

PROPUESTA PARA MEJORAR EL CONTROL Y NIVEL DE INVENTARIO BAJO UN ESCENARIO CON INCERTIDUMBRE.

Andrés Castrejón-Méndez, Diana Sánchez-Partida, Jaime Mora-Vargas

Escuela de Ingeniería y Ciencias, ITESM, México. Carr. Lago de Guadalupe km. 3.5, Col Margarita M. de Juárez C.P.52926, Atizapán de Zaragoza, Estado de México Tel: (+52) 55 5864-5957, e-mail: dianasanchezpartida@itesm.mx

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN8067>

1.- INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios es un elemento clave en las organizaciones independientemente de su tamaño, al administrar y gestionar inventarios se optimiza la rentabilidad [1]. Los inventarios resaltan la rentabilidad y competitividad; y tiene distintas formas, como producto terminado o como materia prima, ambas sirven como amortiguadores entre los procesos de abastecimiento y demanda [2].

A nivel mundial este tema es muy tratado con diferentes métodos de solución. Hasta ahora, se han encontrado en la literatura varios aportes de casos de estudio en empresas asentadas en México, mostrando que con la implementación de modelos de inventario se han obtenido múltiples beneficios, entre ellos un adecuado nivel de inventario reduciendo el desabastecimiento o el sobre inventario, adecuados niveles o mejoramiento en el servicio al cliente, mejoramiento en el Retorno sobre los Activos y Retorno sobre la Inversión (ROA y ROI por sus siglas en inglés).

Existen decisiones que se tienen que tomar al administrar un inventario, una de ellas es la cantidad; cuanto producto tener de cada tipo; otra decisión es con respecto al tiempo esto es, cuándo hacer un pedido por la cantidad dada. Las decisiones anteriores son afectadas cuando la demanda del producto es incierta se debe encontrar un balance para no tener obsolescencia en los productos o quedar sin cumplir el nivel de satisfacción de los clientes [3].

Los modelos probabilísticos surgen de la necesidad de mantener productos con demanda variable, buscando que se pueda tener una producción balanceada sin variaciones significativas entre periodos. Estos modelos con demanda incierta se caracterizan por conocer la probabilidad de la distribución de la demanda durante un periodo determinado de tiempo, pero no se utiliza la demanda del periodo “actual”, por lo que al establecer un pedido existe la posibilidad de que se agote el inventario por lo que se tendría un costo por faltante [4].

El primer caso de estudio, muestra de cómo una compañía mexicana, dedicada a la elaboración de dulces y clasificada como mediana dentro del rubro de las Pequeñas y Medianas empresas en México. Enfatizando en incorporar la gestión de inventarios y un esquema de producción Push & Pull y una estrategia financiera basada en Vendor Management Inventory (VMI) [1]. El segundo estudio se realizó el cálculo de los parámetros de control de inventario de 6219 productos manejados por diferentes Centros de Distribución (CD) de una empresa que distribuye motores y piezas de repuesto en México. Utilizaron modelos probabilísticos y los resultados obtenidos se aplicaron parcialmente en la empresa para controlar y cuantificar el comportamiento [3].

En la actualidad es de suma importancia que las empresas cuenten con sistemas de control de inventarios que les ayuden a reducir costos y eficientar procesos. Por este motivo, se implementó un modelo de inventario probabilístico en una empresa manufacturera mexicana, ya que presentaba un exceso de inventario debido al tipo de política “push” de demanda. Gracias a la aplicación del modelo se puede saber qué cantidad y en qué punto volver a ordenar material, mejorando el nivel de servicio de un 87% a un 99% [5].

Schneider Industrial Tlaxcala S. A. (SITSA) es una empresa trasnacional que apoya y se apertura a los cambios, redujo la cantidad de paros de línea por desabasto de materiales a un 25% que se generaba por el cálculo erróneo de pronósticos, también implementó las metodologías SMED y JIT para desarrollar un flujo continuo de piezas estampadas en la línea de montaje. Logrando con esto una empresa más competitiva en el plazo de entrega, incremento en el nivel de servicio al cliente y en la reducción del inventario. Este estudio de caso implicó las áreas funcionales de planificación de la demanda, requerimientos, manufactura, diseño y almacén. [6 y 7].

Estos Modelos de Inventario Probabilísticos como los de Revisión Periódica se han estudiado con mayor frecuencia en las últimas dos décadas, en donde podemos encontrar que Chiang y Gutiérrez [8] describen un modelo de revisión periódica y dos modos de abastecimiento que ayudan a elevar el inventario. Se presentó como un modelo de programación dinámica para obtener los parámetros óptimos en las operaciones, describiendo entonces un modelo en donde los tiempos de entrega del material son más cortos que los periodos de revisión del mismo.

Otro caso muy visto en la literatura, es el de HP [9], esta compañía implementó un sistema de revisión periódica cuya meta era la disponibilidad de partes que incluía incertidumbre en la demanda y en el tiempo de abastecimiento. Desarrollando un Software que permitía al usuario la introducción de datos y costos del producto en una interface amigable, traduciendo los resultados de acuerdo a las necesidades del usuario, según la unidad de negocio a la que perteneciera. Con esta flexibilidad ya programada, la implementación del sistema fue un éxito, reduciendo hasta 1.6 millones de dólares en inventario en una línea de producción de circuitos, se mejoró el desempeño de entregas puntuales de 93% a 97%, se redujo la sensación de apresuramientos e incrementó el control en el sistema de producción.

Recientemente, se han presentado variaciones a este tipo de modelo por parte de los autores Bijvank y Søren-Glud [10] ellos proponen una revisión periódica y demandas independientes e idénticamente distribuidas con tasa constante de periodos. Por otra parte, se tiene el caso desarrollado en una empresa productora de fármacos en el 2012 [11] donde utilizan el método de revisión periódica y lo recomiendan para gestionar los inventarios de productos afines que se soliciten en forma conjunta a un mismo proveedor, ya que conlleva a ahorros en costos de reaprovisionamiento, eventuales ahorros en el transporte por aplicar consolidación y eventuales descuentos por parte del proveedor.

Otro ejemplo aplicado en el 2011 con éxito en el que se utilizó este tipo de Modelo de Revisión Periódica de Inventarios, es el caso de una empresa minorista de electrodomésticos [12], en el cual se estudia la demanda en el sector de caracterizándose por ser dinámica, generando la necesidad de garantizar su correcto abastecimiento. Es por eso, que propone una metodología que utiliza un enfoque multicriterio para clasificar las líneas, concentrando el estudio en las de tipo A. Posteriormente, se realiza un análisis de series de tiempo que complementa la selección del sistema de pronóstico y después se evalúan sistemas de control de inventarios, para minimizar el Costo Total Relevante (CTR).

Por otra parte, en el 2008 este mismo modelo fue empleado en la empresa dedicada a la fabricación de transformadores. La metodología obtiene productos críticos realizando una clasificación, obteniéndose un comportamiento de la demanda por gama, y con esta distribución se pueden obtener cuales son los niveles óptimos de inventario considerando el nivel de servicio necesario [13]. De acuerdo a este artículo, una desventaja que implica este modelo es el alto costo de almacenaje, pero como se mencionó un método computacional puede ayudar a incrementar los beneficios en ahorro de costos.

