. Duarte F.****
Aura E. Ahumada P.*****

RESUMEN

En la investigación se analizó la eficiencia del proceso de gestión de inventarios en un sistema multinivel con M-proveedores, una bodega central (BC), y cuatro minoristas para la cadena de abastecimiento de medicamentos del Hospital Universitario de La Samaritana, con el objetivo de determinar las cantidades adecuadas de pedido desde la bodega central hacia sus proveedores y desde las farmacias auxiliares hacia la bodega central, minimizando el costo total de inversión en inventario y a su vez el porcentaje del número de días con unidades faltantes. De los resultados computacionales obtenidos en la validación inicial se concluye que la aplicación del modelo propuesto genera un ahorro del 50% en los costos totales de inversión y 95% en el número de días con faltantes para las farmacias auxiliares.

Palabras claves: Cadena de abastecimiento, costo de inversión en inventario, gestión de inventarios, porcentaje de unidades faltantes, sistema de inventarios 1 almacén y N-minoristas.

ABSTRACT

This research analyzed the efficiency of inventory management process in a multilevel system with M-suppliers, one warehouse (BC), and four retailers for drugs supply chain at the University Hospital of the Samaritana, in order to determine the appropriate order quantities from the central warehouse to suppliers and from auxiliary drugstores to the central warehouse, minimizing the total cost of inventory investment and, in turn, the percentage of the number of days with missing quantities. With regard to the computational results obtained in the initial validation, it is concluded that the application of the proposed model generates a saving of 50% in the total investment costs and 95% in the number of days with missing quantities for auxiliary pharmacies.

Keywords: Supply chain, the total cost of inventory investment, inventory management, percentage of the number of days with quantities missing, OneWarehouse N-Retailer system.

Como citar este artículo:

L. Otálora, L. Murillo, M. Camacho, E. Duarte, A. Ahumada, "Evaluación de políticas de gestión de inventarios de medicamentos para un sistema multinivel y multiproducto en el Hospital Universitario de La Samaritana (HUS)". *Ingeniare*, N°. 21, pp. 93-107, 2016.

* Integrante del semillero de investigación Ingeniería y Sustentabilidad adscrito al grupo de investigación CINDES Universidad Libre. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Libre, Bogotá.

** Integrante del semillero de investigación Ingeniería y Sustentabilidad adscrito al grupo de investigación CINDES Universidad Libre. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Libre, Bogotá.

*** MSc en Sistemas de Calidad y Productividad, Ing. Industrial. Docente investigador jornada completa; Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Libre, Bogotá. Integrante grupo de investigación CINDES Universidad Libre. Codirector semillero de investigación: Ingeniería y Sustentabilidad.

**** MSc en Ingeniería Industrial, Ing. Industrial. Docente investigador jornada completa; Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Libre, Bogotá. Integrante grupo de investigación CINDES Universidad Libre. Codirector semillero de investigación: Ingeniería y Sustentabilidad.

***** Química Farmacéutica. Líder del servicio farmacéutico. Hospital Universitario de la Samaritana.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo refleja los resultados parciales del proyecto de investigación: “Modelo de coordinación multinivel para la gestión de inventarios de medicamentos en el Hospital Universitario de la Samaritana (HUS)”, llevado a cabo como proyecto de grado en el semillero de investigación Ingeniería y Sustentabilidad perteneciente a la Universidad Libre de Bogotá.

Se aborda como problemática de investigación: la deficiencia en la planeación y manejo de los niveles de inventario de medicamentos del servicio farmacéutico del HUS, lo que ha desencadenado la existencia de unidades faltantes en algunos de los servicios médicos ofrecidos y a su vez la acumulación de inventarios de seguridad, pues no se tiene claridad de la rotación de los productos, ya que se cuenta con gran cantidad de medicamentos que se demandan poco y pocas unidades de medicamentos que sí rotan.

Con base en la información suministrada por el área de farmacia del HUS, y factores como la caracterización de la demanda, la cantidad de ítems del sistema, el número de eslabones considerados, se plantea un modelo lógico de evaluación de políticas de resurtido de revisión periódica basado en la minimización de la inversión necesaria en el nivel de inventario, de forma que permita mejorar el servicio a los pacientes y el nivel de eficiencia del proceso.

En síntesis se presenta las conclusiones acerca de la revisión de literatura relacionados con la gestión de inventarios en sistemas multinivel; luego, se describe la metodología llevada a cabo para la construcción de la política de inventarios propuesta en el objeto de estudio; y finalmente se presentan los resultados y conclusiones preliminares obtenidas.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El Hospital Universitario de la Samaritana es una empresa social del estado prestadora de servicios de salud de alta y mediana complejidad ubicado en la ciudad de Bogotá. La cadena de suministro de medicamentos del HUS está compuesta por 38 proveedores, una bodega central y 4 farmacias auxiliares, lo que de acuerdo a la literatura corresponde a un sistema multinivel de M-proveedores, 1 almacén central y N-minoristas.

