

UNIDAD
DIDÁCTICA

4

GESTIÓN DE STOCKS

Objetivos de la unidad

1. Introducción
 - 1.1. *Stock*
 - 1.2. Nivel de *stock* promedio
 - 1.3. *Lead time*
2. Análisis de la demanda
 - 2.1. Clasificación de la demanda
 - 2.2. Sistema de clasificación ABC
3. Sistemas de pedidos
4. Cuándo hacer los pedidos
 - 4.1. Sistemas de cantidad fija de pedido (FOQ)
 - 4.1.1. Revisión continua
 - 4.1.1.1. Factor de nivel de servicio
 - 4.1.2. Sistema de dos depósitos
 - 4.1.3. *Stock* de baja rotación
 - 4.1.3.1. *Stock* de bajo valor y baja rotación

- 4.1.3.2. *Stock* de alto valor y baja rotación
- 4.1.3.3. Distribución de Poisson
- 4.2 Sistemas de ciclo fijo de pedido (FOC)
 - 4.2.1. Revisión periódica
 - 4.2.1.1. Sistema de límite máximo
 - 4.2.1.2. Sistema de pedido «mínimo-máximo»
- 5. Cuánto pedir
 - 5.1. Sistemas de cantidad fija de pedido (FOQ)
 - 5.1.1. Revisión continua
 - 5.1.1.1. EOQ
 - 5.1.1.2. Periodo de cobertura
 - 5.1.1.3. Análisis de cobertura
 - 5.2. Sistemas de ciclo fijo de pedido (FOC)
 - 5.2.1. Sistema de límite máximo
 - 5.2.2. Sistema de pedido «mínimo-máximo»
- 6. Evaluación y desempeño en la gestión de inventario
- 7. TICS aplicadas a la gestión de stocks
 - 7.1. ERP (*enterprise resource planning*)
 - 7.1.1. Objetivos principales de los sistemas ERP
 - 7.1.2. Características de los sistemas ERP
 - 7.2. ECR (respuesta eficiente al consumidor)
 - 7.3. VMI (inventario manejado por el proveedor)
 - 7.4. APS (*advance planning and scheduling*)
 - 7.4.1. Beneficios del uso de herramientas APS
- Conceptos básicos
- Actividades de autocomprobación
- Actividades de repaso
- Ejercicios voluntarios
- Referencias bibliográficas



OBJETIVOS DE LA UNIDAD

La gestión de inventarios es la gestión del flujo de bienes y materiales a través de la cadena de suministros.

Si tenemos mucho *stock* los costes se incrementarán, pero, por el contrario, si tenemos poco *stock*, el nivel de servicio al cliente podrá verse deteriorado y lógicamente impactará directamente en una disminución en el nivel de ventas.

El principal papel del proceso de la gestión de inventarios es intentar lograr este equilibrio.

El gestor del proceso puede ayudarse de las herramientas disponibles, ligadas a la estadística y a las TIC, pero en algunas ocasiones tiene que decidir con base en su experiencia.

1. INTRODUCCIÓN

A continuación vamos a exponer una introducción a las técnicas de gestión de inventarios de forma que puedan servir de base para poder comprenderlas y aplicarlas.

1.1. STOCK

Quizá la primera pregunta que nos podríamos plantear es ¿por qué se debe tener inventario? Pero al intentar contestarla, nos pueden surgir nuevas preguntas como:

- ¿Sabemos los productos y las cantidades que los clientes necesitan?
- ¿Sabemos cuándo nos los van a pedir?
- ¿Sabemos si son capaces de esperar a que, si no los tenemos, se los podemos fabricar?
- O si se los tenemos que pedir a los proveedores, ¿sabemos si nuestros proveedores nos van a entregar los productos pedidos, en la cantidad pedida y en el tiempo acordado?

Todas estas preguntas surgen debido a la incertidumbre existente entre la oferta y la demanda. De ahí surge el concepto de *stock* de seguridad para poder satisfacer la demanda de los clientes.

También nos podrían surgir nuevos planteamientos. Por ejemplo:

- Si pensáramos en llevar a cabo una promoción de algún producto, lógicamente lo haríamos para vender más, lo que implicaría que nos deberíamos proveer de mayor cantidad de *stock* del producto en cuestión. Este se denomina *stock* de anticipación, y sirve para poder cumplir con la demanda planificada o esperada.
- Si tuviéramos un estanco donde el precio de venta al público está fijado, cuando fuera a haber una subida de dicho precio podríamos comprar más

cantidad para luego poder tener más margen. Este *sobrestock* se denomina *stock* de inversión, y sirve para obtener ventajas en la explotación del mercado.

- Si tuviéramos una empresa de fabricación de juguetes, sabríamos que la demanda en la época de Navidad es la más alta de todo el año y que para poder asegurar el suministro a nuestros clientes deberíamos fabricar con anterioridad a dichas fechas. Esto implica tener lo que se denomina *stock* de estabilización de la producción.

Como podemos observar con los casos anteriores, la pregunta de ¿por qué se debe tener inventario? queda contestada, e incluso hemos podido identificar varios tipos de *stock*.

Como en cualquier proceso logístico, y en este caso no va a ser diferente, la gestión de inventarios debe establecer un balance entre servicio y coste:

- **Coste.** Nivel de inversión en *stock*.
- **Servicio.** Nivel de servicio deseado para el cliente.