A diferencia de los ejemplos expuestos, esta propuesta se basa en un sistema de control de inventario “Fuzzy” o borroso. Éste es un sistema informático que modela demandas y producciones con incertidumbres de tiempos y demanda. Representando una ventaja ya que los sistemas más tradicionales para realizar modelos estocásticos ya que es un modelo con un soporte informático sólido, obteniendo menores costos de inventario e incrementando los niveles de servicio aproximadamente [14].

Este proyecto de mejora de control de inventarios se enfoca en el Centro de Distribución (CD) establecido en México. El CD se localiza en la zona metropolitana de la Ciudad de México; cuenta con una infraestructura para la gestión,

administración y distribución de productos secos; por su localización estratégica tiene una cobertura y vías de acceso adecuado para distribuir a las regiones centro, norte y sur del país. El CD maneja producto terminado de una empresa de fabricación en productos para baño (muebles y llaves). Este CD recibe de distintas plantas los productos para su consolidación, segregación y almacenamiento del producto final. Al almacenar y consolidar la mercancía, se concentran y centralizan las ordenes de entrega para iniciar la distribución a toda la república mexicana según las necesidades de los mayoristas o distribuidores de productos de baño.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- TIPO DE INVENTARIO Y CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

El CD solo recibe y administra producto terminado; de los números de parte o Stock-Keeping Unit (SKU) analizados a continuación: asientos, inodoros, lavabos, llaves de baño, tinas y regaderas. Los datos analizados del proyecto incluye información histórica de 9 meses del comportamiento del movimiento de cada uno de los productos distribuidos, con esta información se obtiene que de un total de 900 SKU's manejados en el inventario solo tuvieron movimiento 868. Por lo tanto, tenemos 32 SKU sin movimiento, estos representan un costo de producto promedio de \$ 6, 135,095 pesos de inventario sin movimiento. En términos porcentuales representa el 11% del total de inventario.

Basados conforme a la sugerencia para mejorar el manejo del inventario por Napolitano [15] "No trate a todas las SKU la misma manera", fue aplicada la metodología de segmentación de productos, ver [16 y 17] para más información, [16,17] en base al criterio del volumen de la demanda diaria de cada producto, ya que todos y cada uno de los producto no se suministran de la misma manera y el patrón de variabilidad de la demanda es diferente. De esta manera, se obtuvo la Clasificación ABC. En la Tabla 1 observa la cantidad de productos que pertenecen a cada clasificación.

Tabla 1. Clasificación ABC por frecuencia.

Producto	Clasificación	Cantidad	SKU's
	Clasificación A	98	
	Clasificación B	160	
	Clasificación C	610	
	Total SKU's	868	

Para este análisis se determinó un tamaño de muestra para cada clasificación por medio de la fórmula de proporción [18]:

$$n = \frac{Nz^2 pq}{(z^2 pq) + d^2 (N - 1)} \quad (1)$$

Donde:

N= número de sku por clasificación ABC.

Z= nivel de confianza para este análisis al 80%

p= probabilidad de que se tenga éxito a un 50%

q= probabilidad de que no se tenga éxito a un 50%

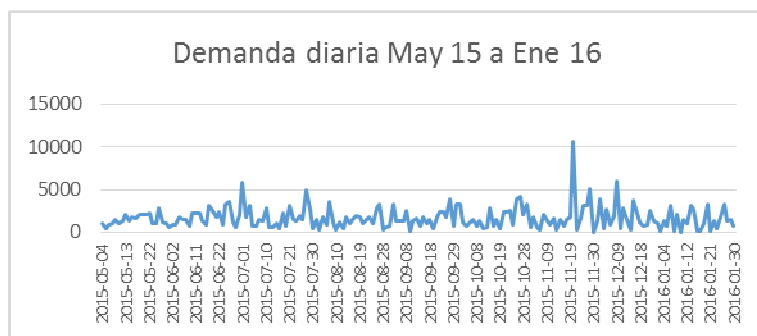
d= error máximo permitido.

Los tamaños de la muestra para los productos clasificación A son 20 sku, para los productos clasificación B son 21 sku y para los productos clasificación C son 23 sku.

2.2.- COMPORTAMIENTO, PATRÓN Y TIPO DE DEMANDA

Al tomar en cuenta que este tipo de producto en el mercado no tiene una demanda constante de consumo. Se puede concluir con los análisis realizados que se presenta una demanda independiente e irregular, la cual no muestra una estacionalidad, tendencia o ciclo; su comportamiento es completamente aleatorio.

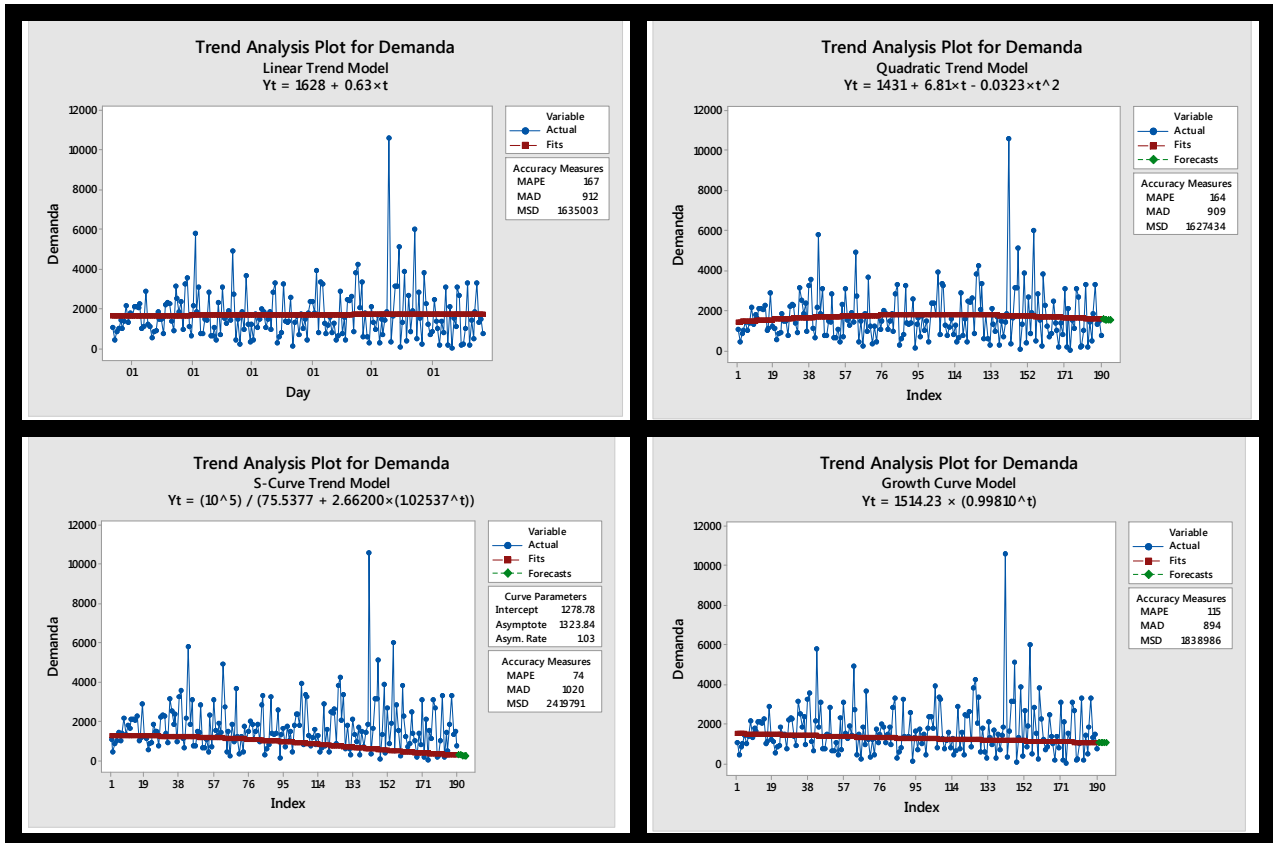
Por la naturaleza de consumo y tipo de producto a continuación se exponen los patrones de demanda acumulada por el total de SKU y también se muestra el comportamiento de la demanda de forma individual con mayor movimiento. En la Gráfica 1 se observa que el comportamiento de la demanda acumulada de todos los productos. En el Apéndice 1 se muestran las gráficas de los productos clasificados como A, B y C que demuestran una demanda estocástica.



