

4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management
XIV Congreso de Ingeniería de Organización
Donostia- San Sebastián , September 8th -10th 2010

Definición, métodos de estimación y efectos de las desviaciones en el punto de pedido en políticas de gestión de inventarios³⁴

Sofía Estellés Miguel, Manuel Cardós, Eugenia Babiloni, Ester Guijarro Tarradellas¹

¹ Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022 Valencia. España. soesmi@doe.upv.es , mcardos@doe.upv.es; mabagri@doe.upv.es; esguitar@doe.upv.es

Resumen

En el presente artículo se definen métodos para calcular las desviaciones en el punto de pedido, llamadas “undershoot”, en la literatura sobre gestión de inventarios. Se realiza una exhaustiva revisión de la literatura existente en referencia a los métodos de estimación de los undershoot en las distintas políticas de gestión de inventarios y cómo, el tenerlos o no en cuenta a la hora del cálculo, influye en los costes del sistema y también en el nivel de servicio. También se analiza como el reducir los tiempos de entrega y el hacer los lotes de pedido más pequeños hace que tenga más importancia el tener en cuenta o no los undershoots.

Keywords: inventory, cycle level service, undershoot

1. Introducción

Las políticas de gestión de inventarios se dividen en dos clases principales, cuya diferencia radica en la frecuencia con la que se examina el inventario. Si el estatus del inventario se conoce en cada instante, se habla de políticas de revisión continua. Si por el contrario el inventario se revisa cada cierto intervalo de tiempo, se habla de políticas de revisión periódica. En este artículo se trata con aquellas políticas en las que la orden de reaprovisionamiento sólo se lanza cuando la posición de inventario alcanza un nivel, conocido como punto de pedido. El punto de pedido, s , se define como el nivel de disponibilidad total o neta que indica la necesidad de emitir un nuevo pedido.

Las desviaciones en el punto de pedido, conocidas en la literatura con el término undershoots, por tanto, sólo pueden producirse en aquellas políticas de gestión de inventario en las que exista punto de pedido. En revisión continua pueden aparecer en la política (s,Q) , cuyo procedimiento de control consiste en lanzar una orden de reaprovisionamiento de tamaño constante igual a Q cuando la posición de inventario alcanza el punto de pedido, s . Finalmente la política (s,S) , cuyo procedimiento de control consiste en lanzar una orden de reaprovisionamiento cuando se llegue al punto de pedido s , desde donde se encuentre el inventario hasta el nivel de referencia S , por lo que la orden de reaprovisionamiento no es de tamaño constante y varía de un pedido a otro. En revisión periódica, los undershoots sólo pueden aparecer en el modelo (R,s,S) , donde el nivel de inventario se revisa cada R periodos, si la posición de inventario se encuentra en o por debajo del punto de pedido, s , una orden de

³⁴ Este trabajo forma parte del proyecto GEMA financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, Ref. DPI 2007-65441.

reaprovisionamiento tiene lugar hasta que el inventario alcance el nivel S . Baganha et al. (1996). En cualquiera de estas políticas, cuando la posición de inventario alcanza el punto de pedido se pueden presentar dos situaciones: (1) que la posición de inventario sea exactamente igual a s ; o (2) que la posición de inventario sea inferior a s . Los undershoots aparecen cuando se da la situación (2), y se definen como la cantidad de unidades que se desvía la posición de inventario del punto de pedido en el momento en el que se alcanza éste. En la Figura 1 se muestra la evolución de la posición de inventario y del stock físico en una política (s, Q) donde se pone de manifiesto la presencia de los undershoots en el punto de pedido.

