

Validación de un sistema experto para mejorar la gestión de inventarios mediante estudios de caso

Validation of an expert system for inventory replenishment using case studies

Claudia Chackelson¹, Ander Errasti²

Recibido: Julio 2010

Aceptado: Septiembre 2010

Resumen.- *La previsión de la demanda es un factor clave en sistemas que gestionan sus productos contra stock para lograr un adecuado nivel de servicio equilibrando el nivel de stock. Este trabajo presenta la validación de un sistema experto que, mediante una clasificación ABC/XYZ de las referencias, elige un método de previsión de demanda para pronosticar las necesidades de producto terminado y sugiere una estrategia de aprovisionamiento para lograr alcanzar el nivel de servicio objetivo. Se han llevado adelante dos estudios de caso, el primero en un distribuidor local de bebidas y el segundo en una plataforma regional que forma parte de una empresa del sector de electrodomésticos, con el fin de validar y mejorar el sistema desarrollado.*

Palabras claves: Gestión de inventarios, previsión de demanda, clasificación ABC/XYZ, estudio de caso

Summary.- *Demand forecasting becomes critical for make to stock production systems companies in order to manage more accurately the finished goods inventories. In this paper an inventory replenishment expert system with the objectives of improving quality service and reducing holding costs is tested. The inventory replenishment expert system, based on an ABC-XYZ analysis and time series forecasting techniques, proposes the most effective replenishment strategy for each product category. Two case studies were developed in order to test and improve the system; the first one at a beverages' distribution centre and the second one at a manufacturer of home appliances.*

Keywords: Inventory management; demand forecasting, ABC/XYZ analysis, case study

1 Introducción.- La planificación operativa de un almacén o plataforma logística, cubre la responsabilidad de garantizar el nivel de servicio a los clientes según la política de servicio (establecido por la función comercial) para que la empresa desarrolle adecuadamente sus operaciones minimizando de manera conjunta los costes de capital invertido, los costes logísticos y de gestión con los medios y equipos actuales [1]. Previa a dicha planificación operativa, es necesario analizar, definir y diseñar las funciones logísticas de gestión y planificación de la demanda, planificación del servicio, planificación del stock y planificación del aprovisionamiento [2].

¹ Ing. Civ. Graduada (Universidad de Montevideo). Estudiante de doctorado en el Departamento de Organización Industrial de TECNUN.-Universidad de Navarra. cchackelson@tecnun.es

² Doctor Ingeniero Departamento de Organización Industrial de TECNUN - Universidad de Navarra - Pº Manuel Lardizábal 13, 20018 Donostia-San Sebastián

La Figura1 resume las funciones logísticas que tienen lugar dentro de almacenes y plataformas logísticas:

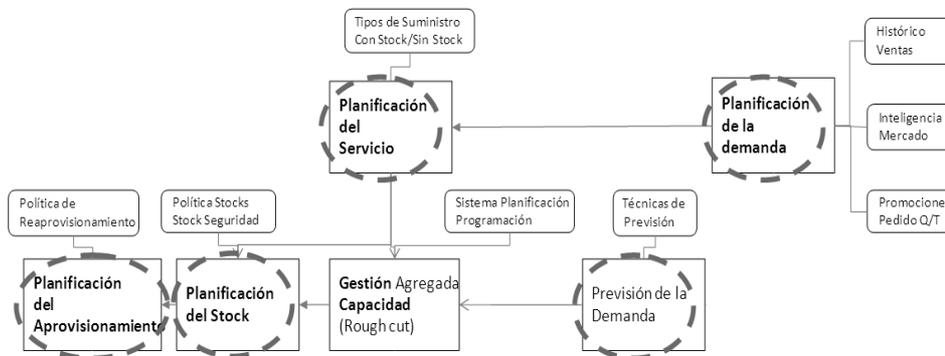


Figura 1.- Funciones Logísticas: Gestión de la Demanda, Planificación del Servicio, Planificación de Stock y Planificación del aprovisionamiento [1], modificado.