Gráfica 1. Comportamiento de la demanda total acumulada de 9 meses.

A continuación, se realizaron 4 pruebas para determinar si la demanda es irregular. Además de usar el método de observación gráfico, también se analiza la demanda acumulada de los nueve 9 con la herramienta de variabilidad relativa de la demanda con los métodos de Tendencia lineal, Modelo de tendencia cuadrático, Modelo de tendencia de crecimiento exponencial y Modelo de tendencia de curva S en el software Minitab (aplicación para el análisis de datos estadísticos), en los datos obtenidos se observa que el valor de los errores son muy altos.

Los valores de los estadísticos para comparar ajustes en diferentes métodos de pronósticos: Error de la Desviación Absoluta Media (MAD) y el Error del Porcentaje Absoluto Medio (MAPE) son muy altos, la metodología nos indica que los valores más pequeños representan un modelo de ajuste más adecuado, por lo tanto los datos no se pueden ajustar a un modelo determinístico de demanda.



Gráfica 2. Resultados de la prueba de variabilidad relativa de la demanda acumulada.

La explicación de este comportamiento de la demanda irregular de los productos es el ambiente de manufactura del cliente que es Make to Stock (MTS) ya que el comportamiento depende de cómo se comporte el mercado con los distribuidores, una de las variables es obtener descuentos adicionales por algún SKU en promoción o ventas especiales de productos del catálogo disponible; estas variables se suman a la demanda de consumo planeados y generan la variabilidad.

También se debe considerar que la estrategia financiera ocupada por este cliente está basada en la respuesta rápida [9, 10], donde se busca reducir los tiempos de la cadena de suministro. Para lograr una rápida repuesta a la demanda de los consumidores de menudeo o mayoreo; su estrategia está basada en la centralización de sus productos o consolidación de un CD para que los pedidos y órdenes de embarque sean surtidas en sus diferentes componentes en una misma instalación y de esta forma unificar embarques directos a los mayoristas y distribuidores.

Otra manera para determinar el tipo de modelo de inventario a utilizar, es el cálculo del Coeficiente de Variabilidad (CV) de la demanda, dentro del modelo la Regla de Peterson-Silver determina si la demanda es irregular [11].

$$V = \frac{\text{Variancia de la demanda por periodo}}{\text{Cuadrado de la demanda promedio por periodo}} \quad (2)$$

Ellos demostraron que V es calculado:

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{(\sum_{t=1}^n D_t)^2} - 1 \quad (3)$$

Donde D_t es la demanda pronosticada discreta para el periodo y “ n ” es el horizonte de planeación [11]. La prueba de irregularidad se describe como:

Si $V \geq 0.20$ se usa un modelo probabilístico.
Se realizó la prueba con 8 días de demanda:

Tabla 2. Demanda acumulada de los últimos 8 días.

Demanda de los últimos 8 días	
Cantidad SKU	
2016-01-21	166
2016-01-22	1394
2016-01-25	471
2016-01-26	1855
2016-01-27	3316
2016-01-28	1311
2016-01-29	1449
2016-01-30	766

Aplicando la formula tenemos:

$$V = \frac{(8) * (21,034,592)}{115,089,984} - 1 = 0.46 > 0.25$$

$0.46 > 0.25$ Como el resultado es mayor que 0.25 se justifica el uso del método probabilístico de inventarios.

2.3.- IDENTIFICACIÓN DE COSTOS

Los costos asociados de los productos analizados son Muhlemann [12]:

El costo de almacenamiento por pieza almacenada es de \$7.6 pesos por pieza mensual. Este costo se calcula con base en los rubros de: renta de nave, montacargas y patines hidráulicos (MHE), mantenimiento de MHE, seguridad, mantenimiento de nave, cobertura de seguros, costos de telefonía y datos (IT), electricidad.

El costo de compra de promedio de los productos A es de \$ 306.47 pesos.

El costo de compra de promedio de los productos B es de \$ 623.68 pesos.

El costo de compra de promedio de los productos C es de \$ 597.64 pesos.

El costo de ordenar \$175.53 pesos por cada Orden de Compra en promedio; cada mes se generar 78 Órdenes de Compra de los distintos productos.

Cierto grado de incertidumbre en los sistemas de inventario como el tiempo de espera, cantidad y calidad dependen de los proveedores, otras incertidumbres son atribuibles a los clientes, especialmente la demanda. Si no hay suficiente inventario se incurre en un costo por perdida. De ahí que las compañías están dispuestas a mantener un inventario adicional [27] el cual debe de ser pequeño en término de unidades para no incurrir en un costo de inventario mayor.

El costo por pérdida por no tener disponible el producto dentro del inventario no aplica porque el CD es el almacén centralizado donde se concentran todos los SKU de los distintos proveedores, se cuenta con una configuración del Warehouse Management System (WMS) donde el inventario disponible solo es visible al personal de ventas hasta que queda confirmado su recepción e ingreso al WMS; por lo tanto el CD solo recibe órdenes de surtido de productos disponibles en el inventario.

Se calculó un costo por stock out mensual aproximado de \$ 2,773,000 pesos considerando los montos de venta mensual, el fill rate, las ventas perdidas a causa del back order, los costos de distribución del back order y el porcentaje de clientes perdidos.

En promedio se procesan 3890 órdenes de surtido por mes.

2.4.- DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DE INVENTARIO Y TIEMPO ENTRE SOLICITUDES

El inventario es necesario debido a las diferencias en las tasas y los tiempos entre abastecimiento y demanda; por lo tanto es muy importante mantener el tamaño óptimo del inventario; un balance en el valor total del inventario y una buena administración dan como resultado una ventaja económica. [13, 14].