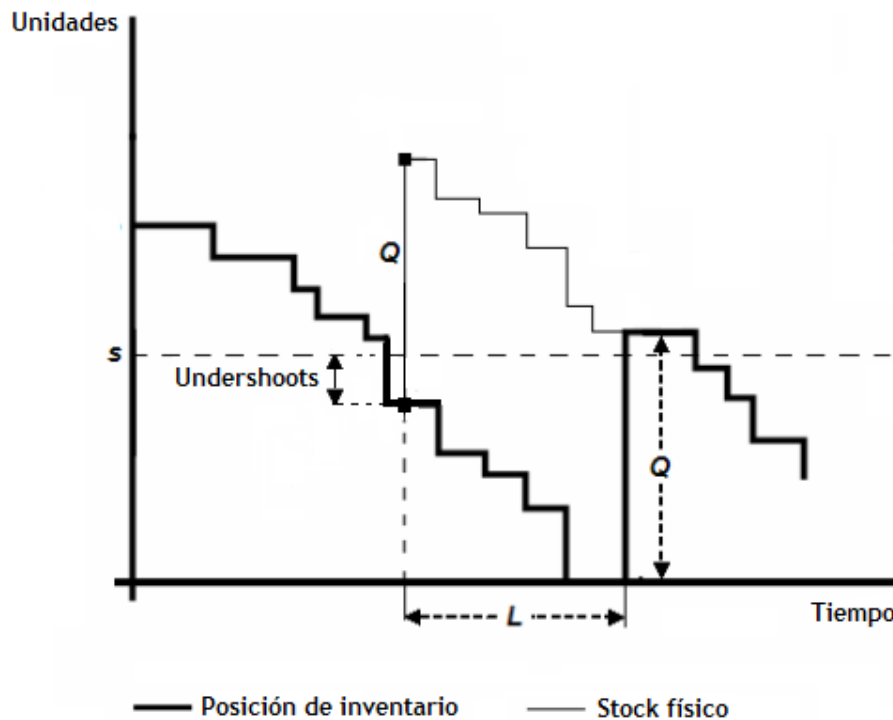


Figura 1. Evolución del stock físico y la posición de inventario en un sistema (s, Q) . Fuente: Elaboración propia

También hay que tener en cuenta que los sistemas de aprovisionamiento en las empresas han cambiado mucho en los últimos 40 años, sobre todo debido a las influencias de la filosofía JIT. Hace 40 años los sistemas de inventario se reabastecían una vez al mes o menos, mientras que hoy en día las frecuencias son semanales, diarias e incluso de horas. Lo mismo ha ocurrido con los tiempos de entrega. Esta tendencia hacia pedidos más pequeños (o de menor tamaño) y plazos de entrega más pequeños, también tiene influencia en el cálculo del punto de pedido y del stock de seguridad.

En el presente artículo se realiza una revisión exhaustiva de la literatura existente en referencia a los métodos de estimación de los undershoots en las distintas políticas de gestión de inventarios y cómo, considerarlos o despreciarlos, influyen en el sistema bien desde un punto de vista de costes, derivados de las posibles roturas de stock, costes de lanzamiento, etc. bien desde un punto de vista de nivel de servicio. Adicionalmente, se extraen los vacíos existentes en la literatura relativos a la estimación e influencia de los undershoots con el objeto de definir potenciales líneas de investigación futura.

Este artículo se organiza como sigue. En la Sección 2 se revisa la definición y métodos de estimación de los undershoots en el punto de pedido. La Sección 3 recoge distintas aportaciones sobre la influencia del patrón de demanda en el comportamiento y estimación de los undershoots. En la Sección 4 se dedica a revisar la influencia de despreciar los undershoots en el cálculo del nivel de servicio al cliente y de los costes de gestión de inventarios.

Finalmente la Sección 5 recoge las principales conclusiones del presente artículo y las posibles líneas de investigación futura.

2. Estimación de los undershoots

La aparición del undershoot tiene lugar cuando la posición de inventario no queda exactamente en el punto de pedido, lo cual se produce en la mayoría de situaciones salvo que el tamaño de la orden sea siempre unitario. En un sistema (R, s, S) además, el inventario se revisa cada R periodos de tiempo y por tanto, la probabilidad de que se lance una orden cuando la posición de inventario esta por debajo del punto de pedido es muy elevada. Es por ello que los undershoots en este caso son tenidos en cuenta por la mayoría de autores. En estos casos los undershoot son tratados primero, se pide una orden de reaprovisionamiento hasta alcanzar un stock de referencia para después ajustar el punto de pedido hasta la cantidad del undershoot. Para ello se tiene en cuenta la demanda por periodo y la variabilidad media tanto del periodo de aprovisionamiento como de los undershoots Baganha et al. (1996). Sin embargo, en políticas de revisión continua, los undershoots se consideran en muchos casos despreciables Silver et al. (1998).

