

PILOT



 **Toolsgroup**
Spain

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)



1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES	45
1.1. Visión general de los procesos de gestión de la cadena de suministro	45
1.2. Introducción al concepto stock.....	47
1.3. La visión del stock en las empresas.....	49
2. LA PLANIFICACIÓN INTEGRADA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	50
2.1. La planificación según las estrategias de fabricación.....	50
2.2. La lógica de planificación de la SCM.....	51
3. MODELACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA	58
3.1. El fenómeno "demanda"	59
3.2. Técnicas clásicas de modelación de la demanda	61
3.2.1. Tipos de series temporales	61
3.2.2. Pasos a seguir para el análisis de series temporales	63
3.3. Análisis de las series temporales	63
3.3.1. Método de la media móvil	63
3.3.2. Método del suavizado exponencial	64
3.3.3. Aplicación al tratamiento de series estacionarias	65
3.4. Planificación de la demanda	71
4. LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO (SERVICE PLANNING)	73
4.1. La curva Stock-to-Service (STS)	74
4.2. Método simplificado: modelo de Gauss	77
4.3. Importancia del modelo STS	81
4.4. Políticas de control del stock y planificación del servicio	81
5. DISTRIBUTION REQUIREMENTS PLANNING (DRP)	83
5.1. Esquema básico de cálculo de pedidos de reaprovisionamiento.	84
5.1.1. Cálculo de las necesidades netas.....	85
5.1.2. Cálculo de los pedidos de aprovisionamiento	88

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES

En el presente capítulo se hace una introducción general a los principales conceptos que están relacionados con la Planificación de la Cadena de Suministro (Supply Chain Planning) y que serán objeto de desarrollo en capítulos posteriores.

1.1. Visión general de los procesos de gestión de la cadena de suministro

La cadena de suministros está formada por una serie de procesos que se pueden clasificar en dos grandes grupos según la escala temporal en la que tomar decisiones (ver figura 1 adjunta):

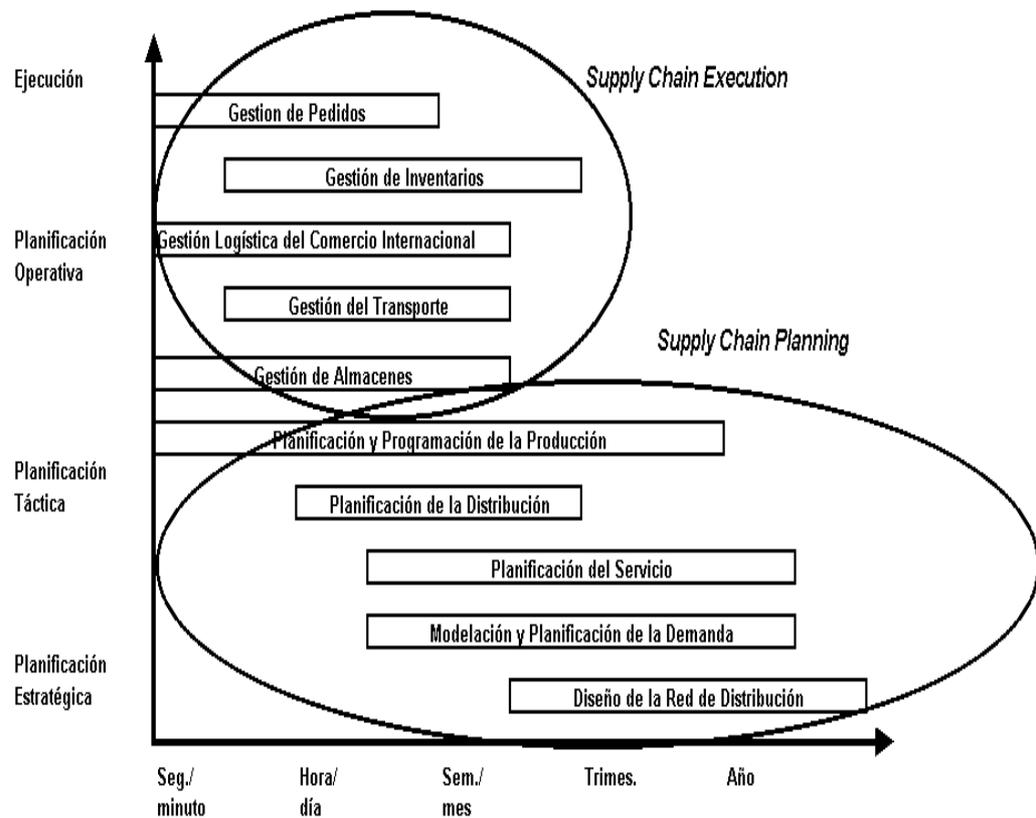


Figura 1: Funcionalidades de la cadena de suministro

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

A) Por una parte, los procesos de Planificación, que se focalizan en definir el trabajo que se debe realizar. El horizonte de adelanto de las decisiones oscila en el rango de semanas a años. Se incluyen en este grupo:

- La Planificación y Programación de la Producción, que resuelve qué, cuándo y cuánto se debe fabricar para abastecer la cadena de distribución. La diferencia entre Planificación y Programación está en el nivel de detalle y horizonte temporal de las decisiones: la Planificación mira el medio/largo plazo con un nivel agregado de detalle, mientras que la Programación mira el corto/medio plazo con un nivel detallado.

Por otra parte, el proceso de Planificación sitúa las necesidades en intervalos temporales suponiendo capacidad infinita o, a lo sumo, realizando verificaciones simplificadas de capacidad. Por contra, la Programación genera las órdenes de producción habiendo verificado la disponibilidad de materiales, de recursos de máquina y de mano de obra directa.

- La Planificación de la Distribución, cuya finalidad principal es decidir qué, cuándo y cuánto se debe entregar a cada nivel inferior en la cadena de distribución.
- La Planificación del Servicio, que es el proceso en el que se resuelve el compromiso entre Nivel de Servicio y coste asociado para proporcionarlo. Como resultado, cada referencia en cada almacén (stock keeping unit, sku) debe tener definido un Nivel de Servicio objetivo a mantener por los sistemas de ejecución.
- La Modelación y Planificación de la Demanda, proceso en el que se deben generar previsiones de venta teniendo en cuenta tanto el comportamiento histórico (modelación de la demanda) como el efecto de las acciones que voluntariamente estamos haciendo sobre el mercado (planificación de la demanda) tales como promociones, publicidad, etc.
- El Diseño de la Red de Distribución, que es proceso con período de decisión más elevado. Como consecuencia de éste, en función de los escenarios de demanda de los que se hagan hipótesis, se debe decidir dónde y cuántos elementos de la red de distribución se deben ubicar (fábricas y almacenes) de manera que los costes globales de fabricación, almacenamiento y transporte sean mínimos.



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

B) Por otra parte, los procesos de Ejecución, que se focalizan en realizar el trabajo previsto. Las decisiones se toman con un adelanto que oscila desde el tiempo real al rango de horas a semanas.

Los procesos de Ejecución son aquellos que tienen que ver con el tratamiento de los flujos de materiales (operaciones de almacenamiento, consolidación, desconsolidación, transporte, etc.) y con los flujos de información transaccional asociada al flujo de mercaderías: pedidos de clientes, órdenes de almacenaje, de picking, albaranes de entrega, de transporte, etc.

Sin ánimo de ser exhaustivos, se incluyen en este grupo los procesos siguientes.

- La Gestión de los Pedidos, con los procesos de captura, cualificación, asignación de stock, etc.
- La Gestión del Inventario, que tiene que ver con todos los procesos administrativos para, de acuerdo con los parámetros logísticos de los proveedores y la política de compras definida, asegurar que el stock se encuentra en el nivel decidido en el proceso de Planificación.
- La Gestión Logística del comercio internacional, que debe gestionar la problemática logística y administrativa asociada al movimiento de mercancías entre países.
- La Gestión del Transporte, que debe asegurar que la flota de transporte realiza los mismos según la Planificación de la Distribución. En algunos casos, con demanda muy variable que se debe entregar inmediatamente, se incluye en este proceso la generación dinámica de las rutas.
- La Gestión de Almacenes, que es el proceso que debe asegurar que la recepción, almacenamiento y expedición de la mercancía se realiza para satisfacer las necesidades planificadas.

En el presente capítulo se tratan los procesos de Planificación y no los de Ejecución. Además, quedan excluidos del alcance del mismo los procesos de Planificación y Programación de la Producción y el de Diseño de la Red de Distribución.

1.2 Introducción al concepto stock

Desde la fuerte crisis del petróleo de 1973, los stocks han aparecido como los culpables de casi todos los males de las empresas y se ha emprendido una cierta cruzada para su eliminación.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

En primer lugar, hay que distinguir entre lo que podemos llamar stock activo, que es el que sirve para algo, y stock pasivo, que es el que no sirve para nada, fruto en la mayoría de los casos de ineficiencias en muchos puntos, y que es el que hay que eliminar.

El stock activo es el que, según hemos dicho, sirve para algo. ¿Por qué se necesita stock? De hecho, hay muchas razones por las cuales es necesario mantener stock, entre las que podemos citar las siguientes:

- Para oponerse a la incertidumbre de la demanda. Si estamos en un mercado en el que la demanda es incierta, deberemos mantener stock para oponernos a esa incertidumbre y suministrar un Nivel de Servicio aceptable por el mercado. En ese sentido, muchas veces el stock es una inversión alternativa a otras de mayor coste, como, por ejemplo, más recursos de fabricación y más flexibles. Veamos algunos ejemplos:
 - Sea una empresa de fabricación que cubre dos grandes áreas geográficas de consumo. ¿Qué es más barato, tener un almacén con stock para cubrir la demanda de una de las áreas geográficas y centralizar la producción en una sola fábrica o, por el contrario, tener dos fábricas más pequeñas cubriendo las necesidades de las dos áreas geográficas? En muchos casos, la respuesta a esta pregunta es que es mucho más costoso mantener dos centros productivos.
 - Sea una empresa de distribución que importa productos de electrónica de consumo de Japón y los distribuye en su geografía nacional. ¿Se puede pensar que se trabaje contra pedido, sin mantener un stock que garantice la presencia del producto en el punto de venta según las oscilaciones de la demanda? Obviamente, no.
- Para obtener economías de escala derivadas de volúmenes de compra o de fabricación mayores. Por ejemplo, fabricar mil unidades de un producto cuesta la misma mano de obra directa y la misma energía que fabricar 200, por lo que se decide hacer lotes de mil y guardar el resto como stock.
- Para equilibrar la oferta y la demanda. Por ejemplo, en un mercado con fuerte estacionalidad (bebidas refrescantes, cerveza, etc. con ventas de más de dos veces mayores en verano que en invierno), es necesario anticipar producción los meses anteriores al verano para asegurar que,



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

con la capacidad existente, se puede suministrar el producto al mercado en los meses punta. Como resumen diremos que **el stock activo es el que tiene una determinada función que cumplir y que, como todo recurso en la Empresa, debe ser planificado y controlado de manera eficiente y eficaz.**

1.3 La visión del stock en las empresas

La visión que se tiene del stock en las empresas es función de la perspectiva funcional de la persona que lo analiza. Veamos algunas de ellas:

- Desde Ventas y Marketing se suele pretender que el stock sea tan alto como sea posible para evitar roturas y proporcionar un nivel de servicio del 100% al mercado.
- Los responsables de Gestión del Inventario suelen pretender que el stock se mantenga en los niveles más bajos posibles debido al coste de inmovilizado (y otros costes) que conlleva.
- El departamento de Compras a menudo está evaluado por el coste de compra unitario, lo cual hace que tiendan a reducir este coste incrementando el tamaño del lote de compra, lo cual va en el sentido de incrementar stocks.
- Desde las fábricas se prefieren tamaños de lote de fabricación grandes, con lo cual se reducen las “improductividades” derivadas de los cambios de formatos, limpiezas, etc. pero se aumentan los stocks.
- Los responsables del transporte a menudo están evaluados por el coste por Tm/km, de manera que tienden a cargar al máximo los camiones para reducir este índice, lo cual muchas veces conlleva mantener stocks más altos de lo que sería necesario.