En los últimos tiempos la complejidad de las tareas realizadas en almacenes y plataformas logísticas ha aumentado debido a las estrategias de diversificación que desarrollan las empresas con el objeto de impulsar su nivel competitivo, reflejándose en un incremento en el número de referencias a gestionar, así como también en una disminución del tiempo de respuesta a partir del inventario disponible [3]. Esto conlleva la necesidad de pronosticar la demanda de manera ajustada para conseguir anticiparse a los pedidos de los clientes y poder servir con rapidez y lograr de esta forma bajos niveles de inventario de producto terminado, y un mejor nivel de servicio brindado al cliente [4-6].

Asimismo, este incremento de la complejidad está haciendo imposible el control y seguimiento manual del material inmovilizado. Para poder realizar esta tarea de manera automatizada hay disponibles en el mercado una gran variedad de sistemas comerciales especializados en la gestión de referencias, pero debido a su elevado coste o a su complejidad de uso, solamente un porcentaje muy reducido de empresas los utilizan [7].

Diversos autores [8, 9] han desarrollado y sugerido sistemas expertos para la gestión del stock. Los sistemas expertos fueron creados a mediados de los sesenta por la comunidad de Inteligencia Artificial. La idea básica detrás de estos sistemas es la transferencia de la experiencia humana a aplicaciones computacionales, con el fin de funcionar de la misma manera que lo haría un consultor. Esta tecnología proporciona soluciones a problemas específicos, siendo capaz de explicar la lógica que hay detrás de los resultados [10].

Por lo mencionado anteriormente se observa que existe en las empresas una necesidad de disponer de herramientas sencillas que ayuden a gestionar el inventario contemplando en conjunto las funciones logísticas de planificación de la demanda, planificación del servicio, planificación del stock y planificación del aprovisionamiento, y que esto puede lograrse mediante el desarrollo de un sistema experto.

El presente artículo describe el proceso de validación, mediante dos estudios de caso, de un nuevo sistema experto para la mejora de la gestión de inventarios que contempla las funciones logísticas resaltadas en la Figura 1. El mismo está conformado por cinco módulos: (1) genera una clasificación ABC/XYZ de las referencias, (2) calcula el stock de seguridad necesario para alcanzar el nivel de servicio objetivo, (3) selecciona el método de previsión de demanda que

minimiza el error absoluto medio, (4) sugiere una política de aprovisionamiento para cada subgrupo de productos y (5) monitoriza el desempeño del sistema mediante el cálculo de una serie de indicadores.

2. Objetivo.- Este trabajo pretende mejorar y comprobar la utilidad de un nuevo sistema experto para la gestión de inventarios que: realiza una clasificación de las referencias que refleja los patrones de la demanda, relaciona el stock de seguridad con el nivel de servicio objetivo, define el método de previsión más adecuado y sugiere la mejor estrategia de aprovisionamiento en función del cálculo de una serie de indicadores de desempeño.

3. Metodología.- Se ha utilizado una metodología de investigación basada en estudio de casos debido a su versatilidad para ser empleada tanto con fines exploratorios, como para construir, extender o probar una teoría [11-13].

Como primera etapa se ha llevado adelante la *Construcción de la Teoría*, donde se ha realizado una extensa revisión bibliográfica identificando herramientas y técnicas empleadas en las funciones logísticas del almacén, la cual ha servido como base para el desarrollo teórico del sistema experto.

La segunda etapa, y en la que se centrará este trabajo ha sido la *Verificación de la Teoría*. Ésta ha consistido en la realización de dos estudios de caso, donde el investigador no ha sido un simple observador, sino que ha estado involucrado en el proceso de cambio, propulsándolo con fines científicos.

Se han realizado de esta forma dos ciclos de mejora PDCA: (*Plan, Do, Check and Act*), para los cuales los estudios de caso han sido útiles para cuantificar la utilidad del sistema, estudiarlo e identificar posibles mejoras que han llevado a una redefinición de la herramienta. Para ello se han llevado adelante reuniones de análisis de valor o value analysis workshop (VAW) con la contraparte de las empresas, conociendo en profundidad sus modelos de negocio y logrando adaptar a ellos el sistema experto desarrollado.