En la literatura, algunos trabajos se han dedicado a derivar expresiones para estimar los undershoots, tal es el caso de los trabajos desarrollado por Karlin et al. (1958), Tijms y Groenevelt (1984), Heyman y Sobel (1982), Ross (1983), Silver y Peterson (1985), Sahin (1990), y Baganha et al. (1996) y Matheus y Gelders (2000), para lo cual utilizan la teoría de la renovación cuando la demanda se asume continua. Según Silver y Peterson (1979) la analogía discreta es directa utilizando la distribución asintótica del undershoot para demanda discreta. Teniendo en cuenta que los modelos no deben ser excesivamente complicados y conociendo los datos disponibles normalmente, se coge un modelo aproximado de Silver et al. (1998), de acuerdo con este modelo, la media del undershoot viene dada por la ecuación :

$$\mu_{undershoot} = \frac{\sigma^2 + \mu^2}{2\mu} - \frac{1}{2} \quad (1)$$

Donde μ = cantidad media por periodo y

σ = Desviación estándar por periodo

De Johansen y Hill (2000) se extrae cuando la distribución es asintótica, tiene media y varianza:

$$\mu_u = E(X_I^2) / 2\mu_I \quad (2)$$

y

$$\sigma_u^2 = (E(X_I^3) / 3\mu_I) - \mu_u^2 \quad (3)$$

Siendo :

I = Intervalo de tiempo entre revisiones sucesivas (unidades de tiempo).

L = Lead time de una orden de reaprovisionamiento (fijo).

X_I = Demanda en un intervalo de revisión, con x_I , media μ_I y varianza σ_I^2

X_u = Undershoot del punto de pedido con x_u , media μ_u y varianza σ_u^2

X_L = Demanda durante el lead time, con x_L , media μ_L y varianza σ_L^2

X = Undershoot más la demanda en el lead time (lo que se suele llamar demanda durante el periodo de riesgo), con x , media μ y varianza σ^2 y función de densidad f

Ver Baganha et al. (1996) para un algoritmo más completo.

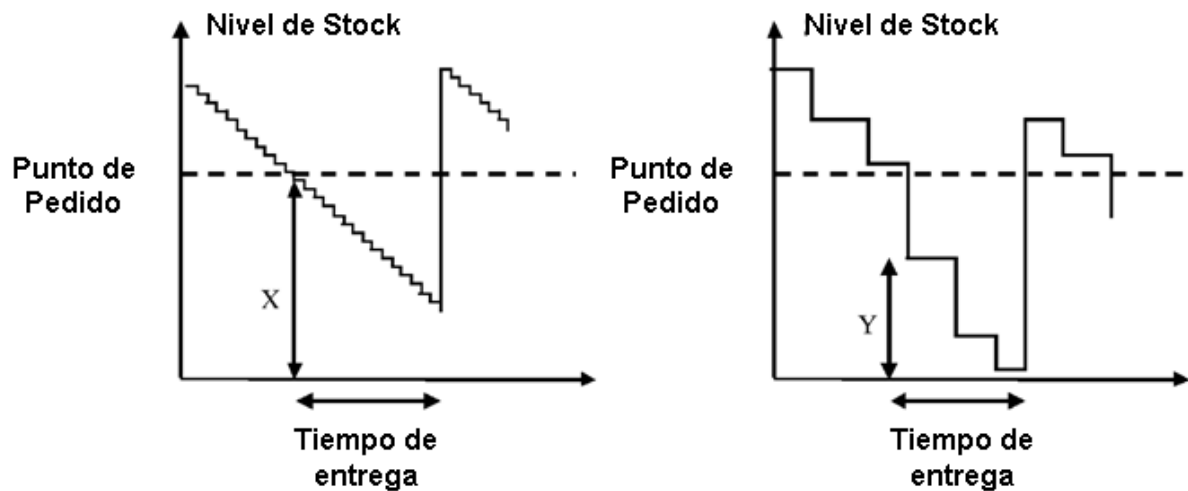


Figura 2. Evolución del stock físico y la posición de inventario en un sistema (s, Q) , considerando los pedidos unitarios (imagen de la izquierda) y considerando los pedidos distintos de la unidad (imagen de la derecha).