De nuevo, este conflicto de intereses entre los responsables de la planificación del stock y el resto de departamentos hace que se deban reconciliar los intereses de todos en función del interés global de la empresa. Como conclusión, se puede afirmar que **la planificación del stock y del servicio debe ser un proceso que integre todos los intereses, a veces contrapuestos, de las diferentes funciones que intervienen en la generación de valor para el cliente.**

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

2. LA PLANIFICACIÓN INTEGRADA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

2.1 La planificación según las estrategias de fabricación

La manera con la cual la industria aborda la fabricación y distribución de los diferentes productos está en función de muchas variables: mercado, producto, tecnología, etc. Así, no es lo mismo la manera en que se fabrica y distribuye un bien de consumo empaquetado (yogur, agua mineral, cerveza, detergente, etc.) que la manera como se aborda la construcción naval, los combustibles de automoción, la fabricación de máquinas-herramientas, etc. Existen, pues, diferentes estrategias industriales según el sector.

Las principales estrategias industriales existentes son las siguientes:

1. Fabricación contra diseño (*Design-to-order*)

En esta modalidad, se comienza a diseñar el producto cuando existe un pedido del cliente. Es el caso de la fabricación naval: cuando existe un pedido de un cliente se comienza a diseñar cómo será el producto acabado según las especificaciones del cliente.

En este caso, no existe stock de materia prima (se compra cuando existe el pedido), ni de semielaborados ni de producto acabado. No existe, pues, el problema de planificar los stocks.

2. Fabricación contra pedido (*Make-to-order*)

No existe stock de producto acabado, que se comienza a fabricar cuando llega un pedido del cliente. En este caso, el producto está ya diseñado.

El plazo de entrega al cliente será el de fabricación si ya se tienen todas las materias primas (MP) compradas, o será el de fabricación más el del proveedor si no se dispone de éstas.

En la mayoría de los mercados se opta por realizar previsiones de venta de producto acabado para aprovisionarse de las materias primas (o al menos de las más críticas), de manera que se pueda reaccionar rápidamente frente a los pedidos de los clientes. Para los productos que responden a esta estrategia, la problemática de planificación del stock se refiere a la MP, que se debe planificar con la misma lógica de planificación del producto acabado (PA) que se verá a continuación.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

3. Ensamblaje contra pedido (*Assembly-to-order*)

Según esta estrategia, se comienza a fabricar el producto hasta llevarlo a una fase intermedia, en la que se almacena. Esta estrategia se suele usar cuando las primeras fases de producción son muy costosas, mientras que el acabado final es relativamente sencillo.

La lógica de planificación en estos casos es la siguiente: se fabrica y se almacenan semielaborados (SE) con la misma lógica de planificación que la del producto acabado (PA) que veremos a continuación, pero se acaba la confección del PA solamente cuando llega el pedido del cliente final.

4. Fabricación contra stock (*Make-to-stock*)

En este caso, el stock de PA sirve para desacoplar la dinámica del mercado de la dinámica de fabricación. Es el caso de la gran mayoría de bienes de consumo, en donde se requiere disponibilidad del producto cuando el consumidor lo va comprar al punto de venta.

La lógica de planificación en este caso es la de reposición de PA al almacén que se explica en punto siguiente.

2.2 La lógica de planificación de la SCM

El razonamiento que sigue aplica a producto acabado (PA), semielaborado (SE) en la estrategia “ensamblaje contra pedido” o a materia prima (MP) en la estrategia “fabricación contra pedido”. Por simplicidad en el razonamiento, a continuación se hará referencia sólo a PA.

El responsable del stock de PA en cada almacén de la red se plantea de forma periódica si debe o no realizar un pedido de reaprovisionamiento del mismo. Llamaremos a este tiempo fijo Plazo de Revisión (PR), que suele ser un día, una semana o un mes según el sector, la empresa, etc.

Pero una vez que se realiza un pedido al sistema de nivel superior, el PA tarda un tiempo, llamado Plazo de Entrega (lead-time, L), en servirse. Este plazo de entrega será el tiempo de transporte si estamos llevando PA de un almacén a otro, o será el de fabricación si estamos considerando el almacén de primer nivel de la red.

Así pues, en cada ciclo de revisión se deben tomar varias decisiones sucesivas:

¿Se debe efectuar un pedido o puedo esperarme al siguiente ciclo?

Si la decisión es afirmativa, aparecen dos nuevas preguntas: ¿cuándo lo debo lanzar? y ¿qué can-

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

¿cuánta cantidad hay que pedir?

Analicemos estas decisiones de manera secuencial.

1. En cada ciclo de revisión, la primera pregunta a realizarse para cada referencia es: ¿debo lanzar un pedido o puedo esperarme al siguiente ciclo?

Si no se lanza ningún pedido, la próxima oportunidad para lanzarlo será al cabo de un tiempo PR, y entonces todavía se tardará un tiempo L en recibirlo. Por lo tanto:

- Si el nivel de stock actual es suficiente para cubrir las ventas previstas durante el Período de Revisión más el Plazo de Entrega ($PR + L$), no hace falta lanzar el pedido ahora. La suma $PR + L$ se conoce como "período de exposición al riesgo". El stock que supone las ventas durante el período de exposición al riesgo se llama stock cíclico, stock operativo o stock de maniobra.
- Si el nivel de ventas previstas es tal que se consume el stock dentro del período de exposición al riesgo, se debe lanzar un pedido.

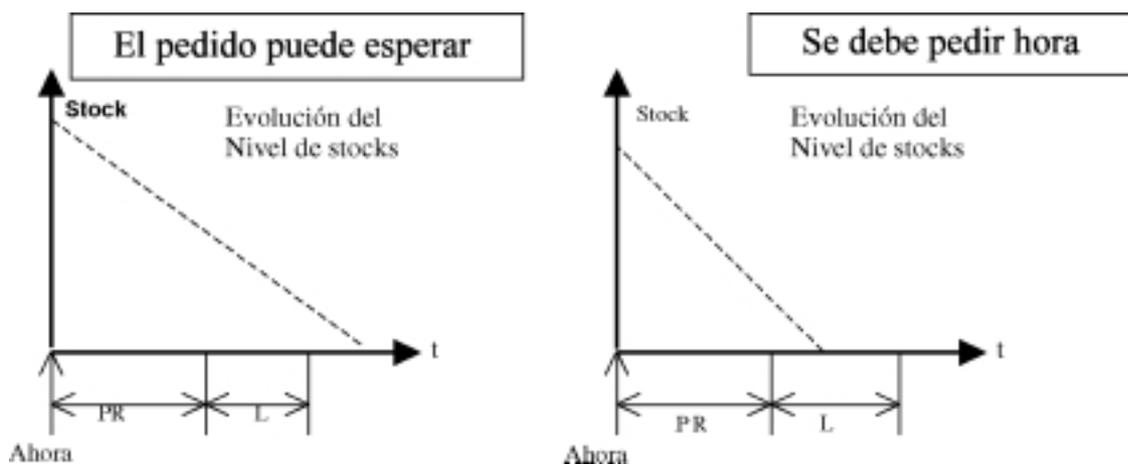


Figura 2: La decisión de efectuar pedido

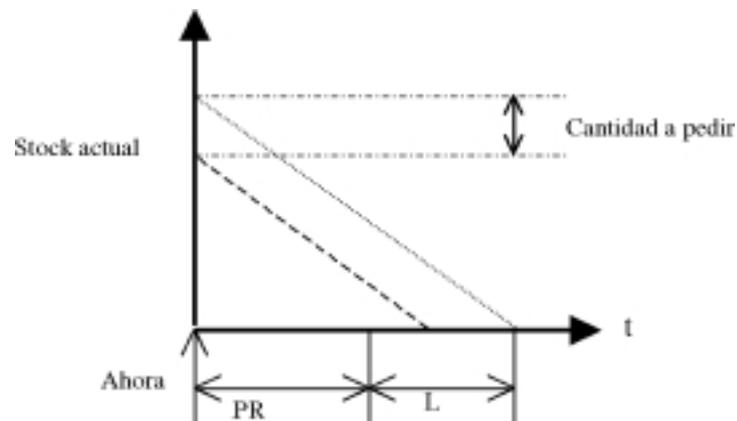
Así pues, concluimos por ahora que se debe realizar un pedido si el stock actual es inferior a las ventas durante el período de exposición al riesgo.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

2. La segunda decisión a tomar es cuántas unidades pedir. De hecho, el stock mínimo que se debe tener "ahora" es el correspondiente para cubrir las ventas durante el período de exposición al riesgo. Por lo tanto, en primera instancia la cantidad a pedir debe ser como mínimo la necesaria para situar el stock por encima de la línea de las ventas durante el período de exposición al riesgo:

$$(\text{Cantidad a pedir}) \geq (\text{Ventas durante el período de exposición al riesgo}) - (\text{Stock actual})$$

De manera gráfica:



Pero el razonamiento anterior es cierto si se cumplen las hipótesis básicas que hemos citado. Así:

- Las ventas previstas no dejan de ser una previsión que se hace "ahora", pero la realidad es que, al final del período de exposición al riesgo, la diferencia entre las ventas previstas y reales se distribuye según un cierto modelo de dispersión que se puede analizar con las teorías estadísticas.
- El Plazo de Entrega muchas veces tiene un componente aleatorio que no se puede evitar: el proveedor o la fábrica se compromete a entregar los productos al cabo de L días, pero en realidad se observa que existe un retraso medio adicional a dicho Plazo de Entrega.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Para oponerse a esta incertidumbre se necesita un “poco” más de stock, que es el llamado stock de seguridad, de manera que, para decidir si se ha de pedir o no, se debe comparar el stock actual con el valor en unidades que corresponde a las ventas durante el período de exposición al riesgo más el stock de seguridad (SS).

$$(\text{Cantidad a pedir}) \geq (\text{Ventas durante el período de exposición al riesgo}) - (\text{Stock actual}) + (\text{Stock de seguridad})$$

De manera gráfica:

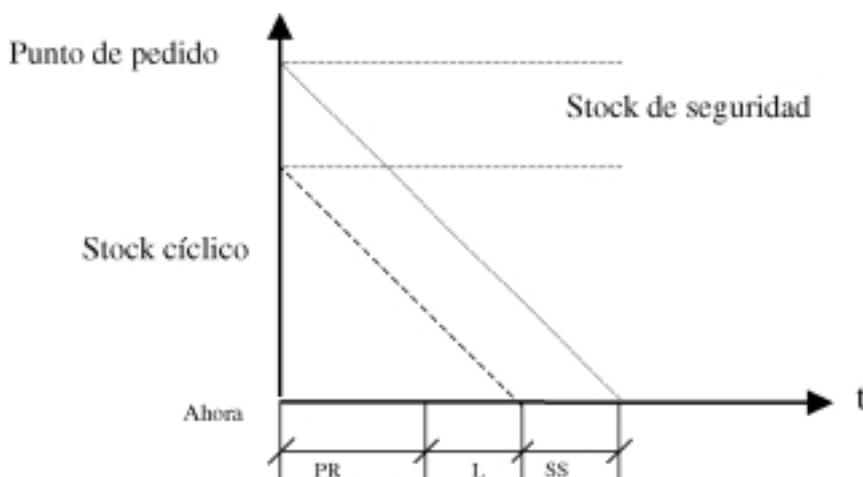


Figura 3: determinación del punto de pedido

3. La cuestión ahora es determinar correctamente ese “poco” más de stock que es el stock de seguridad.

Dado que esta cantidad es la necesaria para oponerse a la variabilidad de la demanda y del proceso de aprovisionamiento, se deben introducir aquí conceptos estadísticos para calcular esta cantidad. En concreto, es necesario definir una nueva variable, que es el Nivel de Servicio (NS). El Nivel de Servicio es el porcentaje de la demanda cubierto por el stock, y se mide de forma práctica como porcentaje de líneas de pedido servidas frente al total recibidas.

La relación entre el Nivel de Servicio y el stock medio es de la forma:

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)



Figura 4: Curva Stock-to-Service genérica (STS)

Por lo tanto, una vez definido el Nivel de Servicio objetivo, conocida la curva característica que relaciona éste con el stock de seguridad, se determina dicho valor para calcular el punto de pedido. Si bien este tema se tratará con profundidad en el capítulo correspondiente, es conveniente realizar ahora los siguientes comentarios:

- El Nivel de Servicio es un concepto estadístico, no determinista, que depende de la distribución de la demanda y del proceso de aprovisionamiento. Un valor del 100% es teóricamente imposible de conseguir, pues por muy grande que sea la cantidad de stock que tenemos siempre podemos imaginar un pedido por todo ese stock más una unidad.