4. Descripción de sistema experto.-El sistema experto está compuesto por 5 módulos (ver Figura 2). En los párrafos siguientes se describen cada uno de ellos.

El *primer módulo* clasifica las referencias de acuerdo al análisis ABC/XYZ y en función de la información histórica de ventas de las mismas. Se propone una clasificación sustentada básicamente en dos criterios:

1. Contribución al consumo en valor o cantidad. Se realiza un análisis de Pareto por cantidad y se divide las referencias según contribuyan al 80% (A), 15% (B) o 5% (C) de las ventas en volumen (porcentajes modificables en función del modelo de negocio).

2. Tipo y complejidad de la demanda (XYZ). Si el consumo se realiza de forma regular se considera X, si presenta cierta tendencia o estacionalidad, ya sea mensual o semanal, se clasifica como Y, mientras que si la demanda aparece de forma irregular o incluso intermitente se denomina Z. Por lo tanto, esta clasificación no solamente considera la desviación de los datos, sino que también identifica patrones de comportamiento repetitivos en el consumo de los artículos.

El *segundo módulo* calcula el nivel de stock de seguridad necesario para alcanzar el nivel de servicio que se desea dar al cliente. Esta relación obedece la siguiente ecuación:

$$SS = z * \text{var} * \sqrt{PE}$$

Donde var representa la desviación estándar de la demanda, PE es el plazo de entrega del proveedor y los valores de Z para cada nivel de servicio objetivo se obtienen de la tabla de distribución normal (probabilidad en la tabla).

El *tercer módulo* selecciona el pronóstico de series temporales (suavizado exponencial, medias móviles, media aritmética y último valor) más ajustado para cada clase ABC/XYZ en función del cálculo del error MAD, o mean absolute deviation. Se utiliza para ello un sistema de horizonte rodante, donde se simula que no se tiene el último dato real, se calcula su pronóstico y finalmente se obtiene el error de la diferencia en valor absoluto de estas dos cifras. El MAD es el promedio de los errores en un determinado periodo de tiempo. Si bien el error puede determinarse de diferentes maneras, se ha seleccionado el uso del MAD debido a su facilidad de comprensión y utilización.

El *cuarto módulo* propone una estrategia de reaprovisionamiento haciendo uso del método de previsión elegido. Se tienen en cuenta tanto las estrategias puras tradicionales (sistema de revisión continua SRC y sistema de revisión periódica SRP), como modificaciones de las mismas contemplando el consumo medio previsto, así como también la máxima demanda registrada en el periodo analizado.

Finalmente, el *quinto módulo* evalúa el desempeño del sistema mediante el cálculo de una serie de indicadores (número de roturas, rotación del stock, recuperación del servicio, nivel de cobertura, nivel de stock medio y nivel de servicio).