Fuente: Mattsson (2007)

En cualquier caso como se puede observar en la Figura 2, en la imagen de la izquierda se observa un sistema en el que se considera la demanda por periodo unitaria, con lo que se llegará siempre al punto de pedido, por lo que tendremos una cantidad X de inventario para utilizar durante el tiempo de entrega, esta es una situación ideal, ya que en la vida real los pedidos no suelen ser unitarios. En la imagen de la izquierda se puede observar la situación en la que los pedidos no son unitarios por lo que al lanzar la orden de pedido tendremos una cantidad Y ($X-U$, siendo U el undershoot), para utilizar durante el tiempo de entrega.

En revisión periódica o continua, la poca precisión al calcular o estimar los undershoots, puede resultar en costes más altos o servicio más bajo del deseado, esto se verá en los apartados 3 y 4 del presente artículo. Desafortunadamente, la distribución de los undershoots no es fácil de calcular.

3. Influencia de la demanda sobre la distribución de probabilidad de los undershoots.

La distribución de probabilidad de los undershoots se ve afectada por la distribución de la demanda, así como por los parámetros de la misma. Esta influencia es analizada en la literatura para distribuciones de probabilidad de demanda Normal, Logarítmica, de Poisson y distribuciones uniformes. Según Baganha et al. (1996) cuando la demanda sigue una distribución geométrica, los undershoots también siguen la misma distribución con la misma media y varianza. La oscilación de la distribución de los undershoots cambia con los parámetros de la distribución de la demanda. Además, según los autores los errores en el cálculo del undershoot son mayores, si los tamaños de lotes son mayores. Esto ha sido calculado para distribuciones Normales, Logarítmicas, de Poisson y distribuciones uniformes de la demanda. Sin embargo, realiza un experimento demostrando que para las distribuciones antes citadas los errores pueden ser muy grandes incluso para tamaños pequeños de lote, este artículo contradice algunas de sus afirmaciones publicadas en Baganha et al. (1996).

Karlin et al. (1958) aplican el exceso de aleatoriedad de los undershoots en el caso de políticas de inventario (s, S) pero restringe la aplicación al caso en el que la demanda se distribuye

exponencialmente, demostrando que la distribución de los undershoots es también exponencial.

Tijms y Groenevelt (1984) sugieren que, cuando el coeficiente de variación de la demanda sobre el periodo de revisión no es extremadamente pequeño, la aproximación en el cálculo del undershoot es exacta si el tamaño del pedido es 1,5 veces mayor que la demanda media. Sin embargo, Baganha et al. (1996) puntualizan que, para determinados casos, esta afirmación no es cierta, como ya se ha comentado antes. Adicionalmente, plantean un algoritmo para calcular la distribución de los undershoots para el caso de demanda discreta.

De lo analizado hasta aquí se puede concluir que la variabilidad de la demanda incide en la aparición de los undershoots. Y que en la mayoría de los casos los undershoots siguen la misma distribución que la demanda. Cardós et al. (2009).

4. Influencia de los undershoots en el sistema de gestión de inventarios

4.1. Influencia de los undershoots sobre el nivel de servicio al cliente.

En los métodos tradicionales de control de inventario como el sistema de punto de pedido, no se tienen en cuenta los undershoots, la consecuencia de esto es que la cantidad disponible de stock en mano para cubrir la demanda durante el tiempo de entrega puede ser demasiado pequeña. Lo que ocurre en estos casos es que el stock en mano se verá reducido y en algunos casos totalmente consumido antes de que llegue el reabastecimiento. El resultado es su menor CSL (cycle service level ó nivel de servicio de ciclo) del esperado, tal como demuestra Hill (1988).