Lo que se observa en la realidad es que, durante períodos de tiempo más o menos largos, tenemos stock suficiente para atender todos los pedidos que nos llegan, por lo que durante esos días el Nivel de Servicio que proporcionamos es del 100%. A veces, con incrementos de la demanda no bien planificados, puede haber períodos más o menos largos en los que no tenemos stock, por lo que en esos días el Nivel de Servicio cae al 0%. Además, en los días frontera es posible que podamos atender parcialmente los pedidos que nos llegan, por lo que, en esos días el Nivel de Servicio se sitúa en un punto intermedio entre el 0 y el 100%.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Si miramos toda la historia en períodos largos, en promedio observamos que nuestro Nivel de Servicio es del X%, siendo X el porcentaje de líneas servidas frente al total recibidas.

- La curva Stock-Nivel de Servicio es característica de cada sku, es decir, de cada referencia en cada almacén. La misma referencia en distintos almacenes está caracterizada por curvas distintas porque cada almacén “ve” una demanda que es diferente del resto de almacenes y que, por tanto, tiene variabilidad diferente.
 - Obsérvese que tan importante o más que el hecho de realizar buenas previsiones lo es el de disponer de un buen modelo matemático que relacione el stock con el servicio: si nuestro modelo de Forecasting no puede realizar previsiones que siempre sean correctas (hay muchas situaciones en donde esto es muy común), debemos dimensionar el stock de manera consecuente con ese hecho, de manera que se cumpla siempre el Nivel de Servicio objetivo.
4. Si el pedido no puede esperar al siguiente ciclo de planificación, la segunda decisión a tomar es cuándo debo pedir.

Esta respuesta es fácil: se debe pedir L días antes de que el stock proyectado sea inferior al stock de seguridad.

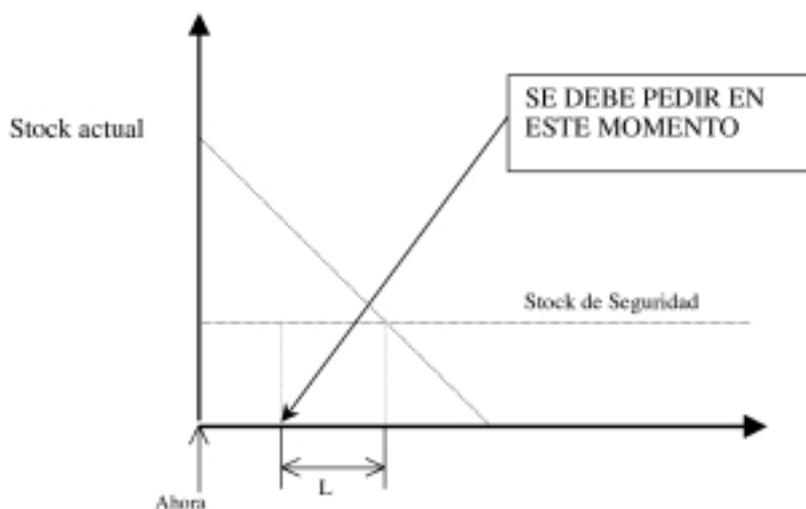


Figura 5: Determinación de la fecha de lanzamiento del pedido

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

- Ahora ya estamos en disposición de realizar todos los cálculos necesarios para determinar qué cantidad hay que pedir.

De hecho, la cantidad a pedir queda determinada por la fórmula siguiente:

$$\text{Cantidad a pedir} = (\text{Ventas durante el período de exposición al riesgo}) - (\text{Stock actual}) + \text{Stock de Seguridad}$$

Pero aplicar estrictamente la fórmula anterior (pedir hasta reponer el nivel de stock definido por las ventas durante el período de exposición al riesgo más el stock de seguridad) puede ser que no sea posible o que no sea conveniente.

- No será posible en los casos en los que exista algún vínculo definido por el “proveedor” (nótese que “proveedor” está aquí definido en el sentido amplio, pues puede ser un almacén de nivel superior, una fábrica o un proveedor externo). Así, pueden existir restricciones de tamaño de lote técnico en las fábricas, o restricciones de tamaño mínimo de un pedido que realiza el proveedor (1 pallet, 1 camión entero, etc.).
- No será conveniente si existen condicionantes de tipo económico; por ejemplo: que exista un tamaño económico de lote de compra para minimizar todos los costes asociados al pedido: costes administrativos, de transporte, de inmovilizado, etc., que un proveedor nos visite con frecuencia fija una vez al mes, etc.

Así pues, para cada sku se puede definir una cantidad a pedir que será:

$$\text{Cantidad a pedir} = (\text{Ventas durante el período de exposición al riesgo}) - (\text{Stock actual}) + \text{Stock de Seguridad} + QN$$

en donde QN es una cantidad discrecional, a gestionar para cada sku, que se puede fijar con criterios diferentes según cada situación. Esta cantidad a veces es más conveniente definirla como cantidad absoluta, pero a veces es más conveniente definirla como cobertura de stocks (días de venta).

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

La evolución del stock en este caso seguirá una línea quebrada entre un mínimo (el stock de seguridad) y un máximo (el stock de seguridad más QN) tal como muestra la figura adjunta.

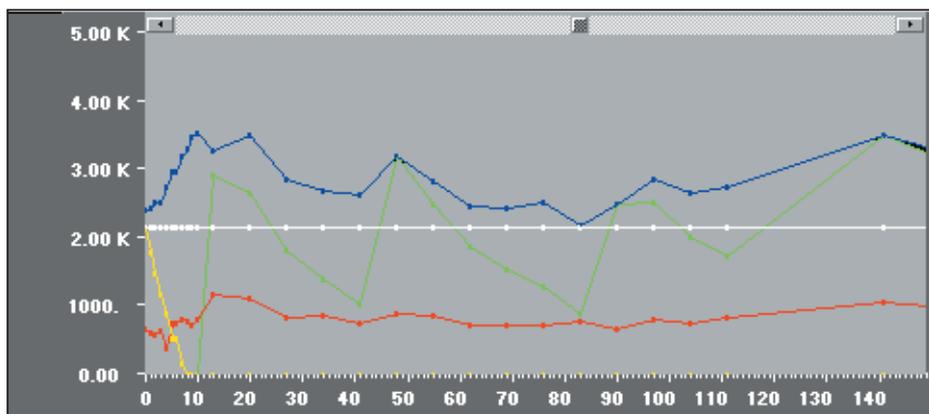


Figura 6: Ejemplo de evolución del stock entre el máximo y el mínimo

En resumen, la planificación integrada de la cadena de suministro requiere lo siguiente:

- Un sistema de previsión de la demanda que sea capaz no sólo de realizar previsiones acertadas, sino que además analice la distribución del error de previsión.
- Un modelo que relacione el stock requerido con el Nivel de Servicio a partir de la variabilidad de la demanda, del error de previsión y de los parámetros logísticos de aprovisionamiento.
- Un sistema de cálculo de las necesidades de reaprovisionamiento de todos los elementos de la red, que tenga en cuenta de manera conjunta los valores anteriores.

3. MODELACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA

En el presente capítulo se desarrollan los conceptos y se explican algunas de las técnicas de confección de previsiones de ventas más utilizadas.

En el contexto del presente cuaderno, las previsiones de ventas interesan con un nivel de detalle superior al que se necesitan en otras funciones de la empresa. Así, para la Planificación de la Cadena de Suministro es importante conocer las previsiones por referencia, pues a un responsable de



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

logística se le piden referencias concretas, y no vale que si no se tiene de una determinada se suministre otra aunque sea similar o de la misma familia. Este nivel de detalle es superior al que requiere el financiero –que necesita de forma agregada en unidades monetarias como van a ser las ventas– o el responsable de Marketing, que si bien requiere un nivel de detalle superior, generalmente para seguir el presupuesto comercial es suficiente con cumplir los objetivos de “familias” que significan niveles de agregación superiores a la referencia.

En todos los razonamientos que siguen se estará hablando siempre de los métodos cuantitativos formales de realización de pronósticos. Se excluyen, por tanto, las técnicas cualitativas que son de utilidad en contextos tales como la creación de escenarios de trabajo en procesos de planificación estratégica a largo plazo.

Así pues, se incluyen los dos conjuntos de técnicas o herramientas siguientes:

- Herramientas de modelación de la demanda, cuya finalidad es interpretar el pasado para proyectar su comportamiento en el futuro. Estas técnicas se basan en el análisis de series temporales para extrapolar hacia el futuro los patrones de comportamiento del pasado.
- Pero del análisis anterior pueden existir errores que no se deban exclusivamente al carácter aleatorio de la demanda, sino que respondan a la existencia de unos hechos conocidos por las personas que están analizando dichas series temporales, por ejemplo, la existencia de promociones, de publicidad en medios de comunicación, una modificación sustancial del precio de un artículo, etc. Con las técnicas de planificación de la demanda se pretende introducir variables explicativas que justifiquen ciertos comportamientos exógenos que no se deducen de las tendencias, estacionalidades y derivas que se usan en el análisis de las series temporales.

3.1 El fenómeno “demanda”

La primera cuestión importante para crear un sistema de previsiones es entender el fenómeno que estamos intentando modelar: la demanda.

La mayoría de sistemas que, incluso hoy en día, están operativos en todo el mundo tratan las ventas como una única serie de valores numéricos, cuyo comportamiento pasado se analiza para extrapolar el futuro.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Veamos dos ejemplos en los que considerar solamente la serie temporal de las ventas conduce a conclusiones sin sentido:

- En primer lugar, supongamos una serie temporal como la de la figura. Es una situación típica del comportamiento de una referencia que ha sido sustituida por otra. La aplicación de un filtro exponencial de segundo orden conduce a unas previsiones como las representadas:

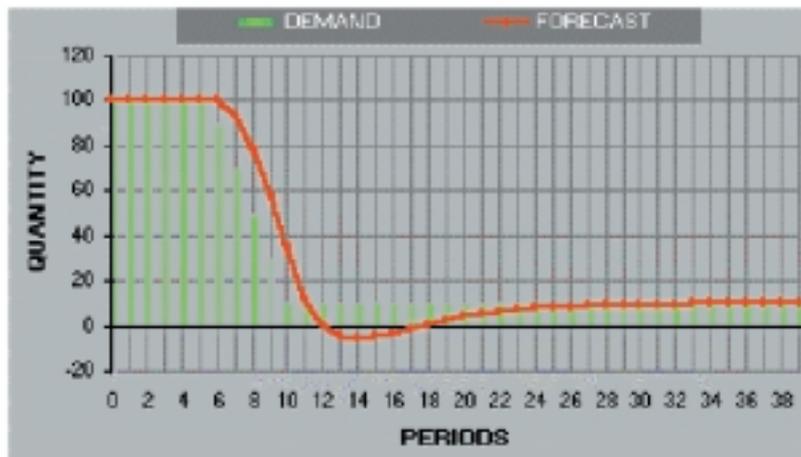


Figura 7: Ventas y previsión de una referencia al final de su ciclo de vida

Como se observa, entre los períodos 12 al 18 la previsión conduce a unas cantidades negativas, lo cual no tiene ningún sentido: o bien nos llegan pedidos de nuestros clientes solicitando cantidades negativas, o bien nos llegan pedidos negativos de nuestros clientes, cosas ambas sin sentido físico.

- Consideremos a continuación que de dos referencias distintas vendemos las mismas cantidades en períodos diferentes, por ejemplo:

96 75 144 110 135 52

En cambio, las ventas de estas dos referencias se han producido con unas líneas de pedido que, por ejemplo, han sido las siguientes:

Referencia A 92 71 138 105 132 50

Referencia B 1 1 2 1 3 1



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Evidentemente, equivocarse de 1 línea de pedido en la referencia B supone una cantidad muy superior a equivocarse en 1 línea de la referencia A. El disponer de información de las líneas de pedido nos permite entender mejor lo que son desviaciones casuales y lo que es información útil para comprender el pasado (tendencias, estacionalidades...).