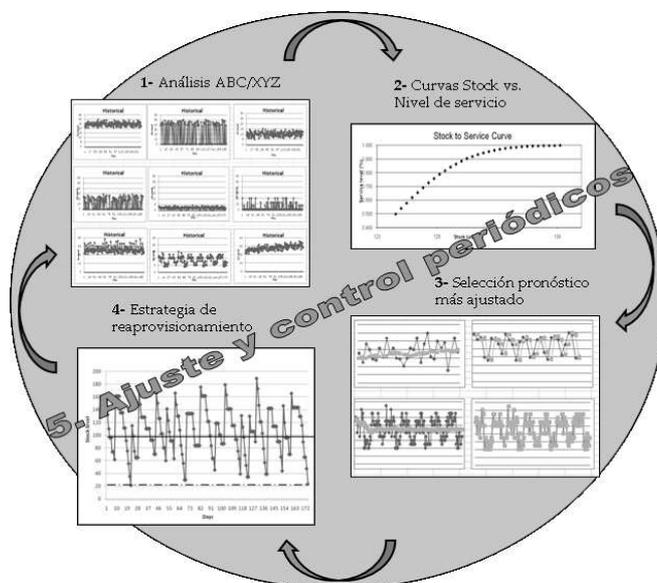


Figura 2 Esquema del Sistema Experto

5. Validación del sistema experto

5.1 Estudio de caso 1: distribuidor de bebidas.-Esta primera etapa de comprobación se llevó adelante en una empresa ubicada en el norte de España dedicada a la distribución regional de bebidas. La misma ha proporcionado a los investigadores registros históricos de la demanda correspondiente a los años 2008, 2009 de decenas de referencias, así como también información de los proveedores (lote mínimo, plazo y frecuencia de entrega).

5.1.1 Resultados.-Para las referencias de consumo regular se ha comprobado que un SRC según el consumo medio (CM) resulta adecuado para alcanzar el nivel de servicio deseado. Para las referencias de consumo más irregular, o bien con tendencia o estacionalidad, una política basada en la demanda media no era suficiente para lograr el nivel de servicio objetivo. Para estos artículos se sugiere la utilización del consumo pico (CP) para establecer los niveles de stock de seguridad y el punto de pedido.

Cabe destacar que las referencias CZ a pesar de su irregularidad, por tratarse de demandas pequeñas, respondían adecuadamente a las políticas de aprovisionamiento y a los pronósticos basados en consumos medios.

Por otra parte, se han seleccionado los métodos de previsión con menor error. Para todos los casos el suavizado exponencial ha sido el pronóstico elegido, planteándose ciertas modificaciones en función de la clasificación XYZ:

- Para referencias X se basa en la previsión del CM
- Para referencias Y se considera la tendencia y/o estacionalidad
- Para referencias Z se basa en la previsión del CP

La implantación del sistema supondría mejoras significativas en los niveles medios de stock para las referencias X, en el nivel de servicio brindado en artículos Z y en la adecuación del stock de seguridad (SS) al momento del año (temporada alta o baja) para referencias Y. La Tabla I muestra de forma agregada las mejoras alcanzadas en la simulación realizada con los datos históricos brindados por la empresa:

| Clasificación | AX BX CX | AY BY CY | AZ BZ CZ |
|-------------------|----------|----------|----------|
| SS temporada alta | -33% | +30% | +78% |
| SS temporada baja | | -52% | |

Tabla I Cambios propuestos en el nivel de stock de seguridad para conseguir el nivel de servicio objetivo

5.1.2 Oportunidades de mejora.-Luego de indentificadas los beneficios potenciales del sistema, se ha realizado un análisis en profundidad del comportamiento de la demanda de los productos clasificados como Z, ya que generan las mayores complicaciones en sistemas que gestionan sus productos contra almacén. Se ha visto en este caso particular que para alcanzar el nivel de servicio objetivo era necesario un gran aumento del nivel de stock de seguridad.

Se ha estratificado la categoría Z con el fin diferenciar los comportamientos muy dispares que allí se englobaban, distinguiéndose 4 variantes (ver Tabla II).

| Nombre | Descripción |
|--------|--|
| Z | Demanda irregular que se consume de manera continua |
| Z1 | Demanda intermitente que se consume en momentos muy específicos (puntual) |
| Z2 | Demanda intermitente que se consume en cantidades "constantes" cada periodos de tiempo regulares |
| Z3 | Demanda intermitente donde las cantidades consumidas varían pero el tiempo entre ventas es regular |

Tabla II Sub-clasificación de referencias Z

Para realizar la clasificación mencionada se define los siguientes parámetros:

- Frecuencia de consumo (F_c): Porcentaje de días en los que hubo consumo dentro de un periodo de tiempo. Mide la regularidad del consumo.
- Distancia entre consumos (D_c): Relacionado con el tiempo que pasa entre dos pedidos consecutivos, midiendo la intermitencia de la demanda. La desviación estándar de este parámetro mide la regularidad del consumo, o sea, si se realizan pedidos espaciados en el tiempo, pero con un determinado patrón o de manera totalmente irregular.
- $\frac{C_{p\text{mensual}}}{C_{m\text{mensual}}}$: Relación entre consumo pico y consumo medio con agregación mensual.
Mide estacionalidad y tendencia.
- $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}}$: Relación entre consumo pico y consumo medio con agregación semanal.
Mide regularidad y tendencia dentro del mes

A continuación se muestra como los cuatro parámetros mencionados determinan la clasificación XYZ propuesta:

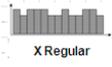
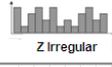
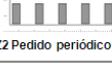
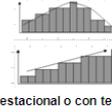
| | |
|---|--|
| $F_c \uparrow$ $D_c \downarrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} \sim 1$ |  |
| $F_c \uparrow$ $D_c \downarrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} > 1$ |  |
| $F_c \downarrow$ $D_c \uparrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} \sim 1$ |  |
| $F_c \downarrow$ $D_c \uparrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} > 1$ |  |
| $F_c \downarrow$ $D_c \uparrow$ $\text{desv}(D_c) \uparrow \uparrow$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} > 1$ |  |
| $F_c \uparrow$ $D_c \downarrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{semanal}}}{C_{m\text{semanal}}} \text{ (dentro del mes)} \gg 1$ |  |
| $F_c \uparrow$ $D_c \downarrow$ $\text{desv}(D_c) \sim 0$ $\frac{C_{p\text{mensual}}}{C_{m\text{mensual}}} \gg 1$ |  |

Tabla III. Clasificación XYZ en función de los parámetros propuestos

Adicionalmente se han sugerido dos nuevas estrategias de aprovisionamiento que presentan una alternativa a los sistemas de revisión continua y periódica. La primera es el sistema de revisión según salidas (SRS), donde se pide una cantidad igual al consumo medio cada vez que tiene lugar una venta. La segunda propuesta es un sistema de revisión según salidas modificado (SRS'), en el cual se aprovisiona una cantidad igual al consumo máximo registrado cada vez que tiene lugar una salida.

5.1.3 Redefinición del sistema experto.-Se han incorporado al sistema original las mejoras propuestas y se han validado en un segundo estudio de caso.

5.2 Estudio de caso 2: distribuidor de electrodomésticos.- El segundo estudio de caso se ha realizado en una plataforma de distribución regional de una empresa dedicada a la fabricación de

electrodomésticos de línea blanca y pequeños electrodomésticos. La misma forma parte de un grupo europeo líder, que a nivel mundial ha logrado unas ventas anuales que rondan los 8.000 millones de euros y posee una amplia cuota de mercado, ofreciendo diferentes gamas de productos, manejando una cantidad superior a las 2000 referencias. Adicionalmente es una compañía reconocida en el sector como puntera en temas de gestión de inventarios, desarrollando aplicaciones propias para perfeccionar esta tarea.

En una primera instancia la empresa ha brindado a los investigadores registros históricos de demanda del año 2009, y se ha comprometido a facilitar información de la evolución del stock durante ese periodo de tiempo para poder cuantificar mejoras en cuanto al nivel de inmovilizado si se implementase el sistema.

5.2.1 Resultados.-La Tabla IV mostrada a continuación muestra la situación actual de la empresa y las mejoras planteadas con el sistema experto:

| | Situación actual | Inconvenientes | Mejoras planteadas |
|---|---|---|--|
| Clasificación de referencias | ABC/XYZ determinado por la cantidad consumida y la volatilidad de la demanda según una agrupación diaria de la misma. | Esta clasificación se basa en la desviación estándar de los datos para determinar la volatilidad del consumo. Supuesto de normalidad que en algunas referencias no se cumple. | Clasificación ABC/XYZ que también identifica patrones de comportamiento repetitivos en el consumo de los artículos mediante el cálculo de una serie de parámetros (FCC, CD, Casen/Cosen, Comes/Comes). |
| Nivel de servicio y stock de seguridad | No se conoce relación entre el material inmovilizado y el servicio brindado al cliente. | Información necesaria para evaluar el coste del nivel de servicio. | Cálculo del nivel de stock de seguridad necesario para alcanzar el nivel de servicio objetivo. |
| Previsión de demanda | Pronósticos con media móvil de los consumos medios de una cantidad preestablecida de periodos. | El horizonte temporal no puede ser el mismo para todas las gamas de productos. | Elección entre diferentes métodos de previsión con distintos horizontes temporales. |
| | | Para referencias de consumo irregular basarse en la demanda media no es suficiente. | Pronóstico la demanda pico para asegurar un nivel de servicio adecuado. |
| Estrategia de aprovisionamiento | Es recomendado que las referencias CZ sean tratadas contra pedido | Cuando la cantidad de CZ es elevada, resulta difícil trabajar todas contra pedido. No se tiene una estrategia clara para tratarlas contra almacén generando roturas. | Política de aprovisionamiento ligada a la estratificación de referencias ABC/XYZ. Con una caracterización adecuada sería posible una gestión semi automática. |

Tabla IV Resumen de situación actual, inconvenientes y mejoras planteadas

Se han identificado los beneficios potenciales de la implantación del sistema experto en la empresa y se ha verificado que las mejoras incorporadas a la herramienta luego del primer ciclo de mejora son de utilidad.

5.2.2 Futuras investigaciones.-Se espera cuantificar las mejoras en el ajuste del nivel de stock y en el nivel de servicio brindado al cliente al emplearse el sistema experto desarrollado. Hasta el momento la valoración de la herramienta por parte de los responsables de la plataforma de distribución de electrodomésticos ha sido muy favorable y se pretende llevar a cabo un desarrollo informático que permita la incorporación de la misma en el sistema de gestión de almacenes de la empresa.

6. Resultados.- Para seleccionar la mejor política de aprovisionamiento, se han aplicado a todas las referencias las diferentes estrategias y se han analizado los indicadores de desempeño definidos en el quinto módulo. A modo de ejemplo en la Figura 3a se observa el comportamiento de una referencia BZ si se utiliza un SRC basado en consumos medios, mientras que en la Figura 3b se emplea un SRC según consumos pico.

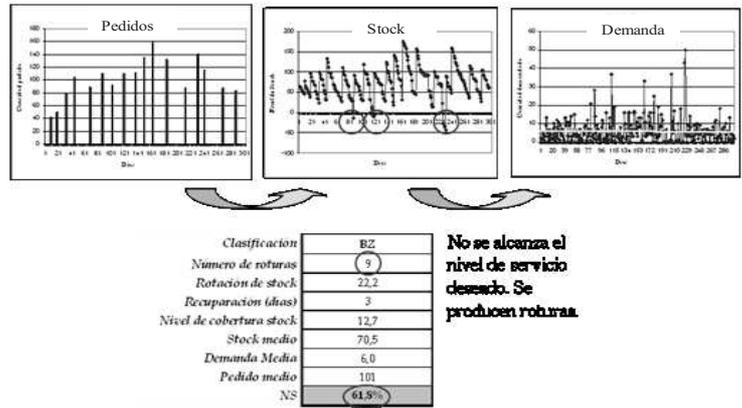


Figura 3a Comportamiento de una referencia BZ si se utiliza un SRC basado en consumos medios

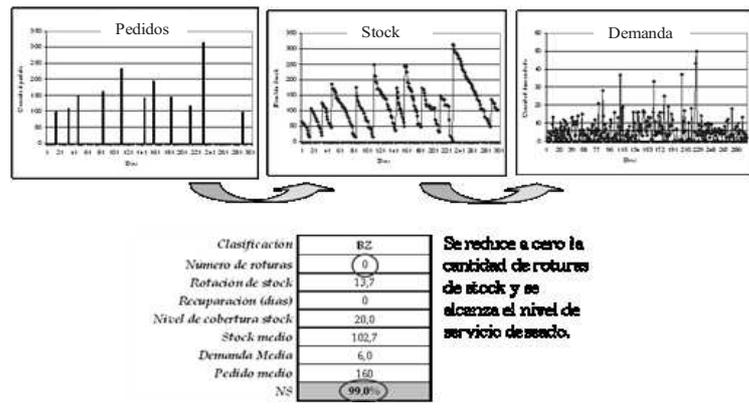


Figura 3b Comportamiento de una referencia BZ si se utiliza un SRC basado en consumos pico