Hon-Shiang y Long-Geng mencionan que varios trabajos actuales consideran que el inventario de seguridad es afectado por la división de una orden entre dos proveedores; ellos concluyen que lo más importante para reducir costos entre dos proveedores es el ciclo del inventario y el costo del inventario de seguridad es relativamente irrelevante. [26]

Dentro de los modelos de revisión periódica de inventarios existen los modelos (S, T) y (s, S). Una característica importante para los modelos es determinar el nivel máximo de inventario teniendo un tamaño de orden suficientemente grande que dure hasta el siguiente periodo de revisión. Las ecuaciones de ambos modelos son:

$$S_{d'} = \sqrt{S_d^2(T+L) + S_L^2 d^2} \quad (4)$$

$$S = d * (T + L) + z_{CSL} * S_{d'} \quad (5)$$

$$T = \sqrt{2k/dh} \quad (6)$$

$$R = d * L + z_{CSL} * S_{d'} \quad (7)$$

$$\mu(q) = \frac{kd}{q} + h \left(\frac{q}{2} + z_{CSL} * S_{d'} \right) + cd \quad (8)$$

$$FR = 1 - \frac{S_{d'} * E_z}{q} \quad (9)$$

Donde:

$S_{d'}$ = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

d = Demanda.

T = Tiempo entre cada revisión.

L = Lead-time.

S_d = Desviación de la demanda.

SL = Desviación del Lead-time.

S = Nivel máximo de inventario.

$ZCSL$ = Valor de z para la distribución normal con un nivel de servicio en el ciclo (Cycle Service Level - CSL) definido.

R = Punto de reorden o nivel mínimo de inventario para el caso del modelo (s, S) es el nivel de inventario mínimo s .

k = Costo de ordenar.

q = Tamaño de lote económico.

h = Costo de sostenimiento de inventario.

c = Costo de compra.

FR = Fill Rate o nivel de servicio al cliente.

E_z = Función de pérdida para calcular los desabastecimientos dada una z .

3. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis para los productos clasificación A, al considerar los valores de la demanda anual por cada SKU, desviación estándar por cada SKU, tiempo de entrega de 3 semanas, costo promedio de productos A (\$ 306.47), costo de ordenar (\$175.53) un nivel de servicio o Fill rate (FR) de 99% y su tiempo de revisión calculado, Apéndice 2.

Los resultados s del análisis para los productos de clasificación B, al considerar los valores de la demanda anual por cada SKU, desviación estándar por cada SKU, tiempo de entrega de 3 semanas, costo promedio de productos B (\$ 623.68), costo de ordenar (\$175.53) un nivel de servicio de 99% y su tiempo de revisión calculado, Apéndice 3.

Para los productos de más bajo movimiento al hacer los cálculos por medio del modelo de revisión periódica (s, S) .

Los resultados obtenidos del análisis para los productos clasificación C, al considerar los valores de la demanda anual por cada SKU, desviación estándar por cada SKU, tiempo de entrega de 3 semanas, costo promedio de productos c (\$ 597.64), costo de ordenar (\$175.53) y un nivel de servicio de 99%, Apéndice 4.

Nota: los productos 20, 21, 22 y 23 no cuentan con nivel máximo de inventario porque solo se tuvo un envío durante el periodo analizado. El FR es la proporción de piezas que se surten, sin importar el surtimiento completo de la orden. En resumen con un nivel de servicio al cliente de 99%, los niveles máximos de inventario de clasificación ABC analizados son:

Tabla 3. Niveles de inventario y costos de los 64 productos

Clasificación	A	B	C
Nivel de Inv.(U)	15,666	3,664	788
Costo Total (\$)	\$ 245,114.72	\$ 201,046.44	\$ 32,700.38

3.1.- IMPACTO EN COSTOS LOGÍSTICOS POR NIVEL DE SERVICIO

Al identificar los costos logísticos del inventario a un nivel de servicio de 99 por ciento. En el Apéndice 5 se observa la diferencia en unidades y en costo del nivel del inventario actual contra el inventario propuesto por el método de análisis.

Al realizar la comparación de los niveles de inventario actual de los 20 productos clasificación A a un nivel de servicio del 99 por ciento, se obtiene un costo de inventario de más de \$ 3, 815,514 pesos y un total de diferencia de menos para completar los niveles óptimos de -\$ 832,447 pesos; por lo que actualmente existe sobre inventario en los productos A de aproximadamente 3 millones de pesos. El Apéndice 6 muestra el comparativo de los productos de clasificación B.

Al realizar la comparación de los niveles de inventario actual de los 21 productos clasificación B a un nivel de servicio del 99 por ciento obtenemos un costo de inventario excedente de \$ 1, 675,096.64 pesos y un total de diferencia de menos para completar los niveles óptimos de -\$1, 282,467.87 pesos; podemos concluir que tenemos 392 mil pesos en productos B almacenados de más.

Al comparar los productos de menor movimiento pertenecientes a la Clasificación C tenemos el concentrado de resultados en el Apéndice 7.

La comparación de los niveles de inventario actual de los 23 productos clasificación C a un nivel de servicio del 99 por ciento obtenemos un resultado de sobre inventario de \$183,643.86 pesos y un total de diferencia de menos para completar los niveles óptimos de -\$238,209.64 pesos; un total de menos de 54,500.00 pesos en productos no disponibles en caso de ser requeridos.

Sin duda entre más nivel de servicio mayor será el costo logístico de almacenamiento. Es por esto, que se simuló tener un nivel del servicio a un 95 por ciento en todos los productos. En el Apéndice 8 se ven los costos logísticos calculados por los diferentes niveles de servicio. Al final el tomador de decisión elegirá sobre esa simulación los resultados significan muy poco ahorro a expensas de pérdida de algún cliente por no tener un nivel de satisfacción como el que siempre se ha otorgado.

Chopra, Reinhardt y Dada [25] señalan que dos alternativas para reducir los niveles de inventario sin perjudicar el nivel de servicio al cliente, son la reducción del tiempo de entrega del proveedor y la reducción de la variabilidad del tiempo de entrega; si la demanda del tiempo de entrega sigue una distribución normal, en este análisis se demostró que nuestra demanda es irregular y tiene un comportamiento aleatorio.

4. CONCLUSIONES

El propósito de este análisis sobre el control del inventario en una empresa de productos de muebles de baño es la búsqueda de mejoras y ahorros por medio de modelos de análisis de inventarios; constatamos que el elemento fundamental que afecta los inventarios es la demanda, de esta surgen variables de decisión para buscar y tener control: ¿Qué producto ordenar?, ¿Cuándo ordenar? y ¿Cuánto ordenar?. Al obtener los resultados de los 64 productos se tienen áreas de oportunidad para mantener a un nivel óptimo de productos en el inventario, hoy en día tenemos sobre inventario de más de \$ 3, 320, 000, el cual está directamente relacionado al nivel de inversión los productos para mantener el nivel del inventario adecuado y satisfacer la demanda del cliente.

Se determinó la clasificación ABC de los productos que actualmente almacenados y se corroboró que existen productos que dentro de los 9 meses no tienen movimiento representando el 11% del total de productos almacenados; estos productos tienen la probabilidad de convertirse en modelos obsoletos.

Con la aplicación de los modelos de revisión periódica constatamos que mantener un nivel de servicio de un 99 por ciento nos lleva a tener mayores niveles de inventario y por lo tanto mayor dinero invertido. Sin embargo, los costos adicionales del manejo de este inventario se compensan por costos administrativos reducidos y costos de adquisición más bajos. Siendo que la justificación de un mayor inventario, responde a que se debe proteger de las fluctuaciones de la demanda durante el intervalo de pedido y el tiempo de entrega.

