

## Nivel de servicio y Stock de Referencia: El caso de una Empresa Distribuidora de Repuestos

Service Level and Stock Level: The case of a Spare Parts Distributor

Alfonso-Romero C, Babiloni<sup>1</sup> E, García-Sabater J P.

**Abstract** The inventory policy used in the spare parts inventory management is usually defined by means of the achievement of a target service level with the objective of minimizing total costs. Furthermore, spare parts present the particularity of low demand occurrence. The common policy used for spare parts is the sales replenishment policy ( $S-I, S$ ). Then, the problem consists of computing the order up to level which guarantees a target service level but minimizing the total costs of the system. This paper focuses on estimate the order up to level following the model suggested by a spare parts distributor and compares it against a theoretical but exact model. For that purpose, spare parts demand is modelled following the Poisson distribution. In this paper we analyses consequences on the service levels and the inventory costs from both the company and the exact approach.

**Resumen** Un modelo de reposición de inventarios de repuestos se debe caracterizar por minimizar el coste del inventario mientras se alcanza un nivel de servicio objetivo, teniendo en cuenta las particularidades de la demanda de repuestos. El modelo de sustitución de ventas ( $S-I, S$ ) es el más utilizado en la gestión de repuestos. En él, el cálculo del stock de referencia,  $S$ , está sujeto al nivel de servicio objetivo. En este artículo se compara el stock de referencia que establece un distribuidor de repuestos de una reconocida marca de automóviles y el stock de referencia que se obtiene utilizando un modelo de cálculo exacto basado en la distribución de Poisson para un nivel de servicio objetivo. El objetivo del artículo es analizar las consecuencias en cuanto a coste y nivel de servicio de la política que utiliza la empresa cuando se compara con un modelo exacto.

---

<sup>1</sup> Eugenia Babiloni (✉)

Departamento de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València, Camí de Vera,s/n 46022 Valencia, Spain  
e-mail: mabagri@doe.upv.es

**Keywords:** Inventory control, spare parts, order up to level, service level; **Palabras Clave:** Gestión de stocks, repuestos, stock de referencia, nivel de servicio

## 1.1 Introducción y revisión de la literatura

Existen dos indicadores de gestión de inventarios que son difícilmente compatibles entre sí: el nivel de servicio y el costo total de inventario. Con estas premisas, los responsables de las operaciones de reposición y mantenimiento del inventario deben trabajar para responder a dos preguntas: ¿Cuándo pedir? y ¿Cuánto pedir?, con el fin de cumplir con los objetivos de servicio al cliente, de minimización de costes o ambos y que son definidos por cada organización. Dentro de la gestión de inventarios de repuestos, responder a las preguntas de cuándo y cuánto pedir, requiere de modelos de previsión y gestión diseñados para ítems con demanda intermitente. Una revisión de modelos de previsión y gestión de inventarios para ítems con demanda intermitente puede encontrarse en (Babiloni et al. 2010). La frecuencia a la que se revisa el inventario y el stock de referencia,  $S$ , se determinan según la política de reposición de inventarios utilizada. Básicamente, puede ser de dos tipos: de revisión periódica ( $R, S$ ), cuando el inventario se revisa cada  $R$  periodos de tiempo y se lanza una orden hasta que la posición de inventario alcance la posición  $S$ ; y la revisión continua ( $s, Q$ ), cuando el status del inventario se conoce continuamente y se lanza una orden de tamaño constante,  $Q$ , siempre que la posición de inventario alcance un valor  $s$ .

La política de gestión de inventarios más utilizada en repuestos es la denominada política de sustitución de ventas ( $S-I, S$ ) (Fogarty et al. 1991), en la que se revisa el inventario bien periódicamente bien continuamente y se lanza una orden de aprovisionamiento siempre que la posición de inventario este por debajo del stock de referencia  $S$ . Esta política implica una correcta definición del stock de referencia, al que se puede llegar mediante el uso de simulación cuando se cuenta con repuestos costosos y una demanda intermitente (Dhakar et al. 1994) ; o a partir de modelos de programación dinámica con el objetivo de minimizar la función de costo total y los costos por desabastecimiento (Schaefer 1983). Otros autores, proponen métodos exactos para calcular el nivel de servicio, y a partir de ellos calcular el valor exacto de  $S$  que lo satisface. Tal es el caso de (Feeney and Sherbrooke 1966) para procesos de demanda de Poisson compuestos, (Palmer et al. 2012) para funciones de distribución discretas o el modelo propuesto por (Muckstadt and Thomas 1980) para funciones de Poisson que sugieren calcular el nivel de servicio con la siguiente expresión sencilla:

$$NS = P(\lambda \cdot L \leq S - 1) \quad (1.2)$$

Donde  $\lambda$  representa tasa de demanda y  $L$  representa el plazo de aprovisionamiento o lead time y de donde se puede calcular el valor del stock de referencia

cuando se establece un nivel de servicio objetivo definido como la fracción de demanda servida directamente desde el inventario físico disponible en el almacén.

Sin embargo, muchas veces las organizaciones encuentran grandes limitantes y obstáculos cuando se enfrentan a un mercado altamente competitivo como el de la industria automotriz, donde el prestigio de la marca es uno de los activos más importantes. En este contexto se busca una imagen que no sólo represente calidad, eficiencia y rendimiento de sus vehículos, sino que también incorpore un robusto servicio posventa dentro del que la gestión de inventarios tiene un papel relevante. Así, en muchas ocasiones se desarrollan modelos de gestión de inventarios *ad hoc* que no siempre cumplen con el objetivo de servicio establecido por la organización, lo que implica que los resultados transmitidos tienen una alta probabilidad de contener errores que no explican la realidad.

Motivado por los problemas y situaciones antes mencionados, el siguiente trabajo analiza el modelo de reposición y control de inventarios de un distribuidor de repuestos nacional de una conocida marca de automóviles, enfocándose en el cálculo del stock de referencia a partir de un nivel de servicio establecido y comparándolo con un modelo de cálculo exacto basado en la distribución de Poisson. El esquema de este documento parte de una breve descripción de la organización y de la gestión de repuestos (Sección 1.2), a continuación caracteriza la demanda de repuestos y explica el método de cálculo del stock de referencia utilizado por la organización (Sección 1.3). A continuación en la Sección 1.4, se analiza este modelo y se compara con un modelo de cálculo exacto. Por último, en la Sección 1.5 se resumen las principales conclusiones de este análisis y se perfilan las líneas de investigación que surgen con este trabajo.

## **1.2 Información del distribuidor y su gestión de inventarios**

La empresa analizada en este trabajo se encarga de importar, distribuir y comercializa vehículos, repuestos y de dar servicio técnico en representación de una marca de automóviles reconocida a nivel mundial. Por tanto, se constituye como el pilar de una red de concesionarios en todo el territorio nacional y que actualmente tiene en el mercado una gama de más de doce modelos de vehículos. La empresa, debe cumplir con las leyes comerciales del país que obligan a los representantes de las diferentes marcas de vehículos a prestar servicio posventa y garantizar la disponibilidad de repuestos hasta diez años después de que un vehículo deja de comercializarse.

La gestión de repuestos incluyen todas las operaciones necesarias desde el aprovisionamiento (pedidos a los proveedores) hasta la venta directa en los diferentes concesionarios y sucursales a nivel nacional. La empresa cuenta con más de cuarenta mil ítems en su sistema (40.487 referencias), de los cuales aproximadamente el 40% mantiene cantidades en inventario por valor total de dos mil seiscientos millones de pesos (\$ 2.597 millones) con el que hace frente a los requeri-

mientos de sus diferentes clientes. Por el tipo de productos, el comportamiento de su demanda hace que más del 50% de referencias de repuestos se clasifiquen según la empresa como inventario tipo C (lento movimiento) y D (sin movimiento en los últimos 3 años). Esto último permite definir claramente dos tipos de repuestos: Los repuestos de recambio periódico con demanda estable y elevada, y los repuestos de recambio remoto que tienen una demanda intermitente.