En sistemas de revisión periódica, la falta de precisión al estimar los undershoots puede resultar en peor nivel de servicio del deseado. Baganha et al. (1996).

Los casos considerados por Dusmuis y Snyder demuestran que los undershoots tienen un impacto considerable en el nivel de servicio, dado que al considerarlos despreciables obtienen un bajo rendimiento del servicio Janssen et al. (1996)

Distintos autores han estudiado como influye despreciar o no los undershoots en el cálculo del nivel de servicio tales como el CSL. Janssen et al. (1996) proponen un modelo de inventario (R,s,Q) con restricciones en de servicio, donde la demanda es modelada con un proceso compuesto de Bernoulli. En ese artículo se demuestra que, tener en cuenta los undershoots mejora el rendimiento del sistema desde el punto de vista de los niveles de servicio. Cardós et al. (2006) Cardós et al. (2009) derivan un método de cálculo del CSL que tiene en cuenta los undershoots y lo comparan con los métodos tradicionales, donde son despreciados. Estos autores concluyen que, cuando no se tienen en cuenta los undershoots se sobreestima el valor exacto del CSL, y por tanto, si se utiliza esta medida para determinar los parámetros de la política, es posible que no se alcance el CSL objetivo de diseño. Strijbosch et al. (2000) llegan al mismo resultado utilizando como medida de servicio el ratio o llenado o fill rate.

Mattsson (2007) demuestra también que el despreciar los undershoots en los sistemas de punto de pedido con revisión continua o diarias hace que el CSL obtenido por el sistema sea menor del CSL diseñado para dicho sistema, para mejorar la correspondencia entre el nivel de servicio deseado y el realmente obtenido, deben ser considerados los efectos de los undershoots y de la distribución real de la demanda. En dicho artículo indica que esto es todavía más notable en los sistemas en que tanto las cantidades pedidas como el tiempo de entrega son pequeños (por ejemplo sistemas JIT).

4.2. Influencia de los undershoots sobre los costes.

Cuando la demanda es probabilística, existe la posibilidad de que se dé demanda insatisfecha. Si la demanda es inusualmente grande, la probabilidad de incurrir en roturas de stock es, obviamente, más elevada. Por otra parte si la demanda es menor de la prevista, el reaprovisionamiento llegará antes de que sea necesario, aumentándose el inventario medio en el ciclo Silver y Peterson (1985). Se puede llegar a la conclusión de que en el primer caso se aumentarán los costes de adelantar los pedidos, enviarlos con urgencia. En el segundo caso aumentará el coste de mantenimiento del inventario. El primer caso también puede ser debido a despreciar los efectos de los undershoots, ya que dichos autores no los consideran.

Las políticas que no tienen en cuenta los undershoots producen costes entre un 2-3% más alto que las que lo tienen en cuenta, no es sorprendente ya que sugieren puntos de pedidos más bajos que los requeridos. Johansen y Hill (2000).

En sistemas de revisión periódica, la falta de precisión al estimar los undershoots puede resultar en costes mayores de los deseados. Baganha et al. (1996).

Baganha et al. (1996), utilizando la aproximación de la regeneración para la media y la varianza de los undershoots del punto de pedido, dicen que los resultados indican que para distribuciones con varianza baja de la demanda la aproximación puede dar errores extremadamente grandes en la media y la varianza, lo que puede ser considerado un coste extra al evaluar la posibilidad de reducir la variabilidad de la demanda.

5. Conclusiones

Los undershoots tienen un impacto considerable en las medidas de rendimiento de la gestión de inventario, es decir, tanto en costes como en nivel de servicio. El no tenerlos en cuenta puede provocar en ocasiones tener que realizar acciones que aumentan los costes de logística en las empresas, en caso de que estas acciones no se puedan realizar provocan que el nivel de servicio se reduzca. Las líneas de investigación futuras se deberían centrar en proponer métodos de cálculo exacto de los undershoots aplicables a cualquier patrón de demanda, para punto de pedido, y que sirvan tanto para políticas de revisión continua como periódicas.