Una propuesta de cambio es reducir el nivel de servicio a un 95 por ciento el cual tiene un ahorro de un 10% del costo almacenado. El tomar esta decisión se toma si estamos dispuestos a tener un porcentaje de órdenes con faltantes y tener una negociación con los distribuidores o consumidores mayoritarios para la entrega posterior de los productos faltantes; en otros términos la aplicación de órdenes pendientes por surtir.

Se sugiere unificar los tiempos entre revisiones para tener mejor eficiencia en la revisión y control del inventario de las áreas de manufactura, de desarrollo de productos, de costos, representantes de servicio a clientes y personal de ventas.

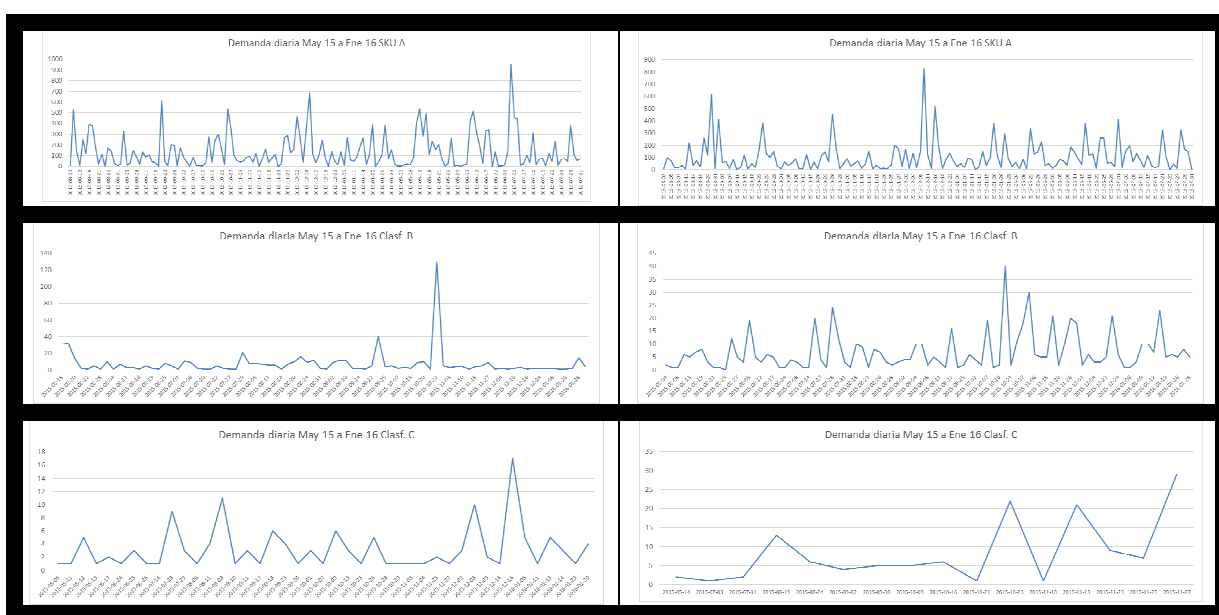
PARA SABER MÁS

- [1] Palacios-García, L., Flores-Miranda, L., Alvarez-Vargas, R., Contreras-Juarez, A., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. (2015). INVENTORY MANAGEMENT THROUGH PUSH & PULL AND VENDOR MANAGEMENT INVENTORY- CASE OF STUDY RISA PRODUCTS. DYNA Management, 3(1). 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7565>
- [2] Rivera-Gomez, H., Garnica-Gonzalez, J., Montañó-Arango, O., Hernandez-Gress, E.. (2014). SIMULATION MODELS COMPARISON FOR THE PRODUCTION CONTROL OF UNRELIABLE MANUFACTURING SYSTEMS. DYNA Management, 2(1). [No Consta]. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7262>
- [3] Sánchez-Partida, D., Olivares-Benítez, E., & Martínez-Flores, J. L. "Determination of parameters for inventory control of spare parts". *IIE Annual Conference.Proceedings*. 2012, p. 1-8.
- [4] Ríos, F., Martínez, A., Palomo, T., Cáceres, S., Díaz, M. "Inventarios probabilísticos con demanda independiente de revisión continua, modelos con nuevos pedidos". *Ciencia Ergo Sum*. 2008, vol. 15, No. 3, p. 251-258.
- [5] Espino, J. E. P., Lázaro, A. O., Casas, K. S., Sánchez-Partida, D., & Martínez-Flores, J. L. "Propuesta de un Nivel Óptimo de Inventario en Proceso de Hilo Recubierto para una Empresa Manufacturera de Tela Mosquitera/Proposal for an Optimal Level of Process Inventory for Coated String for A Manufacturing Company of Mosquito Net". *Paper presented at the IBFR*. 2016, vol.11, No. 1, p. 587-596.
- [6] Munive, R. C., Partida, D. S., & Flores, J. L. M. "Cálculo de la Demanda Futura: Pronósticos y la Implementación de Contenedores Retornables en Schneider Electric/Calculation of Future Demand: Forecasts and the Implementation of Returnable Containers in Schneider Electric". *Paper presented at the IBFR*, 2015, vol. 10, No. 2, p. 1846-1855.
- [7] Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J.L. y Arvizu-Barrón, E. "A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant". *IFAC-PapersOnLine*. 2015, vol. 48, No. 3, p.1399-1404. doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.282
- [8] Chiang C. y Gutierrez J.G. A Periodic Review Inventory System with two Supply Modes. *European Journal of Operational Research*, volumen 94, 1995: 527-547.
- [9] Cargille, B., Kakouris, S. y Hall, R. "Part Tool, Part Process Inventory Optimization at Hewlett Packard Co." *Institute for Operations Research and the Management Sciences - INFORMS*. 1999, vol.26, No. 5.
- [10] Bijvank, M., Søren-Glud, J. "Periodic Review Lost-Sales Inventory Models with Compound Poisson Demand and Constant Lead Times of Any Length". *European Journal of Operational Research* 2012, vol. 220, No. 1, p. 106-114.
- [11] Milena, L., Rossetti, G. "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE INVENTARIO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE FÁRMACOS". *IBEROAMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING*. 2012, vol. 4, No. 8, p. 163-187.
- [12] Toro, L., Bastidas, V. "Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos". *Scientia et Technica - Universidad Tecnológica de Pereira*. 2011 Año XVI, No 49, ISSN 0122-170
- [13] Gutiérrez, E., Hurtado, F., Panteleeva, O. y González C. "Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución". *Ingeniería Investigación y Tecnología*. 2013, vol. 14, No. 4, p. 537-551.
- [14] Tanthamemee, T., Phruksaphanrat, B. "Fuzzy Inventory Control System for Uncertain Demand and Supply" *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2012 – IMECS 2012*. Vol. 2. ISSN: 2078-0966.
- [15] Napolitano M. "Top 8 guidelines to improve inventory management". *Modern Materials Handle*. 2013, vol.68. No. 3, p.52-58.