Es posible encontrar múltiples estudios que apuntan a la solución efectiva del problema de coordinación de inventarios para sistemas de abastecimiento con varios niveles, que asumen la demanda como determinística (Schwarz [1], Muckstad & Roundy [2], los cuales plantean técnicas de solución cuyo objetivo es determinar la cantidad óptima de pedido para el caso multi-producto, 1 bodega y N minoristas, Abdul-Jalbar [3], plantea un sistema coordinado de abastecimiento para una bodega y N-minoristas), mientras que otro grupo de autores contemplan la demanda como estocástica (Mohebbi [4] en el cual la solución propuesta se da para un sistema de inventarios multinivel con demanda que se comporta

con una función de distribución de probabilidad tipo Poisson, considerando además la restricción de capacidad de almacenamiento de la bodega, J. Ardila., N., Velasco, & C. Amaya [5], consideraron un problema aplicativo al servicio farmacéutico formulando la solución a un sistema de inventario multi-producto, con demanda estocástica, multinivel y con una restricción de capacidad de almacenamiento.

La mayor parte de los estudios revisados en la literatura consideran un comportamiento estocástico de la demanda, cuyo supuesto principal es que esa puede ser descrita por una función de distribución de probabilidad "Normal" (Moncer [6], L.C. Gómez., N., Velasco, & C. Amaya [7]).

Sumando lo anterior se plantea una política de inventarios basada en el estudio de la demanda de los medicamentos del año (2014), de los productos clase A que se consumen en las cuatro farmacias, con el objetivo de determinar las cantidades óptimas de pedido desde la bodega central hacia sus proveedores y desde las farmacias auxiliares hacia la bodega central, sin tener en cuenta la estimación de los costos logísticos asociados a un modelo de inventarios, pues en concordancia con: Vidal, Londoño, & Contreras [8], tras su análisis de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento para productos de consumo masivo consideran que diseñar un modelo de administración y control de inventarios efectivo no implica de manera previa la definición de costos de mantenimiento de inventario, de colocación de pedido o faltantes, ya que en la medida que se logre reducir el nivel de inventario se logrará reducir los costos de inversión de inventario.

3. METODOLOGÍA

De acuerdo con la figura 1 el proceso que se llevó a cabo para la evaluación de la política de inventario de medicamentos en el HUS se desarrolló de la siguiente manera.

Se inició con la caracterización del sistema, llevando a cabo el diagnóstico de la situación actual de la gestión de inventarios de medicamentos en el HUS, logrando identificar las actividades claves y de apoyo del proceso logístico [9], los subsistemas y demás elementos que lo componen; para mayor información ver "*Estrategia de mejora para la gestión de inventarios de medicamentos en el Hospital Universitario de la Samaritana (HUS)*" [10].

Con base en la caracterización del sistema y teniendo en cuenta los referentes teóricos frente a sistemas de inventarios de M-proveedores 1 almacén y N-minoristas, se identificaron y parametrizaron las variables más influyentes en la gestión de inventarios de medicamentos en el Hospital con el fin de establecer cuáles de ellas serían definidas en la función de eficiencia del modelo.

Sumando lo anterior se procedió a delimitar el número de productos a considerar, llevando a cabo una clasificación ABC de inventarios para cada farmacia auxiliar con los datos históricos de la demanda, estableciendo a su vez el criterio de frecuencia, el cual consta de que cada producto tuviese como mí-

nimo consumo en 8 meses de los 12 meses analizados. Puesto que se presentaron casos como el del medicamento Factor Antihemofílico VIII el cual al realizar el ABC general se encontraba en el puesto número dos por su consumo total, pero se identificó que dicho medicamento solo presentaba consumos en el mes de octubre y diciembre, lo que tradujo a que no se contara con información suficiente para llevar a cabo el análisis estadístico de la demanda, por esta razón dichos medicamentos no se tuvieron en cuenta dentro del análisis del proyecto.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico de la demanda de cada producto en cada farmacia auxiliar, con el fin de identificar las características que determinan el comportamiento de la demanda, lo cual implicó desarrollar pruebas de hipótesis, análisis de independencia, análisis intravariante, y pruebas de normalidad, utilizando el software Minitab 17 y la herramienta Stat::Fit de Promodel.

El planteamiento del modelo lógico de evaluación de políticas de inventario de medicamentos tuvo en cuenta los referentes teóricos relacionados, las variables y parámetros previamente definidos, de acuerdo con lo cual se aplicó la política de resurtido clásica de revisión periódica (OUL, R), donde el OUL (*Order up to level*) hace referencia al nivel base que se puede mantener en el almacén y R al intervalo de revisión del nivel de inventario que se tiene en las farmacias auxiliares y en la BC para cada producto [12].

Para la BC se planteó la agregación del OUL de cada producto en cada farmacia, con el fin de calcular la distribución de la demanda agregada y así poder determinar el nivel máximo de inventario a mantener en un período de tiempo fijo T para cada producto; esta actividad se encuentra en proceso de desarrollo.

Con el fin de validar las políticas de inventarios propuestas, se llevó a cabo una simulación a partir de datos históricos del año 2014, donde se evaluaron de manera previa distintas alternativas de políticas para la gestión de inventarios, cabe la pena resaltar que la evaluación final de la eficiencia del modelo se llevará a cabo con la simulación propiamente dicha, la cual se encuentra en proceso de desarrollo.

Aplicación de la metodología

Inicialmente se identificó la cantidad total de los medicamentos con los que cuenta el Hospital, encontrando que gran cantidad de referencias presentaban duplicidad en su código generando consumos no reales, en vista de lo anterior se realizó la depuración de la base de datos de medicamentos con ayuda del personal del servicio farmacéutico del Hospital, obteniendo como resultado un total de 642 referencias.

Como paso a seguir se llevó a cabo la clasificación ABC por demanda en cada farmacia auxiliar, ejecutando el criterio de frecuencia mencionado anteriormente (ver Tabla 1).