Es importante señalar que en el ámbito empresarial no es común el uso de los consumos pico para la definición de las políticas de reaprovisionamiento [7]. Los autores consideran que contemplar estos consumos máximos es de gran utilidad para la gestión de artículos que se consumen de manera irregular, donde la demanda media no refleja el comportamiento real de las salidas.

En términos generales, los resultados más significativos de la simulación de las estrategias de aprovisionamiento pueden observarse en la Tabla V. Los mismos son valorados en función del cálculo de los indicadores de desempeño, priorizándose el número de roturas en todos los casos.

| | |
|--|--|
| Con una estrategia basada en consumos medios se lograron cero roturas manteniendo una cobertura de stock que no superaba las dos semanas y una elevada rotación. El nivel de stock medio resultó similar para todas las estrategias. | |
| Con una estrategia que contempla la estacionalidad se logró una reducción de las roturas con respecto a otras políticas, adecuando el stock a la época del año. La estrategia elegida presentó una rotación de stock más elevada que el resto de las políticas. | |
| Con una estrategia basada en consumos pico se redujeron a cero las roturas manteniendo una cobertura de stock de dos veces el plazo de entrega aproximadamente. | |
| Con una estrategia según salidas se lograron cero roturas. Si bien con una estrategia basada en consumos picos también brindaba un excelente nivel de servicio, el stock medio y el nivel de cobertura superaban el doble del valor que estos indicadores alcanzaban con la política seleccionada. | |
| En este caso se recomienda identificar posibles causas extraordinarias que pudieron generar una demanda puntual, ya que las mismas no presentan ningún patrón de comportamiento. Con inteligencia de mercado se podría lograr servir estos consumos sin necesidad de una cobertura de stock elevada. | |

Tabla V.- Resultados más significativos de la comparación de estrategias de aprovisionamiento

A continuación, la Tabla VI resume las políticas de aprovisionamiento sugeridas para cada clase ABC/XYZ y los métodos de previsión que generaron menor error en cada caso:

| | | X: Regular | Y: estacionalidad (S) | Y: tendencia (T) | Irregular Z | Intermitente | | |
|-------------|---------------------------------|---|---|---|--|--|---|---|
| | | SRC' | SRC' | SRC' | SRC' | Z1 | Z2 | Z3 |
| A: Alto | Estrategia de aprovisionamiento | PP basado en el pronóstico del consumo medio. SS según curvas STS | PP según pronóstico desestacionalizado del consumo medio. SS estacional | PP según pronóstico del consumo medio. SS con tendencia | PP basado en el pronóstico del consumo pico. SS según consumo pico | ? | SRS | SRS' |
| | Mejor método de previsión | Suavizado exponencial con factor de lisaje mayor a 0,3 | Suavizado exponencial con estacionalidad | Suavizado exponencial con tendencia | | Identificar Outlier | Se repone Qmed al producirse una salida. SS=0 | Se repone hasta Qmax al producirse una salida. SS=0 |
| B: Medio | Estrategia de aprovisionamiento | PP basado en el pronóstico del consumo medio. SS según curvas STS | PP según pronóstico desestacionalizado del consumo medio. SS estacional | PP según pronóstico del consumo medio. SS con tendencia | PP basado en el pronóstico del consumo pico. SS según consumo pico | ? | SRS | SRS' |
| | Mejor método de previsión | | Suavizado exponencial con estacionalidad | Suavizado exponencial con tendencia | Suavizado exponencial con factor de lisaje mayor a 0,3 | Identificar Outlier | Se repone Qmed al producirse una salida. SS=0 | Se repone hasta Qmax al producirse una salida. SS=0 |
| C: Bajo | Estrategia de aprovisionamiento | PP basado en el pronóstico del consumo medio. SS según curvas STS | PP según pronóstico desestacionalizado del consumo medio. SS estacional | PP según pronóstico del consumo medio. SS con tendencia | PP basado en el pronóstico del consumo pico. SS según consumo pico | ? | SRS | SRS' |
| | Mejor método de previsión | Suavizado exponencial o media aritmética | Suavizado exponencial con estacionalidad | Suavizado exponencial con tendencia | Suavizado exponencial con factor de lisaje 0,1 | Suavizado exponencial o media aritmética | Suavizado exponencial o media aritmética | Suavizado exponencial o media aritmética |