- [16] Ballou Ronald. "Business logistics – supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain". 5ª ed. Saddle River New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall, 2004. ISBN 9789702605409.
- [17] Harrison, Alan y Van Hoek, Remko. "Logistics Management and Strategy". 5ª ed. England: PEARSON Education, 2008. ISBN-13: 978-1292004150.
- [18] Douglas Lind (2012). Estadística Aplicada a los Negocios Y Economía, 13ª Ed, MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO, ISBN 9789701066744
- [19] Fazel, F., Fischer, K. P. y Gilbert, E. W. "JIT Purchasing vs EOQ with a Price discount: An analytical comparison of inventory costs". *International Journal of Production Economics*. 1998, vol. 54, No. 1, p. 101-109.
- [20] Annadurai, K. y Uthayakumar, R. "Controlling setup cost in (Q, r, L) inventory model with defective items". *Applied Mathematical Modelling*. 2010, vol. 34, No. 6, p. 1418-1427.
- [21] Sipper D. y Bulfin, J. R. L. "Planeación y control de la producción". 10ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2011. ISBN: 9789701019443.
- [22] Muhlemann A.P. y Valtis-Spanopoulos N.P. "A variable holding cost rate EOQ model". *European Journal of Operational Research*. 1980, vol. 4, No. 2, p. 132-135.
- [23] Fazel Farzaneh. "A comparative analysis of inventory costs of JIT and EOQ". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1990, vol. 27, No. 8, p. 496-504.
- [24] Alstrom, Poul y Madsen, Per. "Evaluation of forecast models used for inventory control during a product's life cycle: A simulation study. *International Journal of Production Economics*. 1994, vol. 35, No. 1-3, p. 191-200.
- [25] Ping Wang, James A. Hill. (May 2006). Recursive Behavior of Safety Stock Reduction: The Effect of Lead-Time Uncertainty. *Decision Sciences Institute*, 37, 285-290. Julio 2016.
- [26] Hon-Shiang Lau, Long-Geng Zhao. (July 1991). Optimal ordering policies with two suppliers when lead times and demands are all stochastic. *European Journal of Operational Research*, 68, 120-125. Julio 2016.
- [27] Gerrit K. Janssens, Katrien M. Ramaekers. (2011). linear programming formulation for an inventory management decision problem with a service constraint. *Expert Systems with Applications*, 38, 7929-7943. Julio 2016.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Apéndice I. Gráficas de los productos A, B y C que demuestran el comportamiento aleatorio de la demanda.



Apéndice 2. Tabla resultados de Modelo de revisión periódica (S, T) productos A.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Nivel máx. de Inv.(U)	2199.38	1542.61	1349.66
Costo Total (\$)	\$40,239.57	\$32,852.19	\$28,619.72
FR (%/anual)	99.96	99.96	99.97
Tiempo revisiones	4 días	5 días	5 días
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Nivel máx. de Inv.(U)	1145.48	815.05	825.17
Costo Total (\$)	\$26,337.60	\$21,211.62	\$22,857.45
FR (%/anual)	99.97	99.97	99.96
Tiempo revisiones	6 días	7 días	7 días
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9
Nivel máx. de Inv.(U)	843.85	729.68	698.43
Costo Total (\$)	\$23,508.57	\$20,013.49	\$18,672.25
FiR (%/anual)	99.96	99.97	99.98
Tiempo revisiones	7 días	7.5 días	8 días
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel máx. de Inv.(U)	706.36	616.82	582.36
Costo Total (\$)	\$19,893.46	\$17,893.90	\$17,059.57
FiR (%/anual)	99.97	99.98	99.98
Tiempo revisiones	8 días	8 días	8.5 días
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Nivel máx. de Inv.(U)	569.36	507.62	483.78
Costo Total (\$)	\$19,128.49	\$16,472.89	\$15,708.32
FiR (%/anual)	99.95	99.97	99.97
Tiempo revisiones	9 días	9.5 días	10 días
SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Nivel máx. de Inv.(U)	430.80	432.11	400.11
Costo Total (\$)	\$14,349.44	\$15,106.86	\$14,216.58
FiR (%/anual)	99.98	99.96	99.97
Tiempo revisiones	10 días	10.5 días	11 días
SKU	Producto 19	Producto 20	
Nivel máx. de Inv.(U)	416.98	370.76	
Costo Total (\$)	\$16,091.31	\$12,942.85	
FiR (%/anual)	99.94	99.98	
Tiempo revisiones	11 días	11 días	

Apéndice 3. Tabla resultados de Modelo de revisión periódica (S, T) productos B.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Nivel máx. de Inv.(U)	168.12	110.41	115.02
Costo Total (\$)	\$10,856.73	\$5,705.99	\$6,245.55

FR (%/anual)	99.84	99.98	99.97
Tiempo revisiones	24.5 días	25 días	25 días
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Nivel máx. de Inv.(U)	160.48	109.17	311.62
Costo Total (\$)	\$10,454.58	\$5,859.48	\$24,323.20
FR (%/anual)	99.84	99.97	99.44
Tiempo revisiones	25 días	25.5 días	25.5 días
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9
Nivel máx. de Inv.(U)	103.20	106.39	103.08
Costo Total (\$)	\$5,461.93	\$5,766.75	\$5,507.48
FR (%/anual)	99.98	99.97	99.98
Tiempo revisiones	26 días	26 días	26 días
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel máx. de Inv.(U)	290.32	104.63	139.58
Costo Total (\$)	\$22,639.39	\$5,712.19	\$8,906.10
FR (%/anual)	99.46	99.97	99.88
Tiempo revisiones	26.5 días	26.5 días	26.5 días
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Nivel máx. de Inv.(U)	106.26	102.52	99.24
Costo Total (\$)	\$5,910.02	\$5,631.35	\$5,332.94
FR (%/anual)	99.97	99.97	99.98
Tiempo revisiones	27 días	27 días	27 días
SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Nivel máx. de Inv.(U)	348.69	406.52	406.52
Costo Total (\$)	\$28,103.86	\$33,384.39	\$33,384.39
FR (%/anual)	99.28	99.12	99.12
Tiempo revisiones	27 días	27 días	27 días
SKU	Producto 19	Producto 20	Producto 21
Nivel máx. de Inv.(U)	160.23	110.21	102.25
Costo Total (\$)	\$10,922.73	\$6,409.81	\$5,684.50
FR (%/anual)	99.81	99.95	99.97
Tiempo revisiones	27 días	27 días	27 días

Apéndice 4. Tabla resultados de Modelo de revisión periódica (s, S) productos C.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Nivel máx. de Inv.(U)	40.70	48.02	45.51
Costo Total (\$)	\$2,744.05	\$3,439.28	\$3,210.19
FR (%/anual)	99.98	99.94	99.95
Tiempo revisiones	53 días	53.5 días	53.5 días
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Nivel máx. de Inv.(U)	48.79	38.63	47.29
Costo Total (\$)	\$3,516.85	\$2,597.00	\$3,393.75
FR (%/anual)	99.93	99.99	99.94
Tiempo revisiones	54 días	54 días	54 días
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9