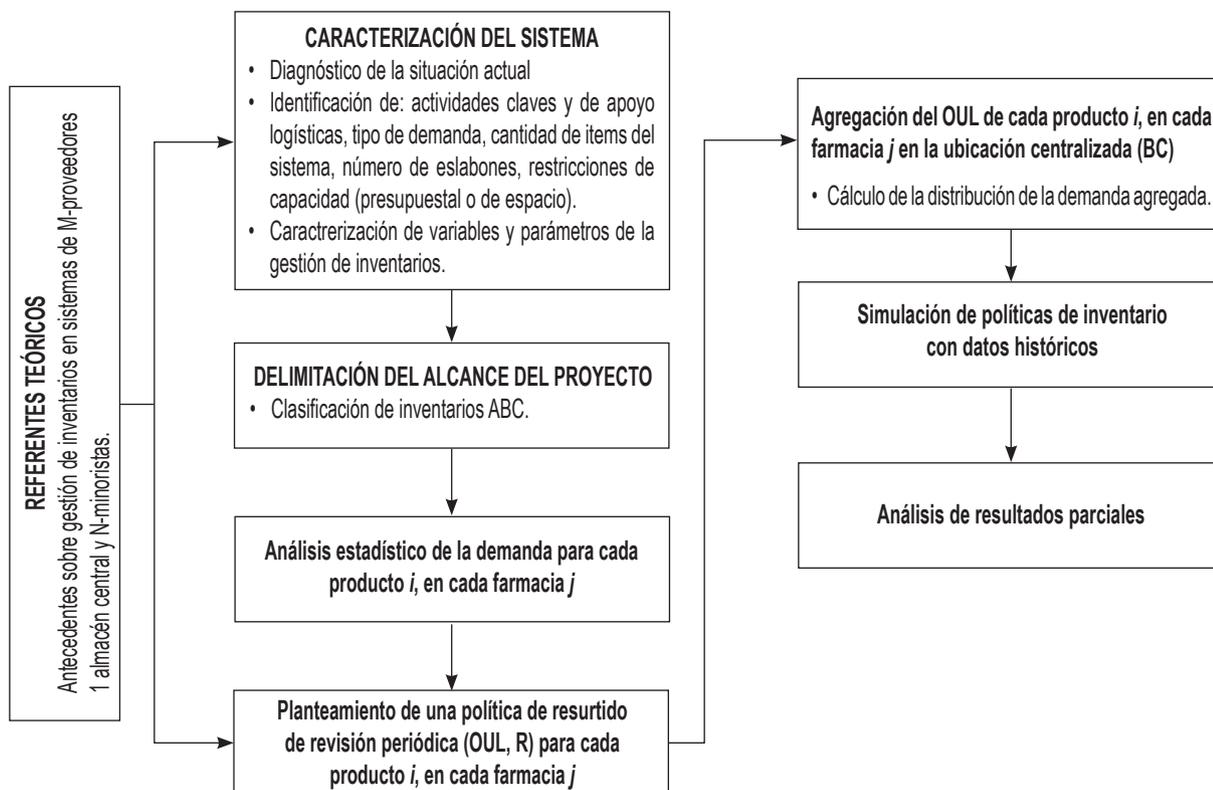


Figura 1. Metodología para la coordinación en la gestión de inventarios de medicamentos en el HUS

Fuente: elaboración de los autores

Tabla 1. Clasificación ABC por farmacia

	F. CENTRAL	F. URGENCIAS	F. SALAS DE QX	F. HEMODINAMIA
A	45	38	16	5
B	78	65	21	2
C	189	143	54	5
TOTAL PRODUCTOS ANALIZADOS (CRITERIO FRECUENCIA)	312	246	91	12
TOTAL REF. QUE SE CONSUMEN EN LAS FARMACIAS	557	433	127	37

Fuente: elaboración de los autores

Se realizó la agrupación de los medicamentos que presentaban mayor rotación para el Hospital y que a su vez resultaban ser clase A en todas las farmacias analizadas (ver Tabla 2).

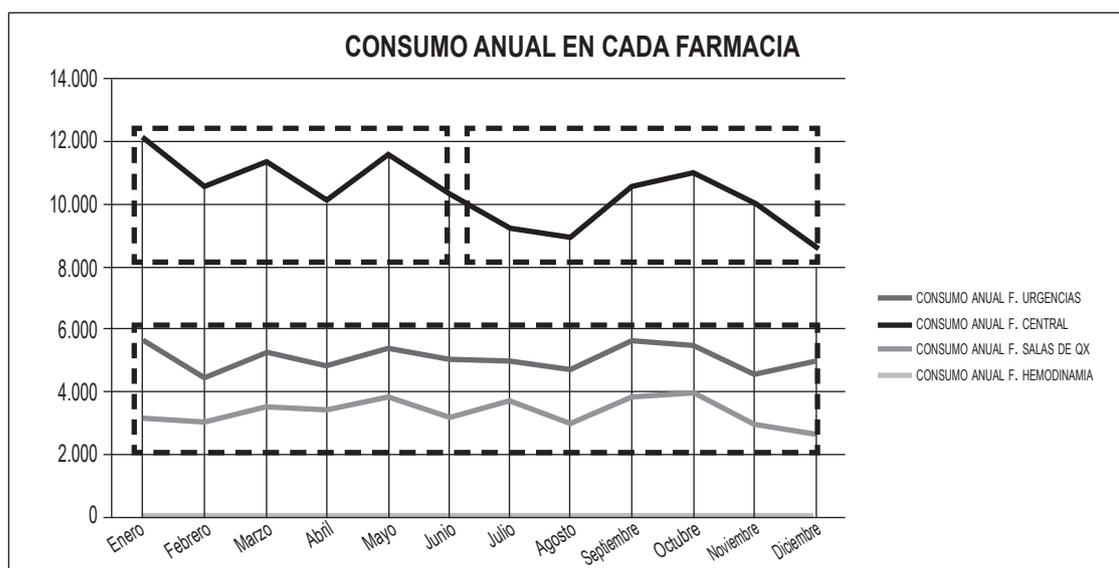
Tabla 2. Agrupación medicamentos Clase A en las farmacias auxiliares