Realizar previsiones de la demanda válidas para planificar la cadena de suministro pasa por entender los siguientes conceptos:

- La cantidad de demanda independiente de cada referencia está constituida por la suma de todas las líneas de pedido que llegan de nuestros clientes, cuya frecuencia y cantidad varía estocásticamente.
- La probabilidad de llegada de pedidos tiene su propia distribución estadística, con un límite absoluto inferior igual a cero.
- El tamaño de las líneas de pedido tiene su propia distribución estadística, con un límite absoluto inferior igual a la cantidad mínima de venta.
- Tanto la probabilidad de llegada de una línea de pedido como la cantidad promedio de dicha línea constituyen dos series independientes, con tendencias y estacionalidades independientes, con frecuentes correlaciones cruzadas fácilmente identificables.

3.2 Técnicas clásicas de modelación de la demanda

No es objeto del presente cuaderno el hacer un tratamiento exhaustivo de los diferentes métodos cuantitativos de tratamiento de series históricas, por lo que se remite al lector interesado a los numerosos libros que existen en el mercado. Por otra parte, es prácticamente imposible hacer un tratamiento conceptual de las técnicas de previsión sin un mínimo tratamiento matemático, por lo que pedimos excusas a los posibles lectores del presente capítulo por el hecho de incluir fórmulas matemáticas que son imprescindibles para entender los conceptos que hay detrás de ellas.

3.2.1. Tipos de series temporales

Los métodos por series temporales se utilizan para hacer análisis detallados de los patrones de de-

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

manda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro. Una de las suposiciones básicas de todos los métodos por series de tiempo es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error.

Los tipos de series temporales que nos podemos encontrar son:

- (1) *Estacionarias*: son aquellas series que presentan ligeras variaciones respecto a un valor constante.
- (2) *Tendencia lineal*: en este caso las series presentan un crecimiento constante.
- (3) *Estacionalidad*: son series que se repiten con una frecuencia determinada.
- (4) *Tendencia lineal y estacionalidad*: es una combinación de los dos tipos de series anteriores.

Gráficamente, los tipos anteriores se pueden ver en la figura siguiente:

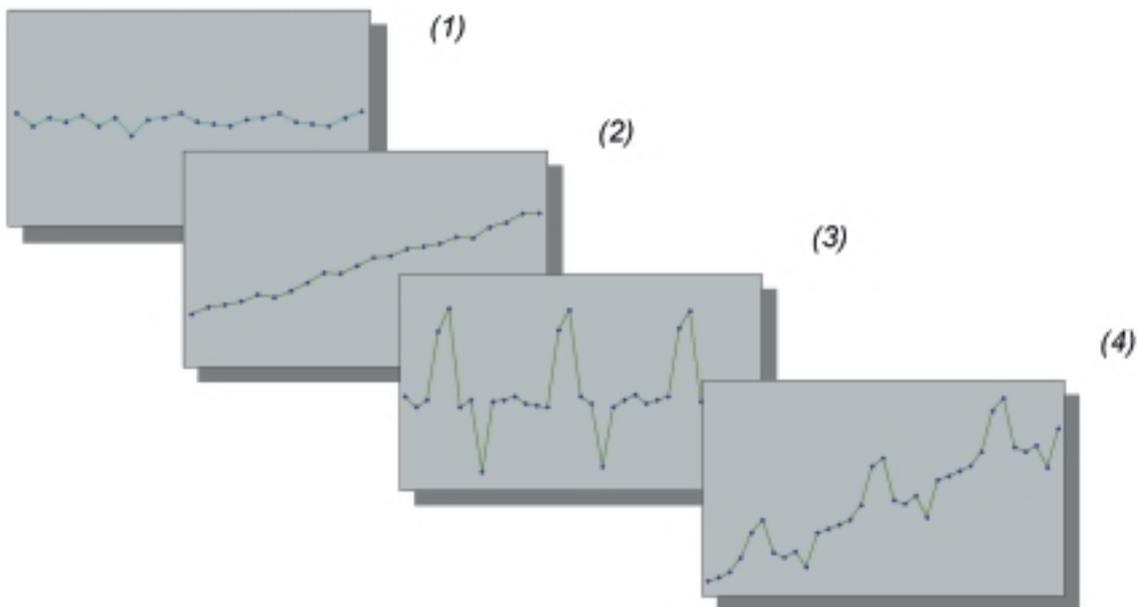


Figura 8: Tipos de series temporales de demanda

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

3.2.2. Pasos a seguir para el análisis de series temporales

Para el análisis de series temporales, deberemos seguir los siguientes pasos:

- Formular modelos.
- Identificar un modelo para los datos observados.
- Estimar los parámetros del modelo.
- Comprobar la adecuación del modelo.
- Si el modelo resulta adecuado, formular previsiones; caso contrario, volver al paso 2 y probar con otro modelo.

3.3 Análisis de las series temporales

Se presentan a continuación los dos tipos de modelos para la realización de previsiones más usuales.

3.3.1. Método de la media móvil

Es el método más sencillo para el pronóstico por series de tiempo. Se supone que la serie de tiempo no presenta patrones de estacionalidad ni de tendencias.

Cuando se utiliza este método, se selecciona un número dado de períodos T para los cálculos. Después se calcula la demanda promedio P_t para los períodos T del pasado al momento t de la manera siguiente:

$$P_t = \frac{V_{t-1} + V_{t-2} + \dots + V_{t-T}}{T}$$

Donde V_t es la serie de las ventas y P_t la previsión

Cada vez que se calcula la previsión para el siguiente periodo, la demanda más reciente se incluye en el promedio y se quita la observación más antigua. Cuanto mayor sea el valor de T , más reticente será el modelo a cambios bruscos (más estable), ya que el último valor observado sólo será un valor más en el cálculo de una media de T números, mientras que si T es pequeña (2 ó 3), el modelo reaccionará a cambios bruscos de forma rápida (menos estable).

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

En el caso de que $T = 12$ en la previsión del siguiente periodo estaremos haciendo la media por periodo considerando los doce meses más recientes. A este método se le llama TAM.

3.3.2. Método del suavizado exponencial

El suavizado exponencial se basa en la idea, muy simple, de que es posible calcular un promedio nuevo a partir de un promedio anterior y también de la demanda más recientemente observada. Supóngase que se tiene un promedio anterior de 20 y que se acaba de observar una demanda de 24. Parece razonable que el nuevo promedio sea entre 20 y 24, dependiendo de qué tanto peso se quiera dar a la demanda que acaba de observarse contra el promedio anterior. Escrito en forma de expresión tenemos:

$$P_t = \alpha \times V_{t-1} + (1 - \alpha) \times P_{t-1} = P_{t-1} + \alpha \times (V_{t-1} - P_{t-1})$$

En este caso, P_{t-1} es el promedio anterior (20), V_{t-1} es la demanda que se acaba de observar (24) y α es la proporción del peso que se da a la demanda nueva contra la que se da al promedio anterior ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Fíjense que si $\alpha = 1$, entonces $P_t = V_{t-1}$, la previsión de demanda para el período t será la demanda real del período $t-1$. Y si $\alpha = 0$, entonces $P_t = P_{t-1}$, la previsión de demanda para el período t será la previsión realizada para el período $t-1$.

En la previsión por alisado exponencial podemos considerar que la antigüedad media de los datos es de:

$$n = \frac{2}{\alpha} - 1$$

por lo que trabajar con un coeficiente alfa de 0.2 sería equivalente a efectuar una previsión con una media móvil de 9 periodos.

En lo que respecta a las limitaciones de este método, son las siguientes:

- Determinar el valor de alfa. Dicho valor se elige por el método de prueba y error; suele escogerse entre 0,1 y 0,3 (que quiere decir que sería equivalente a efectuar una previsión con una media móvil de entre 19 y 6 periodos).

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

- Cuanto mayor es alfa, más sensible es el método a los cambios (utiliza menos periodos, por tanto, más afectado por los componentes aleatorios), y viceversa, cuanto menor, menor sensible a los cambios (utiliza más periodos y se adapta más lentamente).

Por el contrario, tiene la ventaja de que no requiere conocer la historia, sino que es suficiente con la última previsión.

A continuación, se aplican los dos métodos anteriores a una serie del tipo estacional, que es la más sencilla, para dar al lector un ejemplo sobre cómo se tratan las fórmulas anteriores en un caso concreto.

3.3.3. Aplicación al tratamiento de series estacionarias

Una serie estacionaria es aquella en la que las ventas en cada período V_t se suponen que están formadas por una cantidad constante K más una cantidad aleatoria E . En este caso, se trata de determinar cuál es el valor más probable de la cantidad constante.

Media móvil de t períodos

Serie estacionaria: $V_t = K + E_t$. La serie se mueve sobre un valor constante K con un factor aleatorio E_t .

Estimaremos el valor de K por el método de la media móvil

$$P_t = \frac{V_{t-1} + V_{t-2} + \dots + V_{t-T}}{T}$$

Donde P_t es la previsión de ventas para el periodo t y V_t las ventas en el período t .

En la siguiente tabla tenemos las ventas realizadas de un producto a lo largo del año 1997 y 1998. Hemos realizado las estimaciones por la media móvil para $T = 2$ períodos y $T = 6$ períodos. También hemos calculado el error absoluto cometido en cada estimación y el error medio y desviación estándar para cada caso.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

$$(17625+16134)/2$$

AÑO	MES	VENTAS	T=2	ABS ERR (T=2)	t=6	ABS ERR (T=6)
1997	1	17625				
1997	2	16134				
1997	3	17119	16879.5	239.5		
1997	4	18986	16626.5	2359.5		
1997	5	18322	18052.5	269.5		
1997	6	18085	18654.0	569.0		
1997	7	15640	18203.5	2563.5	17711.8	2071.8
1997	8	18415	16862.5	1552.5	17381.0	1034.0
1997	9	17690	17027.5	662.5	17761.2	71.2
1997	10	16330	18052.5	1722.5	17856.3	1526.3
1997	11	18000	17010.0	990.0	17413.7	586.3
1997	12	19600	17165.0	2435.0	17360.0	2240.0
1998	1	18170	18800.0	630.0	17612.5	557.5
1998	2	21380	18885.0	2495.0	18034.2	3345.8
1998	3	16730	19775.0	3045.0	18528.3	1798.3
1998	4	17690	19055.0	1365.0	18368.3	678.3
1998	5	17210	17210.0	0.0	18595.0	1385.0
1998	6	15000	17450.0	2450.0	18463.3	3463.3
1998	7	16600	16105.0	495.0	17696.7	1096.7
1998	8	20360	15800.0	4560.0	17435.0	2925.0
1998	9	23570	18480.0	5090.0	17265.0	6305.0
1998	10	22810	21965.0	845.0	18405.0	4405.0
1998	11	16870	23190.0	6320.0	19258.3	2388.3
1998	12	21110	19840.0	1270.0	19201.7	1908.3

MEDIA	1905.8	2099.2
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1667.4	1555.0

En la figura adjunta se representa en barras verticales los datos de las ventas históricas (demanda) y en líneas los valores dados por el método de la media móvil con $t = 2$ (cuadrados) y $t = 6$ (triángulos).