Nivel máx. de Inv.(U)	40.68	47.70	39.37
Costo Total (\$)	\$2,748.73	\$3,445.54	\$2,685.44
FR (%/anual)	99.98	99.93	99.98
Tiempo revisiones	53 días	54.5 días	54.5 días
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel máx. de Inv.(U)	38.77	38.43	39.06
Costo Total (\$)	\$2,637.72	\$2,613.55	\$2,678.78
FR (%/anual)	99.98	99.98	99.98
Tiempo revisiones	55 días	55 días	55 días
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Nivel máx. de Inv.(U)	38.18	37.23	40.67
Costo Total (\$)	\$2,605.52	\$2,532.79	\$2,860.13
FR (%/anual)	99.98	99.98	99.96
Tiempo revisiones	55.5 días	56 días	56 días
SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Nivel máx. de Inv.(U)	39.32	44.66	37.70
Costo Total (\$)	\$2,744.46	\$3,230.89	\$2,596.23
FR (%/anual)	99.97	99.94	99.98
Tiempo revisiones	56.5 días	56.5 días	56.5 días
SKU	Producto 19		
Nivel máx. de Inv.(U)	37.59		
Costo Total (\$)	\$2,592.93		
FR (%/anual)	99.98		
Tiempo revisiones	57 días		

Apéndice 5 Tabla comparativos de niveles de inventario y costos logísticos de los productos A con FR = 99%.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Niv. Inv. al 17 Mar 16	3,611	1,146	2,806
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	2,199.38	1,542.61	1,349.66
Diferencia en unidades	1,411.62	-396.61	1,456.34
Diferencia en \$	\$432,620.05	-\$121,547.83	\$446,324.87
Costo Logístico	\$40,239.57	\$32,852.19	\$28,619.72
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Niv. Inv. al 17 Mar 16	1,471	1,269	572
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	1,145.48	815.05	825.17
Diferencia en unidades	325.52	453.95	-253.17
Diferencia en \$	\$99,761.57	\$139,123.55	-\$77,588.52
Costo Logístico	\$26,337.60	\$21,211.62	\$22,857.45
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9

Niv. Inv. al 17 Mar 16	1,210	77	1,577
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	843.85	729.68	698.43
Diferencia en unidades	366.15	-652.68	878.57
Diferencia en \$	\$112,215.10	-\$200,025.91	\$269,254.78
Costo Logístico	\$23,508.57	\$20,013.49	\$18,672.25
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Niv. Inv. al 17 Mar 16	298	2370	2004
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	706.36	616.82	582.36
Diferencia en unidades	-408.36	1,753.18	1,421.64
Diferencia en \$	-\$125,150.34	\$537,296.94	\$435,688.65
Costo Logístico	\$19,893.46	\$17,893.90	\$17,059.57
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Niv. Inv. al 17 Mar 16	3619	1771	363
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	569.36	507.62	483.78
Diferencia en unidades	3,049.64	1,263.38	-120.78
Diferencia en \$	\$934,623.92	\$387,186.90	-\$37,015.09
Costo Logístico	\$19,128.49	\$16,472.89	\$15,708.32
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Niv. Inv. al 17 Mar 16	1	75	470
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	430.80	432.11	400.11
Diferencia en unidades	-429.80	-357.11	69.89
Diferencia en \$	-\$131,721.39	-\$109,442.58	\$21,417.85
Costo Logístico	\$14,349.44	\$15,106.86	\$14,216.58
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 19	Producto 20	
Niv. Inv. al 17 Mar 16	353	337	
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	416.98	370.76	
Diferencia en unidades	-63.98	-33.76	
Diferencia en \$	-\$19,607.43	-\$10,347.46	
Costo Logístico	\$16,091.31	\$12,942.85	
Nivel de Servicio	99%	99%	

Apéndice 6 Tabla comparativos de niveles de inventario y costos logísticos de los productos B con FR = 99%.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Niv. Inv. al 17 Mar 16	766	69	0
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	168.12	110.41	115.02
Diferencia en unidades	597.88	-41.41	-115.02

Diferencia en \$	\$372,885.79	-\$25,827.74	-\$71,735.91
Costo Logístico	\$10,856.73	\$5,705.99	\$6,245.55
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Niv. Inv. al 17 Mar 16	1,292	102	0
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	160.48	109.17	311.62
Diferencia en unidades	1,131.52	-7.17	-311.62
Diferencia en \$	\$705,706.57	-\$4,472.89	-\$194,354.17
Costo Logístico	\$10,454.58	\$5,859.48	\$24,323.20
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9
Niv. Inv. al 17 Mar 16	117	168	59
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	103.20	106.39	103.08
Diferencia en unidades	13.80	61.61	-44.08
Diferencia en \$	\$8,608.50	\$38,427.55	-\$27,492.64
Costo Logístico	\$5,461.93	\$5,766.75	\$5,507.48
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Niv. Inv. al 17 Mar 16	0	2	138
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	290.32	104.63	139.58
Diferencia en unidades	-290.32	-102.63	-1.58
Diferencia en \$	-\$181,064.18	-\$64,010.55	-\$983.94
Costo Logístico	\$22,639.39	\$5,712.19	\$8,906.10
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Niv. Inv. al 17 Mar 16	140	0	185
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	106.26	102.52	99.24
Diferencia en unidades	33.74	-102.52	85.76
Diferencia en \$	\$21,040.24	-\$63,937.51	\$53,484.04
Costo Logístico	\$5,910.02	\$5,631.35	\$5,332.94
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Niv. Inv. al 17 Mar 16	209	0	0
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	348.69	406.52	406.52
Diferencia en unidades	-139.69	-406.52	-406.52
Diferencia en \$	-\$87,124.84	-\$253,537.43	-\$253,537.43
Costo Logístico	\$28,103.86	\$33,384.39	\$33,384.39
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 19	Producto 20	Producto 21
Niv. Inv. al 17 Mar 16	834	23	190
Niv. Inv. sugerido por Modelo (S,T)	160.23	110.21	102.25
Diferencia en unidades	673.77	-87.21	87.75

Diferencia en \$	\$420,217.94	-\$54,388.66	\$54,726.00
Costo Logístico	\$10,922.73	\$6,409.81	\$5,684.50
Nivel de Servicio	99%	99%	99%

Apéndice 7 Tabla comparativos de niveles de inventario y costos logísticos de los productos C con FR = 99%.

SKU	Producto 1	Producto 2	Producto 3
Niv. Inv. al 17 Mar 16	8	299	30
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	40.70	48.02	45.51
Diferencia en unidades	-32.70	250.98	-15.51
Diferencia en \$	-\$19,545.02	\$149,996.23	-\$9,267.69
Costo Logístico	\$2,744.05	\$3,439.28	\$3,210.19
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 4	Producto 5	Producto 6
Niv. Inv. al 17 Mar 16	71	49	23
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	48.79	38.63	47.29
Diferencia en unidades	22.21	10.37	-24.29
Diferencia en \$	\$13,271.98	\$6,197.66	-\$14,516.14
Costo Logístico	\$3,516.85	\$2,597.00	\$3,393.75
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 7	Producto 8	Producto 9
Niv. Inv. al 17 Mar 16	4	10	9
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	40.68	47.70	39.37
Diferencia en unidades	-36.68	-37.70	-30.37
Diferencia en \$	-\$21,920.27	-\$22,532.87	-\$18,149.54
Costo Logístico	\$2,748.73	\$3,445.54	\$2,685.44
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Niv. Inv. al 17 Mar 16	49	7	6
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	38.77	38.43	39.06
Diferencia en unidades	10.23	-31.43	-33.06
Diferencia en \$	\$6,114.73	-\$18,781.77	-\$19,760.91
Costo Logístico	\$2,637.72	\$2,613.55	\$2,678.78
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 13	Producto 14	Producto 15
Niv. Inv. al 17 Mar 16	46	23	9
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	38.18	37.23	40.67
Diferencia en unidades	7.82	-14.23	-31.67
Diferencia en \$	\$4,670.76	-\$8,506.44	-\$18,926.52
Costo Logístico	\$2,605.52	\$2,532.79	\$2,860.13
Nivel de Servicio	99%	99%	99%