	F. CENTRAL	F. URGENCIAS	F. SALAS DE QX	F. HEMODINAMIA
NOMBRE DEL PRODUCTO	CLASE	CLASE	CLASE	CLASE
Sodio Cloruro 0.9% Sol Iny 500mL *	A	A	A	A
Hartman Sol Iny estandar 500mL *	A	A	A	NO SE CONSUME
Tramadol Sol Iny 50mg/mL *	A	A	A	NO SE CONSUME
Cefazolina P.I.D. 1g *	A	A	A	C

Fuente: Elaboración de los autores

En vista de que el único medicamento que se consume en las cuatro farmacias auxiliares, es el Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml, se discriminó la farmacia de Hemodinamia, con el fin de evaluar mayor cantidad de productos, obteniendo como resultado trabajar con un total de cuatro medicamentos.

Para ejemplificar la complejidad del sistema a trabajar, se grafican las series de tiempo del medicamento Sodio Cloruro Sol Iny 500 ml, en cada una de las farmacias auxiliares, donde es notable la diferencia en cuanto la variabilidad de la demanda para cada farmacia (ver Gráfica 1).

**Gráfica 1. Comportamiento de la demanda en las F. Auxiliares del Sodio cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml**

Fuente: elaboración de los autores

Con base en la Gráfica 1 se determinó que la demanda del medicamento Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml para las farmacias de urgencias y salas de cirugía, no presenta una alta variabilidad; por ello se analiza la dependencia de los datos de entrada de la demanda de manera diaria a lo largo de todo el

año, caso contrario para la farmacia central pues el análisis de la demanda se lleva a cabo de manera diaria para cada semestre.

En concordancia con lo anterior se procede a analizar la dependencia de los datos de por medio del gráfico cajas y bigotes del software Minitab 17, con el fin de identificar la similitud de los días en el período analizado. Para cada día se llevó a cabo la identificación de la distribución de probabilidad por medio de la herramienta Stat::Fit de Promodel, considerando que los datos se acojan a una distribución de probabilidad normal, esto como condición principal para la implementación de la política de resurtido de revisión periódica (OUL, R).

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando que para la elaboración de la política de inventario en el HUS, el servicio farmacéutico fue representado como un sistema de inventarios multi-producto, con demanda probabilística, multi-nivel con tres niveles, coordinando la bodega central tanto con los proveedores como con las farmacias auxiliares.

4. MODELO LÓGICO DE SIMULACIÓN

A continuación se exponen los conjuntos, parámetros, variables y supuestos que incorpora el modelo lógico de simulación del problema de M-proveedores, 1 almacén y N-minoristas, que será de apoyo para dar solución al problema de investigación.

Supuestos del modelo

- Se consideró un sistema de inventarios para los 4 medicamentos que representan mayor rotación, para todas las farmacias auxiliares.
- El sistema está compuesto por una Bodega central (BC) y 3 farmacias auxiliares.
- La bodega se encarga de realizar los pedidos a proveedores externos cada 15 o 30 días dependiendo de la demanda de las 3 farmacias, y cada farmacia realiza pedidos a la BC 3 veces por semana.
- La demanda de los medicamentos ocurre en cada una de las farmacias, y la demanda de cada producto en cada farmacia el linealmente independiente y se representa con una función de densidad de probabilidad normal.
- El Hospital debe garantizar satisfacer la demanda de cada producto en cada farmacia asegurando un nivel de servicio tipo I del 97%.
- El lead time de todos los productos en todas las farmacias es igual a 0,17, es decir 4 horas al día. Y para la BC el lead time por parte del proveedor en promedio es de 2 días, para todos los productos.
- Se consideró priorizar el almacenamiento de los productos tipo A en cada farmacia.

Conjuntos, parámetros y variables del modelo

Para la elaboración de la política de inventarios se utilizó la siguiente notación:

I : Conjunto de medicamentos, indexados con i , donde $i = \{1, \dots, I\}$

J : Conjunto de farmacias, indexados con j , donde $j = \{1, \dots, J\}$

T : Conjunto de períodos, indexados con t , donde $t = \{1, \dots, T\}$

C_i : Costo unitario del producto i

OUL_{iBt} : Nivel de inventario base del producto i en la BC para satisfacer la demanda para el período t

OUL_{ijt} : Nivel de inventario base del producto i en la farmacia j para satisfacer la demanda para el período t

D_{ijt} : Demanda promedio del producto i en la farmacia j para el período t

σ_{ijt} : Desviación estándar de la demanda del producto i en la farmacia j para el período t