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

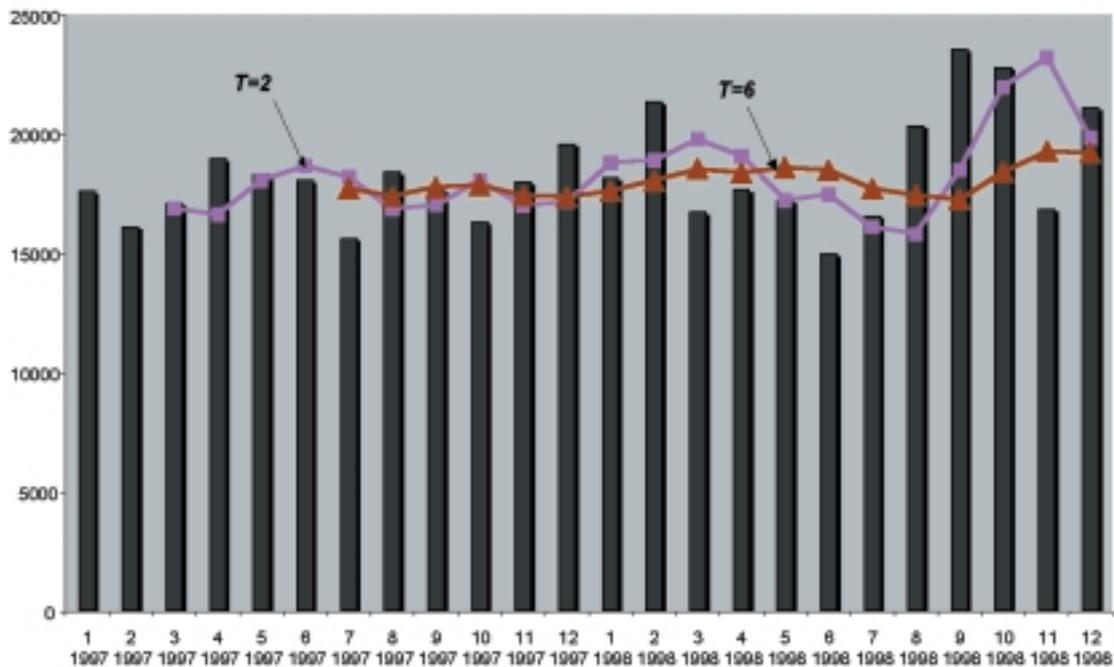


Figura 9: Gráfico de las ventas reales y las 2 medias móviles

Para determinar el orden de la media móvil que utilizaremos, es conveniente realizar el ejercicio con diferentes valores para ver cuál es el que mejor se adapta a nuestro caso.

Como guía para decidir, hay que determinar de alguna manera la bondad del modelo a partir de los errores cometidos. Suelen emplearse varios sistemas de medición del error:

- Desviación media absoluta. Es la media aritmética de los valores absolutos de los errores cometidos.
- Desviación cuadrática media. Es la media aritmética del cuadrado de los errores cometidos.
- Sesgo. Es la media aritmética de los errores. Nos sirve para saber si estamos cometiendo los errores por exceso o por defecto (este valor debería de tender a 0).
- Desviación estándar mínima. Es el caso en que la desviación estándar de los errores es mínima, queriendo decir que tiene los datos más agrupados alrededor de su media.
- Suma de errores mínima. Es la suma de los errores absolutos cometidos. También suele usarse el cuadrado de los errores.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Puede suceder que no apreciemos grandes diferencias entre los diferentes métodos, e incluso que en unos criterios nos vaya mejor un valor de media móvil y en otros nos dé mejor resultado otro valor. En este caso también podríamos fijarnos en el gráfico de las previsiones para escoger el que nos parece que se ajusta mejor a nuestra situación. Normalmente escogeremos uno que use más periodos porque se comportará más suavemente.

Como estamos en un caso de serie estacionaria (tendencia constante), recordemos que la previsión para cualquier periodo superior al último será este mismo valor.

Suavizado exponencial

Recordemos la expresión para realizar previsiones con un método de suavizado exponencial:

$$P_t = \alpha V_{t-1} + (1-\alpha)P_{t-1}$$

que desarrollando la expresión nos queda

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(V_{t-1} - P_{t-1})$$

Que es lo mismo que decir que la previsión para el periodo t será la que realizamos para el periodo t-1 más un porcentaje del error que cometimos.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Veamos el ejemplo anterior por este método:

$= (17000) + 0.2 * 625$

Valores inicializados manualmente

AÑO	MES	VENTAS	Alfa=0.2	Abs(Error)	Alfa=0.4	Abs(Error)
1997	1	17625	17000.0	625.0	17000.0	625.0
1997	2	16134	17125.0	991.0	17250.0	1116.0
1997	3	17119	16926.8	192.2	16803.6	315.4
1997	4	18986	16965.2	2020.8	16929.8	2056.2
1997	5	18322	17369.4	952.6	17752.3	569.7
1997	6	18085	17559.9	525.1	17980.2	104.8
1997	7	15640	17664.9	2024.9	18022.1	2382.1
1997	8	18415	17259.9	1155.1	17069.3	1345.7
1997	9	17690	17491.0	199.0	17607.6	82.4
1997	10	16330	17530.8	1200.8	17640.5	1310.5
1997	11	18000	17290.6	709.4	17116.3	883.7
1997	12	19600	17432.5	2167.5	17469.8	2130.2
1998	1	18170	17866.0	304.0	18321.9	151.9
1998	2	21380	17926.8	3453.2	18261.1	3118.9
1998	3	16730	18617.4	1887.4	19508.7	2778.7
1998	4	17690	18239.9	549.9	18397.2	707.2
1998	5	17210	18130.0	920.0	18114.3	904.3
1998	6	15000	17946.0	2946.0	17752.6	2752.6
1998	7	16600	17356.8	756.8	16651.6	51.6
1998	8	20360	17205.4	3154.6	16630.9	3729.1
1998	9	23570	17836.3	5733.7	18122.6	5447.4
1998	10	22810	18983.1	3826.9	20301.5	2508.5
1998	11	16870	19748.5	2878.5	21304.9	4434.9
1998	12	21110	19172.8	1937.2	19531.0	1579.0
1999	1		19560.2		20162.6	

MEDIA	1713	1712
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1381	1458
SUMA ERRORES	41112	41086

En esta tabla podemos observar las previsiones realizadas para valores de alfa = 0,2 y 0,4. Como podemos observar, la estimación con valores de alfa = 0,2 presentan una desviación estándar más baja que en el caso de alfa = 0,4. Esto quiere decir que con valores altos de alfa, el método reacciona con mayor 'nerviosismo', perdiendo estabilidad.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

De manera gráfica, la demanda y la previsión realizadas se pueden ver en la figura adjunta:

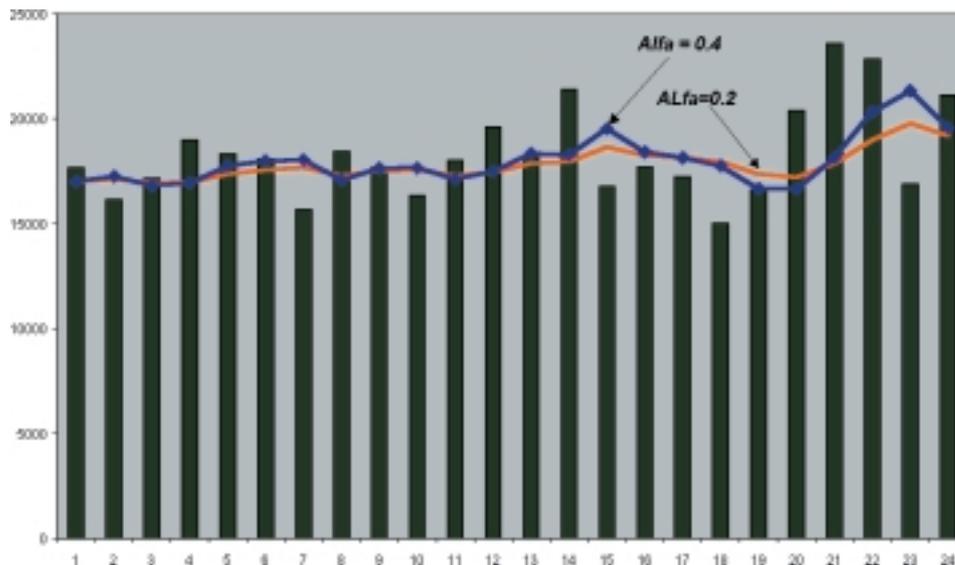


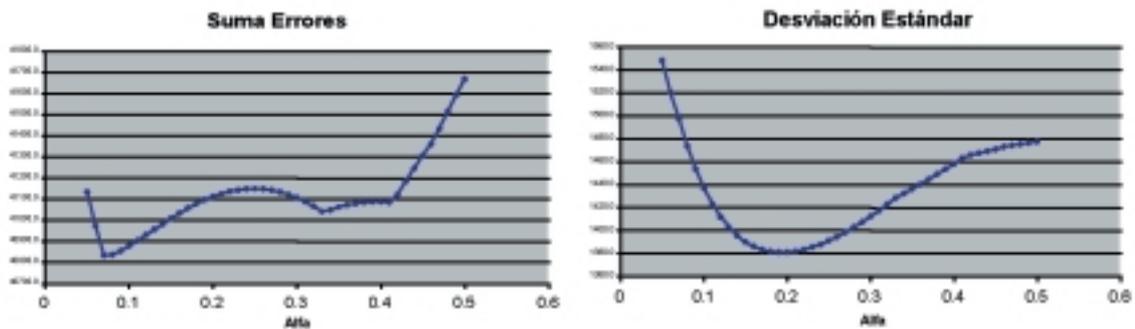
Figura 10: Ventas y previsiones hechas con suavizado exponencial

Si nos fijamos en la fórmula que hemos escrito al introducir el suavizado exponencial, vemos que los valores de alfa 0,2 y 0,4 se corresponden, respectivamente, a medias móviles de 9 y 4 periodos. De esta manera podemos ver por qué un valor alto de alfa corresponde a un comportamiento más rápido a los cambios.

Para inicializar el sistema, hemos tomado un valor subjetivo de 17.000. Podemos tomar, en general, el primer valor real como previsión del segundo periodo, teniendo en cuenta que, pongamos el valor que pongamos, éste afectará durante unas cuantas previsiones (normalmente sobre 2 ó 3 veces el valor equivalente de media móvil).

Al igual que con el método de la media móvil, cabe decir que las previsiones para los periodos superiores al último, se mantendrá el mismo valor encontrado ya que estamos en tendencia constante. Si volvemos a mirar la tabla, veremos que no hemos mencionado nada sobre la suma de los errores absolutos. En este caso las diferencias son poco significativas, pero podemos profundizar un poco más en este sentido. Hemos realizado unas gráficas en las que vemos la suma de errores y la desviación estándar en función del valor de alfa.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)



Al hacer esto, vemos claramente cómo la desviación estándar tiene un mínimo en $\alpha = 0,2$, mientras que en la suma de errores el mínimo se encuentra en $\alpha = 0,07$, valor muy bajo, que nos haría tener en cuenta hasta 19 periodos, que se suele considerar demasiado.

Podemos concluir, pues, que en el caso de la media móvil de T periodos, la previsión no presenta patrones de estacionalidad ni tendencias, y que el único parámetro con el que podemos jugar es la T , que hace la previsión más lenta o más ágil.

Para el suavizado exponencial, en este caso, nos encontramos con el mismo caso que antes, el parámetro que podemos cambiar es α .

Para el ejemplo concreto que hemos visto, se observa cómo se obtienen mejores resultados aplicando el método del suavizado exponencial, ya que resulta en una menor desviación estándar de los errores cometidos por las previsiones en comparación con los valores reales obtenidos.

3.4. Planificación de la demanda

Con los métodos cuantitativos anteriores, a partir de series históricas se construyen previsiones de demanda futura.

Al analizar el pasado, se observa que el método de cálculo tiene errores. La pregunta ahora es la siguiente: ¿son estos errores aleatorios o existe alguna ley que los puede explicar?

Se entiende por planificación de la demanda el conjunto de técnicas matemáticas que permiten conocer la relación causa-efecto entre ciertas variables que actúan sobre el mercado y su influencia sobre las ventas.

El nombre de planificación de la demanda se utiliza porque, si somos capaces de encontrar estas

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

relaciones causa-efecto, podemos “planificar” acciones que lleven la demanda a los valores deseados.

Las variables que actúan sobre la demanda se llaman variables explicativas y son fundamentalmente de dos tipos diferentes:

- Variables que actúan sobre el mercado en todo momento, tanto en el pasado como en el futuro.

Por ejemplo:

- La densidad de población en un área geográfica.
- El nivel de renta per cápita.
- La evolución de la “riqueza” medida como PIB.
- El número de tiendas que tenemos abiertas.
- Etc.

- Variables que sólo actúan en determinados intervalos temporales, en el pasado y en el futuro.

Ejemplo de las mismas son:

- Promociones de productos en los puntos de venta.
- Descuentos al canal de venta.
- Publicidad en medios.
- Etc.

La técnica para tratar estas variables es la siguiente:

- Se identifican las variables a considerar y sobre qué población van a actuar. Por ejemplo, la variable a estudiar es la publicidad en medios y actúa sobre una familia de productos solamente.
- Se mide cuánto ha valido esta variable en cada uno de los periodos en los que tenemos historia de la demanda. A esta serie de valores los llamamos $x(t)$.
- Se mide el error que se tiene en el pasado generado por el sistema de predicción que usemos. Obtenemos así una serie temporal de valores que llamamos $y(t)$.