Tabla VI.- Estrategias de aprovisionamiento y mejores métodos de previsión de demanda según ABC/XYZ

7. Conclusiones.- Se han comprobado mediante simulaciones las ventajas potenciales de la implantación del sistema experto desarrollado mediante dos estudios de caso, realizados en plataformas de distribución regionales pertenecientes al sector bebidas y electrodomésticos respectivamente. La herramienta resulta de utilidad para el planificador, debido a que permite la gestión semiautomatizada de los artículos, exigiendo aplicar inteligencia de mercado a un porcentaje reducido de referencias (identificar outlier en caso de Z1).

Adicionalmente, la clasificación ABC/XYZ de referencias propuesta permite contemplar patrones de la demanda como estacionalidad, tendencia, irregularidad e intermitencia, caracterizando así de manera ajustada los productos, y permitiendo la selección del método de previsión y la estrategia de aprovisionamiento que mejor se adapta al comportamiento de cada clase.

8. Referencias

1. Errasti A, Logística de distribución: diseño y gestión de almacenes world class, libro asignatura de Logística, Tecnum, 2010.
2. Sabria F, La Cadena de Suministros- - Editorial Gestiona. Logis Book. 2003.
3. Errasti A, Chackelson C, Arcelus M, Estado del arte y retos para la mejora de sistemas de preparación de pedidos en almacenes: Estudio Delphi, Dirección y Organización. Núm. 40, abril 2010, p.78-85. ISSN: 1132-175X
4. Buffa, E.S. y Miller, J.G. Production Inventory Systems: Planning and Control. Third Edition. Homewood, IL, Irwin, 1979.
5. Hax A and Candea D Production and Inventory Management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NY, 1984.
6. Silver, E.A., Pyke, D.F. y Peterson, R. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. John Wiley and Sons, Inc, NY, 1998.
7. Errasti, A. Proyecto: Sistemas de previsión de la demanda y su aplicación a la gestión de almacenes, Cluster de Transporte y Logística de Euskadi, 2009.
8. Ghiaseddin. N, Matta. K and Sinha D. (1990), The design of an expert system for inventory control, Expert Systems with application. Vol. 1, pp 359-366
9. Liu, C.Y.D. and Ridgway, K., A computer-aided inventory management system – part 1: forecasting, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 6 No. 1, pp. 12-21, 1995. And Liu C.Y.D. and Keith Ridgway, A computer-aided inventory management system – part 2: inventory level control Reviews inventory policies and lot-sizing techniques in a cutting tool manufacturer, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 6 No. 2, 1995, pp. 11-17, 1995
10. Turban, E., & Aronson, J. E. Decision support systems and intelligent systems, sixth Edition (6th ed). Hong Kong: Prentice International Hall, 2001.
11. Rowley Jennifer, Using case studies in research. Manage Res News, 2002, 25(1).
12. Yin R K., Case Study Research Design and Methods, 4th edition, SAGE, US, 2009.
13. Voss C, Tsikriktsis N, Frohlich M. Case research in operations management. Int J Oper Prod Manage; 2002. 22(2) p.195–219