CSL : Nivel de servicio de ciclo deseado para todos los productos

$L1$: Tiempo de espera promedio del resurtido para la BC

$L2$: Tiempo de espera promedio del resurtido para todas las F . auxiliares

R_i : Intervalo de revisión del producto i para todas las farmacias

R_{iB} : Intervalo de revisión del producto i en la BC

$D(R + L)_{ijt}$: Demanda media durante $R + L$ períodos del producto i en la farmacia j para el período t

$\sigma(R + L)_{ijt}$: Desviación estándar de la demanda durante $R + L$ períodos del producto i en la farmacia j para el período t

ss_{ijt} : Stock de seguridad del producto i en la farmacia j para el período t

ss_{iBt} : Stock de seguridad del producto i en la BC para el período t

$F_S^{-1}(CSL)$: Inversa de la densidad de probabilidad del nivel de servicio

ρD_{ijt} : Correlación de la demanda del producto i en la farmacia j para el período t

D_{iBt}^C : Demanda agregada del producto i para la BC para el período t

$\sigma_{D_{iBt}^C}$: Desviación estandar de la demanda agregada del producto i para la BC para el período t

$\text{var}(D_{iBt}^C)$: Varianza de la demanda agregada del producto i para la BC para el período t

$D(R + L)_{iBt}$: Demanda media durante $R + L$ períodos del producto i para la BC para el período t

$\sigma(R + L)_{iBt}$: Desviación estándar de la demanda durante $R + L$ períodos del producto i para la BC para el período t

$QTINV_{iB}$: Cantidad total de inventario del producto i en la BC

$QTINV_{ij}$: Cantidad total de inventario del producto i en la farmacia j

$SINV_{iBt}$: Saldo en inventario del producto i para la BC para el período t

$SINV_{ijt}$: Saldo en inventario del producto i en la farmacia j para el período t

P_{iBt} : Cantidad de pedido producto i para la BC para el período t

P_{ijt} : Saldo en inventario del producto i en la farmacia j para el período t

Modelo lógico de evaluación de políticas de inventario

Teniendo en cuenta la anterior notación, el modelo propuesto se desarrolla bajo la minimización de los costos totales de inversión, para la bodega y para 3 farmacias auxiliares conectadas a ella.

Siendo la función objetivo del problema, la siguiente:

$$F = \text{Minimizar} \left(\sum_{i=1}^I QTINV_{iB} * C_i \right) + \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J QTINV_{ij} * C_i \right) \quad (1)$$

Con el fin de conocer cada expresión de la función objetivo se lleva a cabo el modelo de revisión periódica (OUL, R) como se mencionó anteriormente, el cual tiene como objetivo el cálculo de un nivel máximo de inventario (OUL), el cual se obtiene de la suma de la demanda anticipada durante el período de revisión, el tiempo de espera por parte del proveedor y el inventario de seguridad, para las farmacias auxiliares, así:

$$OUL_{ijt} = D(R + L)_{ijt} + SS_{ijt} \quad (2)$$

Donde la demanda promedio en el tiempo de reabastecimiento ($D(R + L)_{ijt}$), se calcula a partir de la ecuación 3.

$$D(R + L)_{ijt} = (L2 + R_i) * D_{ijt} \quad (3)$$

Dado que existe el 50% de probabilidad de que la demanda sea mayor o menor a la que se estima para el próximo período, resulta necesario definir un stock de seguridad que permita cubrir en la mayor proporción posible el 50% de los casos en los que la demanda supere la oferta.

A partir de lo anterior se tiene entonces la forma de obtener el stock de seguridad que permitirá cumplir con el nivel de servicio deseado (CSL) durante el período de revisión y tiempo de espera por parte del proveedor ($R + L$) (ver ecuación 4).

$$SS_{ijt} = \sigma(R + L)_{ijt} * F_S^{-1}(CSL) \quad (4)$$

Para el cálculo del stock de seguridad se tuvo en cuenta la desviación estándar de la demanda en el período ($R + L$), y la inversa de la densidad de probabilidad del nivel de servicio deseado a partir de la ecuación 5 y 6 respectivamente.

$$\sigma(R + L)_{ijt} = (\sqrt{L2 + R_i}) * \sigma_{ijt} \quad (5)$$

$$F_S^{-1}(CSL) = NORMSINV(CSL) \quad (6)$$

Por otra parte el modelo considera el saldo en inventario, al calcular la cantidad de pedido lo que permite tener un mayor control sobre el nivel de inventario $SINV_{ijt}$ al final de cada período de tiempo t (ver ecuación 7).

$$SINV_{ijt} = Inv_{(t-1),ij} + P_{ijt} - D_{ijt} \tag{7}$$

Con el fin de conocer el saldo en inventario, se determina la cantidad a pedir de cada producto en cada farmacia auxiliar para cada período de revisión del inventario, a partir de la ecuación 8.

$$P_{ijt} = \text{Máximo} (Inv_{(t-1),ij} - OUL_{ijt} ; 0) \tag{8}$$

En concordancia a lo anterior la cantidad de pedido en cada período no necesariamente es igual a la anterior, ya que, la demanda no se conoce con exactitud y la aleatoriedad de la misma influye en el inventario al final de cada período de tiempo.