Durante los últimos años, la empresa ha emprendido un proceso de reestructuración que, en el caso de la gestión de inventarios, se ha enfocado principalmente en la reducción del valor de inventario en el almacén central sin que esto afecte al nivel de servicio. La estrategia de la empresa tiene en cuenta una serie de factores que afectan directamente a la gestión de los repuestos: la aplicabilidad de un repuesto a varios modelos de vehículos y la posibilidad de usar referencias sustitutas o alternativas; la competencia en un mercado en el que otros vendedores utilizan repuestos genéricos, y no de la marca como la empresa analizada; la continua inserción de nuevos modelos de vehículos al mercado, que implica tener repuestos disponibles desde su lanzamiento; y por último, factores financieros como la tasa de cambio de divisas.

## **1.3 Gestión de inventarios y modelo de trabajo**

### ***1.3.1 Caracterización de la demanda de repuestos***

Los repuestos son productos con demanda difícil de pronosticar y en particular los que se consideran ítems de recambio remoto, que corresponden a más del 90% de las partes que conforman un vehículo. A esto se suma el hecho de que nadie adquiere un repuesto para tener guardado para una próxima ocasión. Teniendo en mente esta particularidad y con el fin de analizar la demanda de repuestos remoto, se han categorizado los repuestos que han mostrado demanda en los últimos tres años según su patrón de demanda.

Apoyado en el modelo de categorización propuesto por (Syntetos et al. 2005) que se basa en valor del intervalo medio entre demandas,  $p$ , y en el del coeficiente de variación cuadrado de las órdenes de demanda,  $CV^2$ , se clasifican cada una de las más de treinta y cinco mil referencias en uno de los 4 posibles grupos definidos por (Syntetos et al. 2005), a saber: (1) demanda errática; (2) demanda grumosa (del inglés *lumpy*); (3) demanda suave; y (4) demanda intermitente. En la Tabla 1.1 se muestran las categorías y referencias clasificadas según su patrón de demanda, que, en este caso, toman las categorías de demanda suave e intermitente.

Tras este primer análisis de la demanda de repuestos de la empresa, se confirma que existe un elevado número de referencias cuyo comportamiento intermitente dificulta la selección de modelos adecuados de previsión y la gestión.

**Tabla 1.1 Categorización de la demanda de repuestos del distribuidor**

<b>Categoría</b>	<b>Número de Referencias</b>	<b>% del total</b>
Suave	2.350	6.5%
Intermitente	33.585	93.5%
Total	35.935	100%

### **1.3.2 Método de cálculo del stock de referencia según la empresa**

El distribuidor trabaja con un modelo de reposición de inventarios ( $S-I, S$ ) con una frecuencia de revisión periódica semanal. Su modelo de aprovisionamiento, definido por el fabricante, implica la definición del stock de referencia, denominado por la empresa  $MIP$ , que se determina en función de la demanda promedio mensual ocurrida en el último semestre, y de 3 parámetros adicionales:

$$MIP = MAD \times (SS + L + OC) \quad (1.3)$$

Donde:

- $MIP$  = stock de referencia
- $MAD$  = demanda promedio mensual
- $SS$  = Stock de seguridad
- $L$  = Plazo de aprovisionamiento o lead time (meses)
- $OC$  = Ciclo de pedido (meses)

De donde se infiere que el  $MIP$  de todos los ítems depende de la multiplicación de su demanda por un factor que, aunque puede cambiar, siempre es el mismo para todo el sistema en un mismo momento. Se debe mencionar la importancia que tiene el plazo de aprovisionamiento en este modelo, ya que corresponde a más de la mitad del factor total, derivado del tiempo dedicado al transporte de contenedores entre continentes y que normalmente se realiza por vía marítima.

## **1.4 Análisis del modelo del distribuidor**

El análisis del modelo del distribuidor se ha llevado a cabo para un intervalo de tiempo de tres años. Para ello, primero se han seleccionado aquellas referencias que pueden modelarse según una distribución de Poisson, es decir, que cumplen que su varianza presenta una desviación máxima con respecto a su media del 10% (Silver et al. 1998). Este criterio lo cumplen un total de referencias cercano a las trece mil, para las que se ha seguido el siguiente procedimiento: (1) calcular el stock de referencia o  $MIP$  como lo calcula el distribuidor, con en la expresión