No obstante, hay que ser cuidadoso interpretando los resultados de la influencia de la demanda en la aparición de undershoot, en su tamaño y en su influencia en los costes. Mientras que es verdad que el porcentaje de error puede ser muy alto, se debe considerar que los undershoots representan sólo parte del sistema de inventarios. Los costes relevantes totales del inventario son conducidos primero por la demanda durante el periodo de riesgo (incluye la demanda en el lead time y los undershoots). En muchos casos los undershoots son una pequeña porción de la demanda total durante el periodo de riesgo. Incluso grandes errores en los undershoots pueden tener pequeños costes de penalización. Segundo, usando porcentajes de error se pueden inflar las diferencias que tomadas en valor absolutos son pequeñas. También hay que comentar que se ha observado que con la reducción de los plazos de entrega y de las cantidades a pedir, la influencia de los undershoots es cada vez mayor, ya que representan en estos casos una parte importante del punto de pedido. Por lo cual deberían realizarse también modelos más precisos para los cálculos del undershoot en esta situación.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto GEMA financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, Ref. DPI 2007-65441.

Referencias

Baganha, M. P., Pyke, D. F., and Ferrer, G. The residual life of the renewal process: a simple algorithm. 1996.

Ref Type: Unpublished Work

Baganha, M.P.; Pyke, D.F.; Ferrer, G. (1996). The undershoot of the reorder point: Tests of an approximation. *International Journal of Production Economics*, Vol. 45, No 1-3, pp. 311-320.

Cardós, M.; Babiloni, E.; Palmer, M.E.; Albarracín J.M. (2009). Effects on Undershoots and Lost Sales on the Cycle Service Level for Periodic and Continuous Review Policies. *Ieee Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 819-824.

Cardós, M.; Miralles, C.; Ros, L. (2006). An exact calculation of the cycle service level in a generalized periodic review system. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57, No 1252-1255.

European Logistics Association. *Towards the 21st Century*. 1997.

Heyman, D.P.; Sobel, M.J. (1982). *Stochastic Models in Operations Research*. McGraw-Hill.

Hill, R.M. (1988). Stock Control and the Undershoot of the Re-Order Level. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 39, No 2, pp. 173-181.

Janssen, F.; Heuts, R.; Kok, T. (1996). On the (R,s,Q) inventory model when demand is modelled as a compound Bernoulli process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, No 423-436.

Johansen, S.G.; Hill, R.M. (2000). The (r, Q) control of a periodic-review inventory system with continuous demand and lost sales 5. *International Journal of Production Economics*, Vol. 68, No 3, pp. 279-286.

Karlin, S.; Arrow, K.; Scarf H. (1958). *The application of renewal theory to the study of inventory policies*. Stanford University Press.

Matheus, P.; Gelders, L. (2000). The (R,Q) inventory policy subject to a compound Poisson demand pattern. *International Journal of Production Economics*, Vol. 70, No 307-317.

Mattsson, S. (2007). Inventory control in environments with short lead times. *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, Vol. 37, No 2, pp. 115-130.

Ross, S.M. (1983). *Stochastic Processes*. Wiley.

Sahin, I. (1990). *Regenerative Inventory Systems: Operating Characteristics and Optimization*. Springer.

Silver, E.A.; Peterson, R. (1979). *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. John Wiley and Sons.

Silver, E.A.; Peterson, R. (1985). *Decision System for Inventory Management and Production Planning*. 2th ed. Wiley.

Silver, E.A.; Pyke, D.F.; Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. 3th ed. Wiley.

Strijbosch, L.W.G.; Heuts, R.M.J.; van der Schoot, E.H.M. (2000). A combined forecast - inventory control procedure for spare parts. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 51, No 10, pp. 1184-1192.

Tijms, H.C.; Groenevelt, H. (1984). Simple Approximations for the Reorder Point in Periodic and Continuous Review (S,S) Inventory Systems with Service Level Constraints. *European Journal of Operational Research*, Vol. 17, No 2, pp. 175-190.