Por último cabe la pena resaltar que las ecuaciones del modelo de revisión periódica mencionadas hasta el momento se pueden aplicar a la Bodega central con el mismo principio lógico, con la diferencia en el cálculo de la distribución de la demanda y la desviación estándar de la misma; las cuales se encuentra definidas bajo la agregación de las demandas (ver ecuación 9) y el cálculo de la varianza de la demanda agregada, determinada a su vez por la correlación de las desviaciones de cada medicamento en cada uno de las farmacias para un período de tiempo t (ver ecuaciones 10 y 11) [12].

$$D_{iBt}^C = \sum_{j=1}^J D_{ijt} \tag{9}$$

$$\sigma_{iBt}^C = \sqrt{(varD_{iBt}^C)} \tag{10}$$

$$(varD_{iBt}^C) = \left(\sum_{j=1}^J \sigma_{ijt} \right) + \left(2 \left(\sum \rho_{D_{ijt} * \sigma_{ijt}} \right) \right) \tag{11}$$

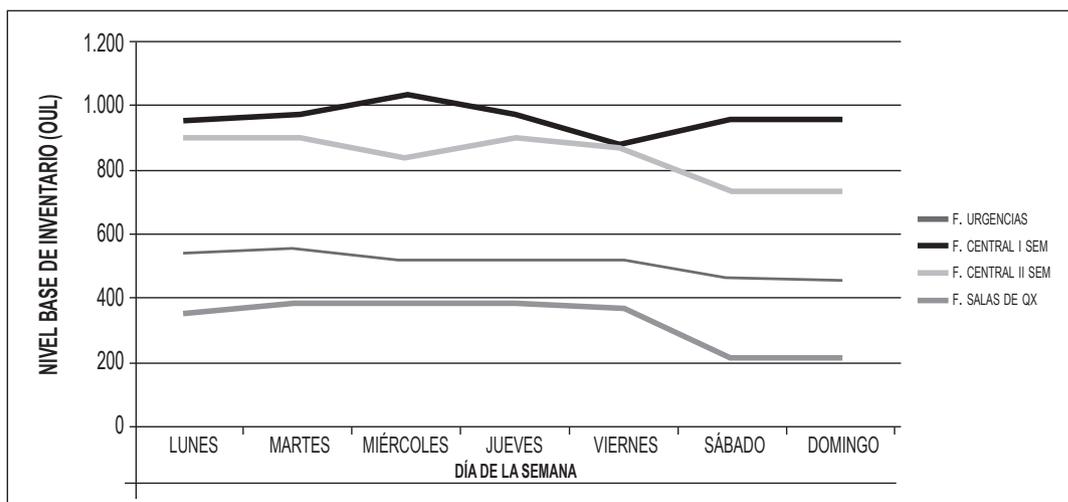
Los cálculos de las ecuaciones del modelo de revisión periódica para la BC se encuentran en procesos de desarrollo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de realizar un primer acercamiento a la validación de la política de inventarios propuesta, se llevó a cabo una evaluación con datos históricos, en donde se compraran los resultados de la política propuesta versus a los resultados de la política del HUS en el año 2014.

Haciendo uso de la metodología expuesta anteriormente, se determinaron los niveles máximos de inventario a mantener (OUL), según el día de la semana para cada producto en cada farmacia. Se considera

ejemplificar dicha evaluación de aquí en adelante con los resultados obtenidos del medicamento con mayor rotación para el Hospital siendo este el Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml (ver Gráfica 2)

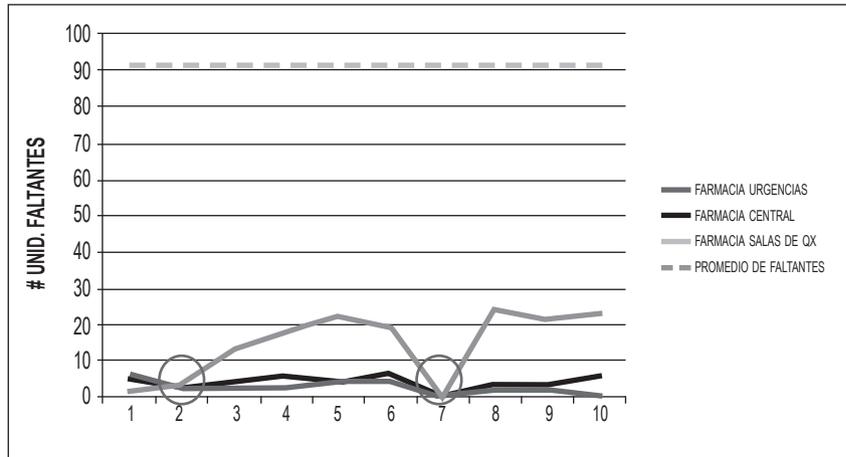


Gráfica 2. Nivel base de inventario por día de la semana para el año 2014, del Sodio Cloruro Sol Iny 500 ml

Fuente: elaboración de los autores

De la anterior figura se destaca que los niveles máximos de inventario por cada día están sujetos a los valores de la distribución de probabilidad normal, contemplando el cumplimiento de un nivel de servicio del ciclo del 97%, con el fin de que la probabilidad de que existan faltantes sea mínima. Dicho niveles de inventario presentan una pequeña variación debido a la tasa de llegada de la demanda, pues en ciertos días del año previamente analizado se demandaron más unidades de ese medicamento.