(1.3); (2) calcular el stock de referencia exacto,  $S$ , según el modelo de (Muckstadt and Thomas 1980) para ítems distribuidos con una Poisson (ver expresión (1.2)) que cumplen con un nivel de servicio objetivo; (3) Calcular el nivel de servicio que se obtiene con ambos métodos; y (4) analizar las implicaciones en el objetivo de servicio y coste para el área de negocio. Como se menciona anteriormente, el método para calcular el  $MIP$  utiliza la demanda promedio y un mismo factor basado en tres parámetros que definen los encargados del aprovisionamiento de la compañía. En este análisis, los factores que la empresa ha facilitado son:

$$MIP = MAD \times (1.75 + 2.25 + 0.25) = MAD \times 4.25 \quad (1.4)$$

Para el cálculo del stock de referencia según el modelo de (Muckstadt and Thomas 1980) para ítems distribuidos con una Poisson se establece un objetivo de nivel de servicio del 95% y por tanto el stock de referencia se calcula como:

$$F_L(S-1) \geq 0.95 \quad (1.5)$$

Es importante remarcar que el  $MIP$  no tiene en cuenta el nivel de servicio en su cálculo, lo que revela que este indicador sólo se computa al final del periodo de operación. Una vez calculados los valores de  $MIP$  y de  $S$  para cada referencia, se realiza una comparación del nivel de servicio para dos periodos de tiempo diferentes, los cuales se presentan en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2 Comparación del nivel de servicio para los métodos evaluados ( $MIP$  y  $S$ ) en dos intervalos de tiempo diferentes (3 años y 6 meses)**

Periodo	Número de Refs.	Refs. S > MIP	Refs. S = MIP	Refs. S < MIP	NS (S)	NS (MIP)
3 años	12.751	12.344	265	142	99.15%	80.20%
6 meses	17.981	17.835	37	37	99.81%	16.1%

De la Tabla 1.2 se extraen las siguientes conclusiones. En primer lugar el distribuidor no cumple el 95% de nivel de servicio que cree tener, independientemente del periodo de tiempo considerado (80% y 16% par 3 años y seis meses respectivamente). De hecho, los valores de  $S$  están muy por encima del valor del  $MIP$  para la gran mayoría de los casos. Es por ello que se ha llevado a cabo un análisis más detallado con el fin de establecer grupos o perfiles de referencias a partir de la diferencia entre el  $MIP$  y el  $S$  y donde se observan tres grupos. Para el primer grupo de repuestos, el  $MIP$  es mayor al stock de referencia óptimo. Este grupo representa el 1.1% del total de ítems, para los cuales el distribuidor presenta un nivel de servicio mayor al objetivo. Se observa que al trabajar con un corto periodo de tiempo, cuando se presenta demanda, el  $MIP$  reacciona mucho más rápido calculando un valor mayor al exacto, pero que igualmente sirve a la organización para

hacer frente a demandas imprevistas. Este grupo normalmente está compuesto por repuestos de vehículos recién lanzados al mercado.

El segundo grupo consta de los repuestos con un *MIP* igual al *S*, y que incluye el 2.7% del total de ítems. Estos repuestos presentan en su mayoría un patrón de demanda suave, lo que permite inferir que presenta una demanda promedio muy similar al medirla durante los 3 años o durante el último semestre.

Por último se tiene el grupo más representativo de referencias (96.8%), donde el *MIP* es inferior al *S*. De nuevo se refleja la importancia del intervalo de datos utilizados en el cálculo, que con el modelo de (Muckstadt and Thomas 1980) obliga a tener al menos una unidad de cada referencia mientras que el *MIP* lo elimina del inventario si no ha presentado demanda en los últimos seis meses.

También se ha analizado el impacto sobre el costo total del inventario de cada uno de los métodos utilizados y que se presenta en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3 Comparación costo del inventario entre *MIP* y *S* en dos intervalos de tiempo diferentes (3 años y 6 meses)**

Periodo	Costo inventario (\$)		Diferencia	
	S	MIP	$\Delta$ Absoluta	$\Delta$ Relativa
3 años	2.804.669.857	661.858.580	2.142.811.277	76.4 %
6 meses	2.478.231.760	708.473.273	1.769.758.486	71.4 %

Por tanto, la empresa debe realizar un importante esfuerzo financiero si quiere cumplir con los objetivos de servicio al cliente que tanto impulsa, y que se verían representados no sólo en el reaprovisionamiento de un alto volumen de repuestos; sino en la adquisición de un almacén mucho más grande que le permita poder mantener el inventario necesario para cumplir con el 95% de servicio al cliente.