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

- Se encuentra la correlación que existe entre $y(t)$ y $x(t)$. Si esta correlación tiene sentido estadístico, (coeficiente de correlación $r^2 > 0,5$) aceptaremos la correlación.
- Se reconstruye la historia pasada eliminando la parte del error que equivale al valor de $x(t)$ en cada intervalo, según la correlación encontrada.
- Se aplica el algoritmo de previsión a esta historia reconstruida sin el error que se explica por el conjunto de valores $x(t)$
- Cuando en el futuro decidamos qué valores van a tener $x(t)$, por ejemplo, cuánto vamos a invertir en publicidad cada periodo, se usa la correlación encontrada para calcular $y(t)$ y añadirlo al valor previsto por el algoritmo de previsión usado.

4. LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO (SERVICE PLANNING)

Por Planificación del Servicio se entiende la capacidad de decidir a priori cuál debe ser el Nivel de Servicio objetivo para cada sku (referencia/almacén). Esta decisión se debe tomar después de analizar las repercusiones en coste y en cuota de mercado que tienen las diferentes alternativas existentes.

Desgraciadamente, en la gran mayoría de los casos el Nivel de Servicio objetivo es la consecuencia de las lógicas de gestión que se usan, y no una decisión explícitamente querida por nosotros, fruto del análisis de las diferentes variables que intervienen. En la mayoría de los casos el sistema "nos conduce" en vez de ser nosotros los que "conducimos" el sistema.

El Nivel de Servicio, de hecho, es una variable del marketing mix. En efecto, los "productos" hoy en día no son solamente el bien físico que ponemos a disposición de nuestros clientes, sino más bien un conjunto "producto + servicio", en donde los diferentes parámetros del servicio forman parte del concepto "producto". Por lo tanto, una variable tan importante como uno de los atributos del producto se debe planificar como el resto de variables del marketing mix.

Por ejemplo, una empresa, al observar que su Nivel de Servicio es del 92%, puede decidir varias cosas: aumentarlo, mantenerlo o reducirlo incluso, pero lo importante es que, sea cual sea la decisión, ésta debe ser resultado de una reflexión sobre la misma.

En efecto, si este es un valor inferior al de la competencia o si quiere desarrollar una ventaja

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

competitiva importante, puede decidir elevar dicho valor, lo cual implica que deberá distraer parte de los recursos de la empresa para aumentar el inmovilizado en stocks. Nótese que esta inversión entra en competencia con inversiones para gestionar otras variables tales como aumento de la red de ventas, inversión en publicidad, descuentos al canal, etc.

Como se verá a continuación, en este caso lo importante es saber en qué productos se debe aumentar el stock para aumentar el Nivel de Servicio, porque lo que se encuentra a menudo es que globalmente la inversión en inmovilizado es elevada a pesar de que el Nivel de Servicio es bajo: simplemente se tiene el stock mal repartido.

4.1. La curva Stock-to-Service (STS)

De manera teórica, la relación entre el stock y el servicio está influenciada por las siguientes variables:

1. La variabilidad de la demanda.

En el capítulo 2, al tratar la Planificación Integrada de la Cadena de Suministro, se explicó el razonamiento que se sigue para decidir si de una determinada sku se debe o no realizar un pedido. Uno de los factores a contemplar es la incertidumbre que tiene la demanda y, por tanto, el stock de seguridad que hace falta para, en función del Nivel de Servicio que se quiere dar al mercado, oponerse a dicha variabilidad.

2. La frecuencia de la demanda.

La frecuencia de la demanda —el número de líneas de pedido por unidad de tiempo— es otro factor importante en la determinación del stock en función del objetivo de servicio. De manera cualitativa se vio su influencia en el ejemplo reseñado al hablar del fenómeno demanda en el apartado 3.1.

3. La incertidumbre del aprovisionamiento.

Pero, además de en la demanda, existe también incertidumbre en el proceso de aprovisionamiento: de un almacén de segundo nivel respecto al de primer nivel, de uno de primer nivel respecto a la fábrica o al proveedor externo, etc. Esta incertidumbre es adicional a la de la demanda,



La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

y en el peor de los casos puede suceder que coincidan retrasos en el aprovisionamiento con picos de demanda elevados.

De hecho, el retraso en el aprovisionamiento es debido a dos tipos de fenómenos diferentes:

- Por una parte, existe un retraso fijo, determinista, que es el plazo de entrega comprometido entre un almacén y su sistema de aprovisionamiento. Por ejemplo, 1 día si hablamos entre un almacén de segundo nivel y su almacén superior, 10 días si hablamos entre una fábrica y el almacén de primer nivel, etc.
- Por otra parte, existe un retraso aleatorio, adicional al determinista, que es el resultado de la observación de lo que ocurre en la realidad y cuyo valor se distribuye según una ley de distribución normal. Por ejemplo, a pesar de que con nuestra fábrica se haya establecido un plazo de entrega de 10 días, se observa que existe un retraso adicional de carácter aleatorio, que se distribuye normalmente con un valor medio de 3 días: en este caso, el retraso medio será de 3 días.

4. Tamaño de lote de aprovisionamiento.

En la mayoría de los procesos de aprovisionamiento de los diferentes eslabones de la cadena logística la cantidad a suministrar está condicionada por cuestiones técnicas o económicas: existe un tamaño de lote mínimo de fabricación, o una cantidad mínima a pedir, etc. Además, en algunos casos, por encima de esta cantidad mínima a pedir puede o no estar restringida la cantidad a pedir. Por ejemplo, de un almacén de segundo nivel a otro de primer nivel solo se admiten pedidos que, como mínimo, sean de 10 pallets, pero por encima de esta cantidad se admiten pedidos de 1 pallet.

Este tipo de restricciones se debe tener en cuenta para determinar la relación STS de cada sku.

5. Frecuencia de reaprovisionamiento.

De manera similar al tamaño de lote de aprovisionamiento, pueden existir restricciones que afecten a la frecuencia de reaprovisionamiento. Así, por ejemplo, tenemos un proveedor que nos visita solamente 1 vez cada quince días, etc.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Nótese que la cantidad a pedir debe tener en cuenta tanto la frecuencia de reaprovisionamiento como el tamaño de lote mínimo de entrega, pues pueden existir casos en los que se deba pedir para satisfacer una de las dos restricciones. Veamos algunos ejemplos que aclaran estos conceptos:

- Sea un sku que tiene fijados como tamaño mínimo de lote de aprovisionamiento 10 pallets y como frecuencia máxima de reaprovisionamiento 10 días.
- Supongamos que es un producto de venta elevada, con unas previsiones de 20 pallets/día. En este caso la cantidad a pedir estará determinada por la frecuencia máxima de reaprovisionamiento, que son 10 días. Por lo tanto, la cantidad a pedir será la necesaria para reponer el stock hasta el stock de seguridad más el consumo de 10 días de venta, que son $10 \times 20 = 200$ pallets, que es superior al tamaño de lote mínimo y, por tanto, el proveedor servirá la cantidad pedida.
- Sea ahora otro sku con los mismos parámetros que el anterior, pero que las ventas previstas son de 0,25 pallets/día. Si pidiéramos cada 10 días, la cantidad que necesitamos es de $10 \times 0,25 = 2,5$ pallets, cantidad que es inferior al tamaño mínimo de lote. Por lo tanto en este caso, la cantidad a pedir será de 10 pallets (tamaño mínimo) más el posible consumo del stock de seguridad que se haya producido.

Hasta donde conoce el autor, no existe ningún modelo matemático publicado que desarrolle de manera detallada la influencia de los factores anteriores en el cálculo de la relación entre el stock y nivel de servicio. No obstante, en algunos libros de investigación operativa que tratan el problema científico del stock, se enuncian los principios matemáticos para desarrollar dicho modelo, aunque en ninguno se desarrolla explícitamente.

Un producto software que sí trata de manera correcta todas las anteriores variables es el paquete *Distribution Planning Model* (DPM) de la empresa Toolsgroup. Desgraciadamente los algoritmos no son públicos y no se conocen con detalle

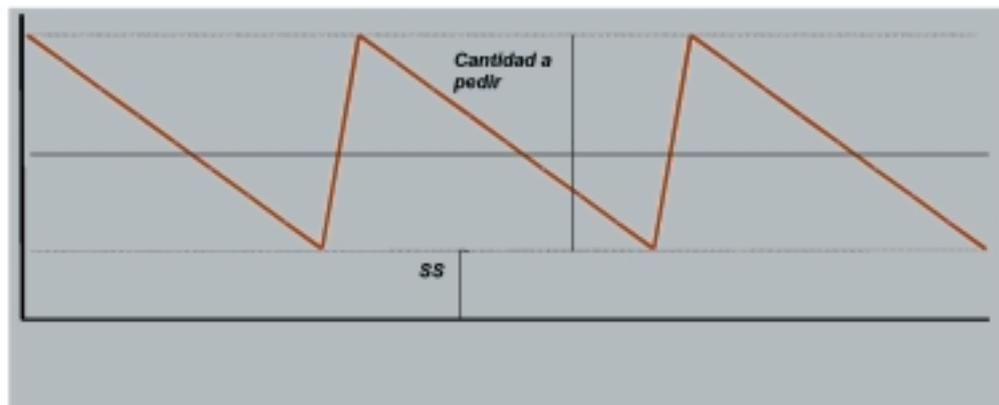
No obstante lo anterior, se detalla a continuación una aproximación numérica que es válida sólo con ciertos comportamientos de la demanda, fundamentalmente con productos de alta rotación y para niveles de servicio medio-altos.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

4.2. Método simplificado: modelo de Gauss

La curva STS es la que nos relaciona el nivel medio de inmovilizado con el nivel de servicio de un artículo en un almacén (SKU). Por lo tanto, lo primero que debemos hacer es encontrar la función que nos exprese el stock medio.

Supongamos que disponemos de una demanda que se distribuya de forma normal (constante) y con una frecuencia "elevada".



El stock medio nos vendrá dado por la expresión:

$$S. Medio. = \frac{Cantidad\ a\ pedir}{2} + SS$$

Donde la cantidad a pedir es un parámetro fijado externamente, suele ser el lote mínimo de aprovisionamiento.

Y el Stock de Seguridad es:

$$S.S. = Z * S_{td} * \sqrt{PE}$$

- Z es la variable normal tipificada que depende del nivel de servicio, en las tablas de distribución normal podemos encontrar los valores de z para el nivel de servicio que queremos dar (probabilidad en la tablas).
- PE es el plazo de entrega.
- S_{td} es la desviación estándar de la demanda.

A continuación podemos ver una tabla con algunos valores de z y de nivel de servicio, así como el gráfico de probabilidad acumulada de la distribución normal.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Z	N.S.
0	0,500
0,1	0,540
0,2	0,579
0,3	0,618
0,4	0,655
0,5	0,691
0,6	0,726
0,7	0,758
0,8	0,788
0,9	0,816
1	0,841
1,1	0,864
1,2	0,885
1,3	0,903
1,4	0,919
1,5	0,933
1,6	0,945
1,7	0,955
1,8	0,964
1,9	0,971
2	0,977
2,1	0,982
2,2	0,986
2,3	0,989
2,4	0,992
2,5	0,994
2,6	0,995
2,7	0,997
2,8	0,997
2,9	0,998
3	0,999

Pongamos un ejemplo:

Tenemos una demanda que presenta una desviación estándar de 100 unidades por día, y nuestra cantidad a pedir es, cada vez que lanzamos una orden, es de 500 unidades, siendo el plazo de entrega de 2 días. Mirar cuál es la diferencia en unidades de stocks para pasar de un nivel de servicio del 60% al 90%. ¿Qué ocurre si nuestro proveedor tiene un retraso medio de 10 días sobre el plazo de entrega?