SKU	Producto 16	Producto 17	Producto 18
Niv. Inv. al 17 Mar 16	45	4	0
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	39.32	44.66	37.70
Diferencia en unidades	5.68	-40.66	-37.70
Diferencia en \$	\$3,392.50	-\$24,298.35	-\$22,529.96
Costo Logístico	\$2,744.46	\$3,230.89	\$2,596.23
Nivel de Servicio	99%	99%	99%
SKU	Producto 19		
Niv. Inv. al 17 Mar 16	5		
Niv. Inv. sugerido por Modelo (s,S)	37.59		
Diferencia en unidades	-32.59		
Diferencia en \$	-\$19,474.16		
Costo Logístico	\$2,592.93		
Nivel de Servicio	99%		

Nota: los sku 20, 21, 22 y 23 no cuentan con nivel máximo de inventario ya que durante el periodo analizado solo se tuvo un envío.

Apéndice 8 Tabla de comparativos de los costos logísticos a un FR= 95 y 99 %.

SKU A	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 40,239.57	\$ 32,852.19	\$ 28,619.72	\$ 26,337.60
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 37,602.05	\$ 30,732.33	\$ 27,259.36	\$ 25,009.58
Diferencia \$	\$ 2,637.51	\$ 2,119.86	\$ 1,360.36	\$ 1,328.02
SKU A	Producto 5	Producto 6	Producto 7	Producto 8
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 21,211.62	\$ 22,857.45	\$ 23,508.57	\$ 20,013.49
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 20,264.61	\$ 21,392.35	\$ 21,904.99	\$ 19,080.09
Diferencia \$	\$ 947.02	\$ 1,465.10	\$ 1,603.58	\$ 933.40
SKU A	Producto 9	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 18,672.25	\$ 19,893.46	\$ 17,893.90	\$ 17,059.57
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 18,051.20	\$ 18,887.77	\$ 17,127.64	\$ 16,400.99
Diferencia \$	\$ 621.04	\$ 1,005.69	\$ 766.26	\$ 658.59
SKU A	Producto 13	Producto 14	Producto 15	Producto 16
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$19,128.49	\$16,472.89	\$15,708.32	\$14,349.44
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$17,663.31	\$15,593.53	\$14,958.51	\$13,754.65
Diferencia \$	\$1,465.18	\$879.36	\$749.81	\$594.79
SKU A	Producto 17	Producto 18	Producto 19	Producto 20
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%

Costo Logístico	\$15,106.86	\$14,216.58	\$16,091.31	\$12,942.85
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$14,243.70	\$13,462.38	\$14,762.04	\$12,452.62
Diferencia \$	\$863.17	\$754.20	\$1,329.27	\$490.23
SKU A	Totales			
Nivel de Servicio				
Costo Logístico	\$413,176.14			
Nivel de Servicio				
Costo Logístico	\$390,603.69			
Diferencia \$	\$22,572.45			
SKU B	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 10,856.73	\$ 5,705.99	\$ 6,245.55	\$ 10,454.58
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 9,205.11	\$ 5,543.97	\$ 5,904.70	\$ 8,869.59
Diferencia \$	\$ 1,651.62	\$ 162.02	\$ 340.86	\$ 1,584.99
SKU B	Producto 5	Producto 6	Producto 7	Producto 8
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 5,859.48	\$ 24,323.20	\$ 5,461.93	\$ 5,766.75
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 5,605.66	\$ 18,660.50	\$ 5,298.03	\$ 5,511.00
Diferencia \$	\$ 253.82	\$ 5,662.70	\$ 163.90	\$ 255.75
SKU B	Producto 9	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 5,507.48	\$ 22,639.39	\$5,712.19	\$8,906.10
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 5,319.99	\$ 17,422.86	\$5,453.12	\$7,710.09
Diferencia \$	\$ 187.49	\$ 5,216.52	\$259.06	\$1,196.00
SKU B	Producto 13	Producto 14	Producto 15	Producto 16
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$5,910.02	\$5,631.35	\$5,332.94	\$28,103.86
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$5,583.91	\$5,375.09	\$5,164.10	\$21,260.42
Diferencia \$	\$326.11	\$256.26	\$168.84	\$6,843.44
SKU B	Producto 17	Producto 18	Producto 19	Producto 20
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$33,384.39	\$33,384.39	\$10,922.73	\$6,409.81
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$24,992.72	\$24,992.72	\$9,111.11	\$5,910.97
Diferencia \$	\$8,391.67	\$8,391.67	\$1,811.61	\$498.84
SKU B	Producto 9	Totales		
Nivel de Servicio	99%			
Costo Logístico	\$5,684.50	\$252,203.34		
Nivel de Servicio	95%			
Costo Logístico	\$5,398.13	\$208,293.80		
Diferencia \$	\$286.36	\$43,909.54		
SKU C	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%

Costo Logístico	\$ 2,744.05	\$ 3,439.28	\$ 3,210.19	\$ 3,516.85
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 2,651.22	\$ 3,132.40	\$ 2,970.42	\$ 3,184.63
Diferencia \$	\$ 92.83	\$ 306.88	\$ 239.77	\$ 332.22
SKU C	Producto 5	Producto 6	Producto 7	Producto 8
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$ 2,597.00	\$ 3,393.75	\$ 2,748.73	\$ 3,445.54
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$ 2,531.62	\$ 3,092.32	\$ 2,651.94	\$ 3,123.63
Diferencia \$	\$ 65.39	\$ 301.43	\$ 96.79	\$ 321.91
SKU C	Producto 9	Producto 10	Producto 11	Producto 12
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$2,685.44	\$2,637.72	\$2,613.55	\$2,678.78
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$2,586.20	\$2,549.79	\$2,530.02	\$2,573.45
Diferencia \$	\$99.24	\$87.93	\$83.53	\$105.33
SKU C	Producto 13	Producto 14	Producto 15	Producto 16
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	99%
Costo Logístico	\$2,605.52	\$2,532.79	\$2,860.13	\$2,744.46
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	95%
Costo Logístico	\$2,518.95	\$2,462.09	\$2,688.06	\$2,603.51
Diferencia \$	\$86.57	\$70.70	\$172.07	\$140.94
SKU C	Producto 17	Producto 18	Producto 19	Totales
Nivel de Servicio	99%	99%	99%	
Costo Logístico	\$3,230.89	\$2,596.23	\$2,592.93	\$54,873.83
Nivel de Servicio	95%	95%	95%	
Costo Logístico	\$2,947.45	\$2,498.71	\$2,493.61	\$51,790.01
Diferencia \$	\$283.44	\$97.52	\$99.32	\$3,083.82