## 1.5 Conclusiones

En este trabajo se analiza el modelo de aprovisionamiento de una empresa distribuidora de repuestos del sector automotriz. Pese a que la información suministrada por la organización indica que esta mantiene un nivel de servicio igual al 95%, la revisión de los datos y el cálculo del stock de referencia para los ítems seleccionados, indican que en realidad la empresa mantiene un nivel de servicio del 80%.

Al tratar de encontrar un patrón que permita identificar el tipo de productos que tienen un *S* incorrecto, se observa que el *MIP* se encuentra por debajo del *S* si la referencia no presenta movimiento en el último semestre (o se ha reducido su demanda); y que por el contrario si el *MIP* es mayor al *S* es porque normalmente corresponde a una referencia de alta rotación o relativa a un nuevo vehículo.

El hecho de tener una diferencia tan marcada entre el nivel de servicio que indica la organización y el exacto genera la necesidad de profundizar un poco más en la evaluación de la información del sistema y de la operación de la organiza-

ción, para así poder encontrar los motivos que generan esta situación. Por ello, se ponen en evidencia una serie de hallazgos que vale la pena mencionar y que aunque no desvirtúan el principal resultado de este estudio, sí permiten entender un poco más las razones en que se basa la organización para definir su indicador de nivel de servicio, y que se mencionan a continuación. En primer lugar la organización mide su nivel de servicio al final del periodo a evaluar, es decir sobre el total de ítems demandados, teniendo en cuenta las ventas reales, las ventas perdidas y la demanda diferida. De esta forma sólo computan en su nivel de servicio las referencias que generan ingresos, y para los que en una gran proporción siempre se tiene disponibilidad. Por el contrario el cálculo del stock de referencia a partir del modelo de (Muckstadt and Thomas 1980) involucra todos los ítems del sistema, de los cuales más del 50% corresponden a repuestos de baja o nula rotación, que no generan ninguna rentabilidad. Además, el análisis llevado a cabo en este trabajo da el mismo valor a cada ítem, sin admitir la posibilidad de usar referencias alternativas.

En futuras investigaciones se tratará de establecer un modelo en el que se alcance el 95% de servicio medio, teniendo en cuenta las categorías de demanda, permitiendo no almacenar o retrasar pedidos con el objetivo de reducir el costo del inventario.

**Agradecimientos** El presente trabajo forma parte del proyecto CORSARI MAGIC (Ref. DPI2010-18243) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España dentro del programa de Proyectos de Investigación Fundamental no orientada.

## 1.6 Referencias

- Babiloni E, Cardos M, Albarracin J M, and Palmer M E (2010) Demand Categorisation, Forecasting, and Inventory Control for Intermittent Demand Items. *S Afr J Ind Eng* 21:115-130
- Dhakar T S, Schmidt C P, and Miller D M (1994) Base Stock Level Determination for High Cost Low Demand Critical Repairable Spares. *Comput Oper Res* 21:411-420
- Feeney G J, Sherbrooke C C (1966) The (S-1,S) inventory policy under compound Poisson demand. *Manage Sci* 12:391-411
- Fogarty D W, Blackstone J H, Hoffman T R (1991) *Production and Inventory Management*. South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio
- Muckstadt J A, Thomas L J (1980) Are Multi-Echelon Inventory Methods Worth Implementing in Systems with Low-Demand-Rate Items. *Manage Sci* 26:483-494
- Palmer, M., Babiloni, E., Cardos, M., and Estellés, S. (2012) On the Exact Calculation of the Fill Rate for Repairable Parts: Application to an Airline Company 30 *Industrial Engineering: Innovative Networks* Springer-Verlag London Limited,
- Schaefer M K (1983) A Multi-Item Maintenance Center Inventory Model for Low-Demand Repairable Items. *Manage Sci* 29:1062-1068
- Silver E A, Pyke D F, Peterson R (1998) *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, New Jersey
- Syntetos A A, Boylan J E, and Croston J D (2005) On the categorization of demand patterns. *J Opl Res Soc* 56:495-503