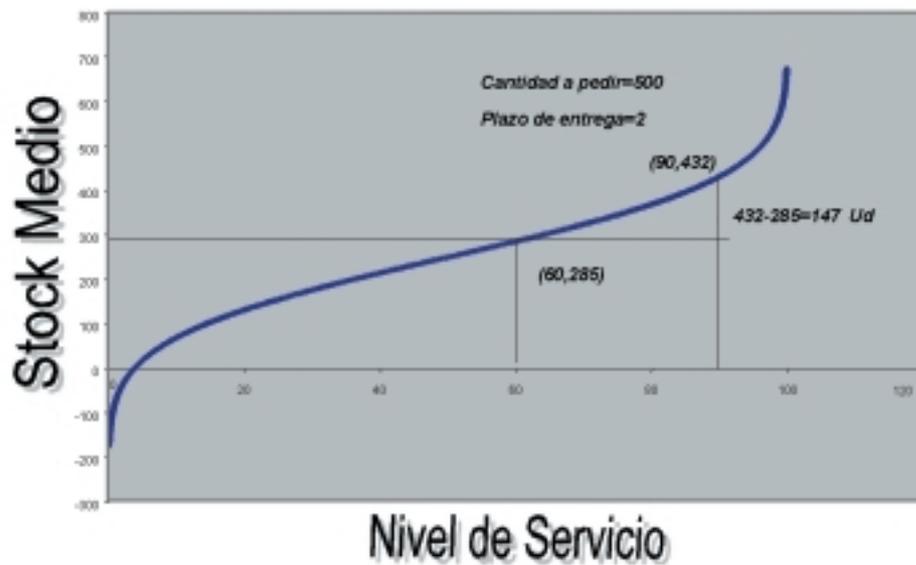
La función stock medio será:

$$STOCK\ MEDIO = \frac{500}{2} + 100 * \sqrt{2} * Z = 250 + 141,4 * Z$$

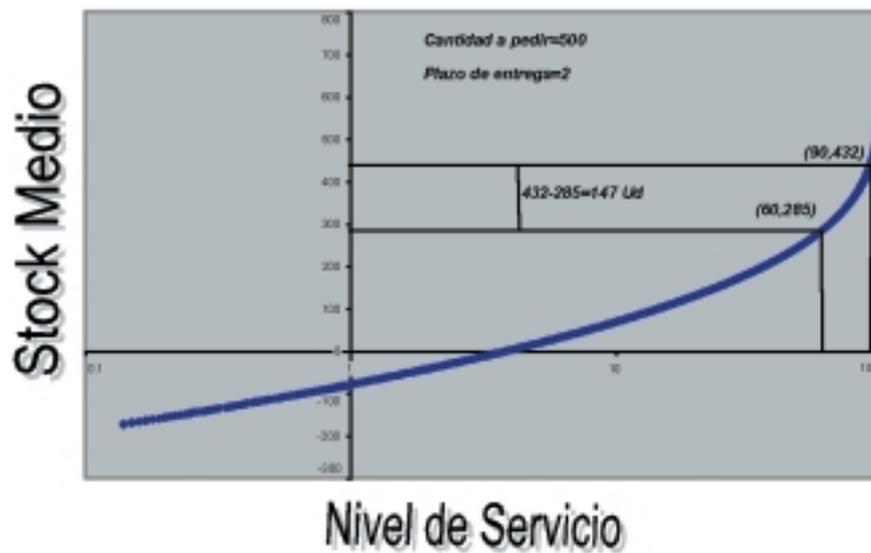
Para diferentes valores de z buscamos los niveles de servicio y podemos hallar la función de stock medio en función del nivel de servicio (STS).

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

La representación gráfica de la ecuación anterior es la siguiente:



Si pasamos el eje de abscisas a escala logarítmica tenemos:

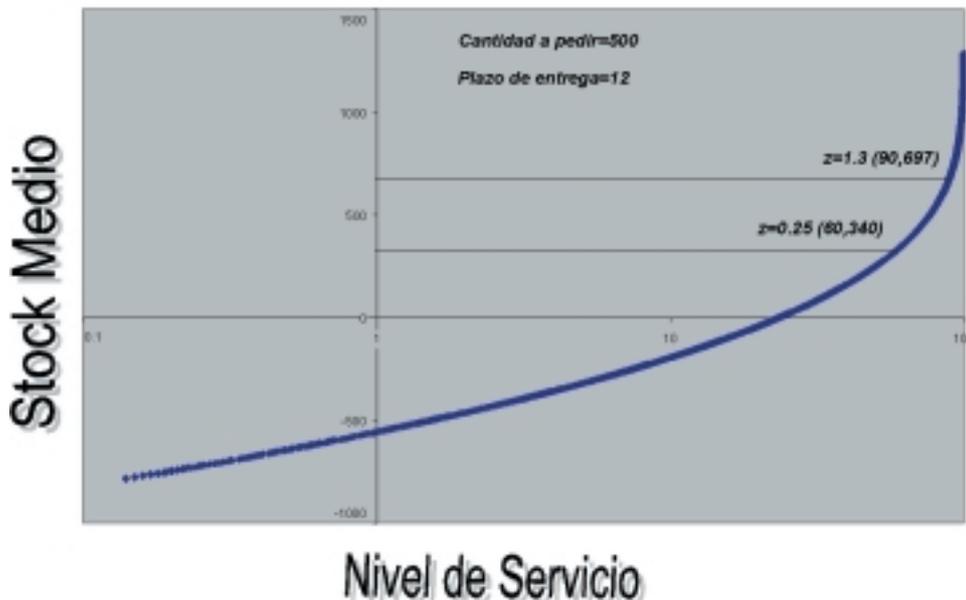


La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

En el caso de que nuestro proveedor se retrase 10 días sobre el plazo de entrega pactado, nos supondrá un aumento medio de stock de:

$$STOCK\ MEDIO = \frac{500}{2} + 100 * \sqrt{12} * Z = 250 + 346.4 * Z$$

2 días de plazo de entrega
+ 10 días de retraso medio



Vemos que en el caso de estar ofreciendo un Nivel de Servicio del 60% nos supone tener un stock medio de 341 unidades cuando antes teníamos un inmovilizado medio de 285 unidades. La ineficacia del proveedor nos supone un aumento de stocks de 56 unidades.

En el caso de que ofrezcamos un nivel de servicio del 90%, antes nos suponía un inmovilizado medio de 432 unidades y ahora 697 unidades un aumento de 265 unidades.

Con este ejemplo se puede ver que cada sku tiene una curva característica STS, que con el modelo simplificado de Gauss depende del lote de compra, el plazo de entrega, retrasos de los proveedores, periodos de revisión y desviaciones estándares de la demanda. Cuando se varía una de estas variables, la curva STS cambia.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

4.3. Importancia del modelo STS

Conocer la relación precisa que existe entre el Nivel de Servicio y el Nivel de Stock asociado (modelo STS) tiene una importancia capital para gestionar proactivamente la cadena de suministro. Sus ventajas son múltiples, tanto de carácter estratégico como táctico y operativo:

- Permite conocer de manera precisa el coste que tiene valores diferentes de una de las variables del marketing mix —el Nivel de Servicio—. Es una información imprescindible para equilibrar los intereses contrapuestos de los responsables Financiero y de Marketing.
- Permite traducir en parámetros operativos las decisiones estratégicas sobre el Nivel de Servicio objetivo. En efecto, una vez decidido cuál es el objetivo, nos dice los parámetros de control del stock (stock de seguridad, stock máx./mín., etc.).
- Permite analizar las repercusiones que ciertas variables industriales tienen sobre el stock. Por ejemplo, permite conocer cuál es el efecto sobre el stock de una reducción del lead-time de fabricación, de manera que la inversión necesaria para conseguirlo se pueda o no justificar, entre otros beneficios, con una reducción del inmovilizado. Razonamiento equivalente se puede hacer con el tamaño de lote de fabricación.
- Permite conocer el coste en inmovilizado que tiene sobre nuestra empresa el incumplimiento de los plazos de entrega de nuestros proveedores y, por tanto, tener argumentos cuantitativos en la negociación con ellos.

En definitiva, un modelo avanzado STS permite gestionar de manera pro activa el Nivel de Servicio: conducir en vez de ser conducido.

4.4. Políticas de control del stock y Planificación del Servicio

De todo lo anterior, ha quedado claro un concepto que es muy importante retener siempre:

**Con el stock de seguridad que se defina
para cada sku se está definiendo
el Nivel de Servicio que se dará al mercado.**

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

Por lo tanto, se puede afirmar que planificar el Servicio es equivalente a decidir el stock de seguridad que exista para cada sku. Consecuentemente, las políticas de Planificación del Servicio están íntimamente ligadas a las políticas de control de stock que se decidan implantar.

Se resumen a continuación las políticas de control de stocks más usuales:

1. Cantidad de stock fija en unidades. Con esta política, el punto de pedido es una cantidad fija en unidades. Esta política se suele usar para piezas de recambios de maquinaria pesada de muy baja rotación; por ejemplo, el eje de una turbina de una central eléctrica, etc. En muchos casos de mercados típicos de fabricación contra stock (alimentación, farmacéutico, etc.) se suele fijar esta política, más por incapacidad de implantar una política mejor que por una decisión voluntariamente elegida.
2. Cantidad de stock fija en cobertura. Con esta política, el punto de pedido es una cantidad fija en días de venta. Por lo tanto, dependiendo del período en que nos encontremos, en unidades físicas es una cantidad variable. Esta política es mejor que la anterior, pero no tiene en cuenta el concepto Nivel de Servicio.
3. Nivel de Servicio fijo por referencia. Esta política, que es más desarrollada que las anteriores, permite fijar para cada sku un Nivel de Servicio objetivo y, con herramientas informáticas adecuadas que implementen un buen modelo STS, conocer el parámetro de control de stock ante cada situación.
4. Política Optimal. De hecho, esta política es la más evolucionada y la que permite mayores reducciones de stock. Esta política consiste en lo siguiente:
 - La población de referencias de un almacén se divide en clases ABC atendiendo al Nivel de Servicio.
 - Se fija un Nivel de Servicio objetivo para cada clase, dejando libertad para que cada referencia tenga un Nivel de Servicio diferente, siempre y cuando globalmente se consiga el objetivo fijado para la clase.
 - Se calcula el Nivel de Servicio individual de manera que el inmovilizado total de la clase sea

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

mínimo, respetando la restricción de que globalmente se consiga el objetivo para la clase, además de posibles restricciones individuales de Niveles de Servicio mínimo por referencia.

Esta política es posible porque, de hecho, debido a que cada curva individual STS es diferente, la pendiente de cada una de ellas es diferente y, por tanto, “quitar” un poco de stock a una referencia de pendiente elevada penaliza el Nivel de Servicio menos de lo que mejora otra referencia de menor pendiente a la que se le “ha dado” la cantidad de stock que se ha quitado a la primera. La implantación de esta política optimal exige la existencia de un buen modelo STS y de un algoritmo de optimización que pueda encontrar el óptimo matemático del Nivel de Servicio individual para cada referencia de cada clase ABC. Por contra, se obtienen reducciones de stock superiores al 20% frente a la política de Nivel de Servicio fijo por referencia para el mismo objetivo de Nivel de Servicio.

5. DISTRIBUTION REQUIREMENTS PLANNING (DRP)

Históricamente, el concepto *Distribution Requirements Planning* (DRP) nació como una evolución del concepto *Materials Requirements Planning* (MRP).

Como es sabido, MRP es una lógica de relación entre las necesidades de producto acabado y las necesidades de materias primas y componentes de los mismos. Así, de cada producto acabado se define la lista de materiales (Bill of Materials, BOM) que lo componen, con sus diferentes niveles de estructura, hasta llegar a los componentes más elementales de compra.

Una vez conocidas las necesidades temporales (cantidades en cada período de tiempo) de los productos acabados, se pueden conocer las necesidades temporales de los productos de compra derivados del producto acabado. Consecuentemente, en función del stock que tengamos de cada uno de estos componentes, de los pedidos cursados pendientes de recibir y los lanzamientos a fábrica comprometidos de necesidades pasadas, se puede traducir, mediante operaciones aritméticas sencillas, las necesidades de producto acabado en necesidades de compra de los componentes de los mismos.