Una vez calculados los OUL de cada producto en cada farmacia se evaluó 2 principales medidas de desempeño, con el fin de encontrar el intervalo de revisión adecuado para las 3 farmacias auxiliares. En primer lugar se evaluó el número de días en el año 2014 en el cual se presentaron unidades faltantes, para ello se tomó como consideración la estimación del servicio farmacéutico, pues en promedio se incurre en existencias de unidades faltantes en 90 días de los 365 días del año, es decir aproximadamente la cuarta parte (25%) de la totalidad del año. En la siguiente gráfica se expresa el comportamiento del número de días con unidades faltantes a lo largo del año 2014, según el intervalo de revisión del inventario para cada farmacia auxiliar.

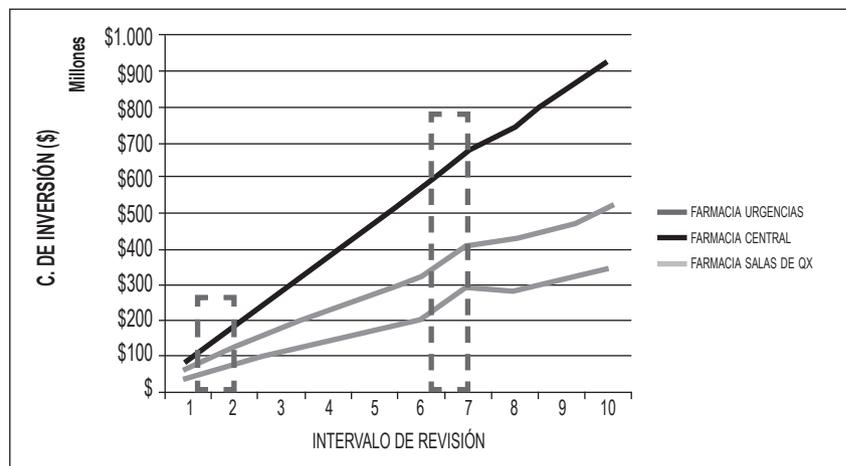


Gráfica 3. Número de días con unidades faltantes, según el intervalo de revisión del Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml en las F. auxiliares

Fuente: elaboración de los autores

La Gráfica 3 permitió identificar los intervalos de revisión adecuados del respectivo medicamento para cada farmacia, minimizando la incursión en unidades faltantes pues como se puede observar para un intervalo de revisión de 2 días, se tendría en promedio alrededor de 4 días con unidades faltantes para todas las farmacias, y para un intervalo de 7 días el Hospital no tendría unidades faltantes en el año, presentando esta la mejor opción hasta el momento.

En segundo lugar se evaluó la medida de desempeño del costo de inversión del medicamento en cada una de las farmacias teniendo en cuenta el intervalo de revisión. (ver Gráfica 4).



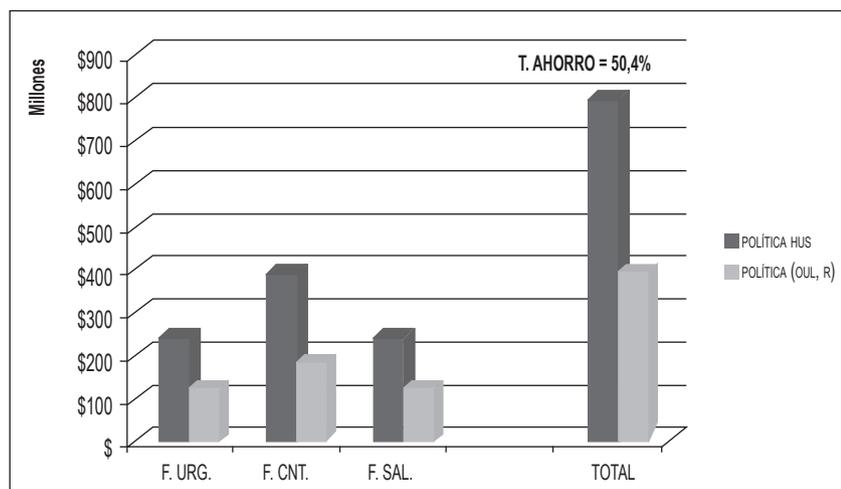
Gráfica 4. Costo de inversión, según el intervalo de revisión del Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml en las F. auxiliares

Fuente: elaboración de los autores

Como resultado se obtuvo que el comportamiento del costo de inversión en cada farmacia presenta una tendencia creciente, respecto al aumento del intervalo de revisión, pues a mayor cantidad de días para revisar el inventario mayor serán las cantidades a mantener en el mismo, por ende el crecimiento exponencial de los costos de inversión están sujetos al número total unidades a mantener en inventario.

En síntesis una vez analizadas ambas medidas de desempeño se concluye que el intervalo de revisión adecuado para minimizar la incursión en unidades faltantes y la inversión total en inventario para todas las farmacias fue de dos días.

En concordancia con lo anterior se graficó el costo de inversión en inventario de la política planteada por el HUS y la política de resurtido propuesta en cada una de las farmacias auxiliares (ver Gráfica 5).



Gráfica 5. Comparación del costo de inversión de la política del HUS vs. la política propuesta (OUL, R) en cada F. auxiliar del medicamento Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml

Fuente: elaboración de los autores.

La comparación del costo de inversión permitió establecer la diferencia significativa en cuanto la disminución del costo total de inversión de una política a otra, pues se obtuvo como resultado un ahorro de 50,4% con la política (OUL, R), en otras palabras un ahorro total de más de 400 millones de pesos del medicamento Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500ml para el año 2014.

Es importante resaltar que el procedimiento llevado a cabo con el medicamento Sodio Cloruro 0,9% Sol Iny 500 ml, se replicó con los demás productos analizados.

6. CONCLUSIONES

Con la implementación de la política de resurtido de revisión periódica (OUL, R) para las farmacias auxiliares en la primer etapa de validación se lograron resultados significativos, pues los días con unidades faltantes presentaron una reducción aproximadamente de un 95%, sin incurrir en un aumento del inventario, pues a su vez la cantidad a mantener en inventario presentó una reducción del 50% contemplando un nivel de servicio de ciclo del 97%. Sumando lo anterior la política finalmente presentó la minimización de los costos de inversión en 50%, traduciéndose esto a un ahorro de un gran margen económico para el Hospital, por lo tanto un ahorro en costos se puede traducir en inversiones que le apunten a un incremento en el nivel de servicio ofrecido a los pacientes.

Es importante resaltar que los resultados obtenidos en la primera etapa de validación de la política propuesta presenta mejoras para el Hospital si la misma se hubiese implementado en el año 2014; por esta razón se plantea el desarrollo de una simulación como herramienta de validación final del modelo lógico de evaluación de políticas de inventario propuesto, la cual se encuentra en procesos de construcción.

Por último se contempla como investigaciones futuras diversos aspectos de importancia como:

- El análisis de las complejas relaciones que existen entre la determinación de los pedidos de compra, la capacidad de almacenamiento y recepción tanto para la bodega central y las farmacias auxiliares.
- El análisis detallado de la demanda del resto de productos a través de métodos de pronósticos más sofisticados y/o de acciones administrativas, tales como la agregación de estos productos en la bodega central.
- La estimación de los costos de inventarios generados por la política propuesta, su comparación con los costos anteriores y su establecimiento como indicadores de eficiencia para evaluar el comportamiento de futuros métodos de control.
- La prueba de otros sistemas de control de inventarios más sofisticados, tales como los (R, s, S) [13], especialmente para los productos clase A.

Finalmente, este proyecto muestra como técnicas relativamente sencillas, para la gestión de medicamentos, producen resultados significativos y de alta importancia para el Hospital, lo cual ayuda al mejoramiento continuo enfocado a los pacientes. La adopción y aplicación de una política de inventarios en el Hospital resulta ser necesaria, pues permitirá soportar la toma de decisiones aumentando directamente la calidad del servicio.

REFERENCIAS

- [1] L. B. Schwarz. (1973, Enero). A simple continuous review deterministic one-warehouse N-retailer inventory problem. *Management Science*. [En línea]. Vol. 19, No. 5, Disponible en: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/7369768/simple-continuous-review-deterministic-one-warehouse-n-retailer-inventory-problem>
- [2] J. Muckstadt & R. Roundy. (1987, Diciembre). Multi-item, One-Warehouse, Multi-Retailer Distribution Systems. *Management Science*. [En línea]. Vol. 33, No. 12, Disponible en: http://www.jstor.org/stable/2632203?seq=1#page_scan_tab_contents
- [3] B. A. Jalbar. (2004, Diciembre, 16). Single cycle policies for the one-warehouse N-retailer inventory/distribution system. *Management Science*. [En línea]. (omega), Vol. 34, pp. 196-208. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048304001549>
- [5] J. A. Ardila, "Selección de un modelo de coordinación de inventarios para la bodega central y farmacias auxiliares de un hospital público de Bogotá", Tesis M.Sc., Dept. Ing. Industrial., Univ. Andes, Bogotá, Colombia, 2010.
- [6] A. H. Moncer. (2010, Julio, 7). A single-item continuous review inventory problem with space restriction. *Int. J. Production Economics*. Vol. 128, pp. 153-158, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527310002161>
- [7] L. C. Gómez., N., Velasco, & C. Amaya. (2012, Julio). Política de inventarios para la bodega central y farmacias auxiliares del Hospital Universitario Clínica San Rafael. *PYLO*. Disponible en: <http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/handle/1992/1174>
- [8] C. J. Vidal., J. C. Londoño., & F. Contreras. (2004, Septiembre, 14). Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. *Ingeniería y competitividad*. Disponible en: <http://revistaingenieria.univalle.edu.co:8000/index.php/incompe/article/view/80>
- [9] R. H. Ballou, "Business Logistics Management: Supply Chain Management. Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain", 2004. [En línea]. Disponible: <http://books.google.com.co/books?id=oop1QgAACAAJ>.
- [10] L. Murillo Herrada y L. Otálora Aldana. (2014, oct). Estrategia de mejora para la gestión de inventarios de medicamentos en el Hospital Universitario de la Samaritana (HUS). *Boletín de investigación CIHUS*. [En línea]. Vol. 1, No. 2. Disponible en: http://www.hus.org.co/recursos_user/documentos/editores/17/Boletin%20CIHUS%20Vol.%201.%20No.%201%202014.pdf.
- [11] R. H. Ballou, "Business Logistics Management: Supply Chain Management. Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain", 2004. [En línea]. Disponible: <http://books.google.com.co/books?id=oop1QgAACAAJ>
- [12] C. Sunil, P. Meindl. *Administración de la cadena de suministros, estrategias, planeación y operación*. 3 edición, Ciudad de México, México: Pearson Prentice Hall. 2008, pp. 304-345.
- [13] C. Vidal Holguín. *Fundamentos de gestión de inventarios*. 3 Edición, Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. 2005, pp. 133-138.