En la lógica MRP las necesidades de producto acabado se consideran como necesidades independientes, mientras que las de los componentes de los mismos son necesidades dependientes.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

El concepto MRP evolucionó en dos sentidos:

- Por una parte, dio lugar al concepto *Manufacturing Resource Planning* o MRP II, (Planificación de Recursos de Fabricación), en el que, en base a la lógica anterior, se contempla no solamente la planificación de los materiales, sino también la del resto de recursos de fabricación: máquinas y mano de obra. En efecto, definiendo un esquema de recursos de fabricación y asociando cada uno de los productos intermedios de la estructura del BOM a éstos, en función de una demanda independiente se puede deducir qué necesidad de recursos de máquina y de mano de obra existe. Posteriormente, este concepto ha evolucionado para convertirse en el concepto *Enterprise Resource Planning* (ERP), en el que derivadas de las necesidades de la demanda independiente se tienen en cuenta todas las necesidades de recursos de todas las áreas de la empresa.
- Por otra parte, al analizar las redes de distribución se vio que existe cierta similitud entre el cálculo de necesidades de materiales derivadas de una demanda independiente y el cálculo de necesidades de reaprovisionamiento de una red de distribución. De aquí nació el concepto *Distribution Requirements Planning* o DRP.

Para asegurar la perfecta comprensión de la lógica DRP por parte del lector, a continuación se presentan algunos ejemplos numéricos, los cuales se recomienda que sean reproducidos por aquellas personas que quieran consolidar sus conocimientos.

5.1. Esquema básico de cálculo de pedidos de reaprovisionamiento

A continuación se presenta el esquema básico de cálculo de los pedidos de reaprovisionamiento de un almacén cualquiera de la red.

El proceso de cálculo se puede dividir en dos grandes etapas:

- Cálculo de las Necesidades Netas (NN).
- Cálculo de los Pedidos de Aprovisionamiento (PA).

Los Pedidos de Reaprovisionamiento, de hecho, son las Necesidades Netas teniendo en cuenta el

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

tamaño de lote y el plazo de entrega de los proveedores. Por ejemplo, sea un proveedor que entrega de 500 en 500 unidades como mínimo con un plazo de entrega de 2 días; una NN de 400 unidades el viernes genera un pedido de 500 unidades el miércoles.

5.1.1. Cálculo de las Necesidades Netas

El esquema de cálculo se puede presentar de la siguiente forma:

Período	Flujo de Salida	Pedidos Confirmados (cantidades extra)	Stock de Seguridad	Stock al inicio del período	Pendientes de servir	Necesidades netas
	+FS	+PC	+SS	-SI	-PS	=NN
1	3000	0	300	500	0	2800
2	3000	1000	300	300	0	4000
3	3000	0	300	300	100	2900
4	3000	0	300	200	0	3100
5	3000	0	300	300	0	3000
6	3000	0	300	300	400	2600
7	3000	0	300	-100	0	3400
8	3000	0	300	300	0	3000
9	3000	0	300	300	0	3000
10	3000	0	300	300	0	3000
11	3000	0	300	300	0	3000

Tabla 5.1: Cálculo de las Necesidades Netas

Nota: en sombreado aparecen los valores que son calculados y que no se pueden modificar a mano. El resto de valores puede ser introducido por el usuario.

El significado de cada una de las columnas es el siguiente:

- Período representa cada uno de los tramos temporales en que estamos realizando el ejercicio de cálculo: día, semana, mes, etc.
- Flujo de salida (FS) es la previsión de salida del artículo en el almacén. Nótese que esta previsión debe agrupar a toda la demanda que se saldrá del almacén, tanto la independiente como la dependiente. Es decir, si de este almacén se sirve a otro almacén, el flujo de salida a consi-

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

derar es tanto el necesario para cubrir las áreas de venta servidas por este almacén como las servidas por los almacenes aguas abajo.

- La columna Pedidos Confirmados (cantidades extra) (PC) representa aquellos pedidos no contemplados en la previsión de ventas que se deben servir también desde este almacén. Este punto se debe tratar con sumo cuidado, pues si se tratara de pedidos “normales”, ya estarían contemplados en el cálculo de previsiones y no se debería tener en cuenta, pues de lo contrario estaríamos considerándolo dos veces y, por tanto, crearíamos sobre stock. Nótese que para gestionar correctamente este punto, en el momento de la captura del pedido se deben definir criterios muy claros para que la persona que los introduce al sistema sepa si son pedidos normales (que consumen previsiones) o especiales.
- Stock de Seguridad (SS) es la cantidad derivada del Nivel de Servicio objetivo que se quiere proporcionar al mercado, según se ha explicado en el capítulo 4. En el ejemplo se ha puesto una cantidad fija durante todo el período, pero esto puede no ser así.
- Stock al inicio del período (SI) es el stock virtual del que se dispone al inicio de cada periodo. Nótese que al inicio del primer periodo, ésta es una cantidad que se debe conocer (no está sombreada), pero que en el resto de periodos, esta cantidad se deriva de las anteriores según la fórmula siguiente:

$$(\text{Stock inicial})_n = (\text{Stock inicial})_{n-1} + (\text{NN})_{n-1} - (\text{FS})_{n-1} - (\text{PC})_{n-1}$$

- Pendientes de Servir (PS) representa las necesidades de períodos anteriores que no se han servido. En el esquema de cálculo que presentamos sólo tiene sentido real estricto en el primer periodo, pues se supone que en el resto de periodos se va a servir todo lo que se pide. Una cantidad puesta en esta columna en otros períodos diferentes del primero sirve para simular el efecto de variaciones de la demanda real sobre la prevista en la columna FS.
- La columna Necesidades Netas (NN) es el resultado esperado del cálculo. Como se ve en la tabla anterior, la fórmula de cálculo es:

$$\text{NN} = \text{FS} + \text{PC} + \text{S} - \text{SI} - \text{PS}$$

Veamos a continuación algunos comentarios sobre los valores numéricos de la tabla anterior:

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

- a) El stock de seguridad sirve para oponerse a variaciones en la demanda.

Si el exceso de ventas que tenemos es inferior al stock de seguridad (ver periodos 3 y 4), se consume parte de éste, que crea una Necesidad y se repone en el periodo siguiente.

En cambio, si el exceso de ventas consume todo el Stock de Seguridad (ver periodo 6), se llega a una rotura de stock. El mecanismo de cálculo genera una Necesidad en el periodo siguiente para reponer el stock de seguridad.

- b) El Stock al inicio del periodo en la tabla anterior es inferior a las Necesidades Brutas (que, de hecho, es la suma del Flujo de Salida más las cantidades extras de Pedidos Confirmados). En este caso, se genera una Necesidad Neta positiva.

Pero podría suceder que este SI fuera mayor que las Necesidades Brutas, con lo que no se generarían Necesidades Netas hasta que el resultado del cálculo condujera a un número positivo.

Véase por ejemplo la tabla 5.2 siguiente:

Período	Flujo de Salida	Pedidos Confirmados (cantidades extra)	Stock de Seguridad	Stock al inicio del período	Pendientes de servir	Necesidades netas
	+FS	+PC	+SS	-SI	-PS	=NN
1	3000	0	300	10000	0	0
2	3000	1000	300	7000	0	0
3	3000	0	300	3000	100	200
4	3000	0	300	200	0	3100
5	3000	0	300	300	0	3000
6	3000	0	300	300	400	2600
7	3000	0	300	-100	0	3400
8	3000	0	300	300	0	3000
9	3000	0	300	300	0	3000
10	3000	0	300	300	0	3000
11	3000	0	300	300	0	3000

Tabla 5.2: Efecto del Stock Inicial

En este caso, el SI en el primer periodo es tan grande (10000) que permite cubrir las necesidades de los dos primeros periodos, por lo que en éstos las Necesidades Netas son cero.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

5.1.2. Cálculo de los Pedidos de Aprovisionamiento

Una vez calculadas las Necesidades Netas, éstas se deben transformar en pedidos a los proveedores (que puede ser otro almacén de la red, como en los almacenes de Nivel 2 del esquema anterior, o puede ser un proveedor externo como en el caso del almacén de Nivel 1).

Para ello, a las Necesidades Netas se le tienen que hacer dos operaciones:

1. En primer lugar, se tienen que ajustar al tamaño de lote del proveedor.

En la Tabla 5.3 adjunta aparece un ejemplo de cálculo, que se comenta a continuación:

Periodo	Flujo de Salida	Tamaño mínimo de lote=	5000		Pendientes de servir	Necesidades netas	Necesidades lotificadas
	+FS	+PC	+SS	+SI			
1	3000	0	300	500	0	2800	5000
2	3000	1000	300	2500	0	1800	5000
3	3000	0	300	3500	100	0	0
4	3000	0	300	500	0	2800	5000
5	30000	0	300	2500	0	27800	27800
6	3000	0	300	300	400	2600	5000
7	3000	0	300	2300	0	1000	5000
8	3000	0	300	4300	0	0	0
9	3000	0	300	1300	0	2000	5000
10	3000	0	300	3300	0	0	0
11	3000	0	300	300	0	3000	5000

Tabla 5.3: Cálculo de las Necesidades Netas lotificadas

En este caso se ha supuesto que el tamaño mínimo de lote sea de 5.000 unidades, que es la cantidad mínima exacta por la que acepta pedidos el proveedor. También, en este caso se ha supuesto que por encima de esta cantidad acepta cualquier valor. Podría hacerse la hipótesis de que esta cantidad también obedece a valores múltiplos de un número definido, pero por simplicidad se ha considerado que el tamaño de lote incremental es 1.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

En el primer periodo existe una necesidad de 2.800, inferior al tamaño de lote, por lo que se pide 5.000, que es el tamaño de lote.

El cálculo del "Stock al inicio del periodo" para cada uno del resto de periodos se debe hacer considerando las "Necesidades lotificadas" del periodo anterior en vez de las "Necesidades Netas" como hacíamos antes.

Debido a que durante varios periodos se está pidiendo más de lo necesario, se observa que el Stock inicial es superior al Stock de Seguridad y que, además, esa cantidad extra que estamos pidiendo se va acumulando hasta que ese acumulado evita tener que pasar un pedido en ciertos periodos. (caso de los periodos 3, 8 y 10 del ejemplo).

Nótese que en el periodo 5 se ha supuesto un Flujo de Salida muy grande para simular que el pedido en este periodo, al ser superior al pedido mínimo, es igual a las Necesidades Netas.

- En segundo y último lugar, las Necesidades lotificadas se deben "adelantar" en el tiempo para tener en cuenta el plazo de entrega del proveedor.

Veamos un ejemplo en la tabla 5.4 siguiente:

Plazo de entrega	2 Tamaño mínimo de lote= 7000								
Periodo	Flujo de Salida	Pedidos Confirmados (cantidades extra)	Stock de Seguridad	Stock al inicio del periodo	Pendientes de servir	Necesidades netas	Necesidades lotificadas	Cantidad a Pedir	A realizar en el periodo:
	+FS	+PC	+SS	-SI	-PS	=NN	NL	QP	Periodo
1	3000	0	300	500	0	2800	7000		
2	3000	1000	300	4500	0	0	0		
3	3000	0	300	500	100	2700	7000	14000	1
4	3000	0	300	4500	0	0	0	0	2
5	30000	0	300	1500	0	28800	28800	28800	3
6	3000	0	300	300	400	2600	7000	7000	4
7	3000	0	300	4300	0	0	0	0	5
8	3000	0	300	1300	0	2000	7000	7000	6
9	3000	0	300	6300	0	0	0	0	7
10	3000	0	300	2300	0	1000	7000	7000	8
11	3000	0	300	6300	0	0	0	0	9

Tabla 5.4. Cálculo de los pedidos de aprovisionamiento

En este caso se ha supuesto que el tamaño de lote mínimo es de 7.000 unidades, con lo que las Necesidades lotificadas son diferentes a las de la tabla 5.3 anterior.

La Planificación Integrada en SCM (Supply Chain Planning)

En la columna QP aparecen las cantidades a pedir, y en la siguiente columna, "A realizar en el periodo", aparece en qué periodo se debe solicitar QP. Así, en este caso concreto, se observa que:

- Como el plazo de entrega es de 2 periodos, las necesidades del primer y segundo periodo no se van a entregar a tiempo (se debían haber pedido hace 2 periodos). Por lo tanto, en el primer periodo se deben pedir las necesidades lotificadas correspondientes a la suma de los tres primeros periodos.
- A partir del segundo periodo se deben solicitar las necesidades lotificadas de tantos periodos en adelante como sea el plazo de entrega del proveedor, o sea, se adelanta el pedido en el mismo tiempo que es el plazo de entrega.