Este equilibrio se convierte en el objetivo fundamental en la gestión de inventarios. Para conseguirlo debemos planificarlo y además debe estar integrado a su vez en el ciclo de planificación de la empresa en sus desarrollos a corto, medio y largo plazo, ya que decisiones como qué y cuánto pedir influyen en el resto de los procesos de la cadena logística, como el almacenamiento, la distribución, el transporte, etc.

De tal manera que, estratégicamente, la gestión de inventarios a partir de la información de previsiones de venta y de demanda y de la producción prevista deberá aportar las previsiones de *stock* para poder cumplir con los objetivos a largo plazo en relación con la inversión y el servicio.

La gestión de inventarios deberá estar informada de todos los cambios que se vayan produciendo, así como de los niveles de cumplimiento de los diferentes procesos, para poder actuar a medio plazo y con la antelación suficiente.

En el día a día (corto plazo) surgen muchos cambios que obligan a la gestión de inventarios a estar ejecutando acciones que no estaban previstas para poder así cumplir con los planes a medio plazo.

Podemos definir la *gestión de inventarios* como:

«Aquel proceso que gestiona los materiales y los sistemas que estén establecidos para la adquisición de materiales en cada una de las partes de la cadena de suministros, desde los proveedores hasta el punto de consumo».

Por tanto, las responsabilidades de dicho proceso serán:

- **Gestionar los niveles de almacenamiento de stock.** Para cumplir con el equilibrio entre la inversión y el nivel de servicio es fundamental saber responder cuándo se deben realizar los pedidos y cuánto pedir.
- **Establecer las relaciones con otros procesos.** Comprender el flujo de materiales y de información respecto al resto de procesos.
- **Medir los objetivos del proceso.** Usar indicadores y analizar los resultados promoviendo mejoras cuando sean inadecuados o simplemente para mejorarlos.
- **Control individual de los productos.** El inventario debe ser gestionado artículo por artículo. Cada artículo tendrá un comportamiento diferente dependiendo de sus perfiles de demanda y oferta.

1.2. NIVEL DE STOCK PROMEDIO

El nivel de *stock* tiene que ser el resultado de las políticas relacionadas con la cantidad y la frecuencia de los pedidos, es decir, lo que se denomina «reaprovisionamiento cíclico» o el ciclo del *stock*.

La base del cálculo es la cantidad de pedido, pero lógicamente el nivel de *stock* existente variará entre el máximo (que se alcanza en el momento en que se recibe el pedido) y el mínimo, que es cero (cuando se agota lo que se ha pedido). Por esto se ha definido el nivel de *stock* promedio como:

$$\text{Nivel de stock promedio} = \frac{\text{Cantidad de pedido}}{2}$$

EJEMPLO 1**Cantidad fija**

Si de un producto se venden 3.000 unidades al año y solo hacemos un único pedido al año, el nivel de stock promedio sería de 3.000/2, es decir ,1.500 unidades.

Si hicieramos dos pedidos al año, la cantidad de pedido sería 1.500 (haríamos 2 pedidos de 1.500, que sumarían los 3.000), por lo que el nivel de stock promedio sería de 1.500/2, es decir, 750 unidades.

Cantidad pedida al año	Q	3.000	3.000	3.000
Número de pedidos al año	n	1	2	3
Cantidad por pedido	Q/n	3.000	1.500	1.000
Nivel de stock promedio	Q/n/2	1.500	750	500

Cantidad variable

Si realizamos varios pedidos al año que al final suman los 3.000.

		Pedido 1	Pedido 2	Pedido 3	Total
Cantidad por pedido	Q	1.000	500	1.500	
Nivel de stock promedio por pedido	Q/2	500	250	750	
Nivel de stock promedio total	Promedio de Q/2 = (500 + 250 + 750)/3				500

Si nos fijamos, en ambos el resultado del nivel de stock promedio, para el caso de tres pedidos, es el mismo.

El nivel de inventario promedio de un producto es igual al nivel de stock promedio multiplicado por el coste unitario del producto. Es decir, es el nivel de stock promedio en términos monetarios en vez de en términos de cantidad.

1.3. LEAD TIME

Podemos definirlo como el tiempo total que transcurre desde que somos conscientes de que tenemos que realizar un pedido de compras hasta que está a disposición del cliente en el punto de venta (o el siguiente paso en el proceso).

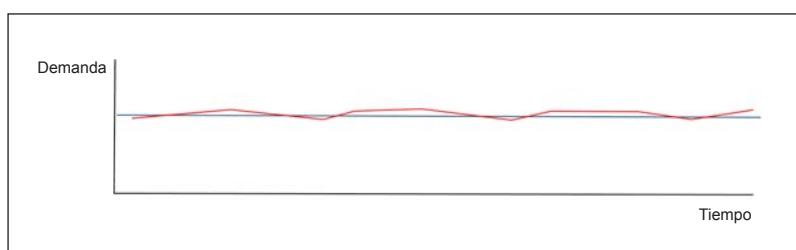
2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Para realizar un análisis de la demanda, no cabe duda de que previamente hay que conocerla. En sistemas de inventarios con un número muy grande de artículos, el coste de realizar un análisis completo, artículo por artículo, puede no ser lo más óptimo, por lo que a menudo se realizan análisis por familias o grupos de artículos para posteriormente bajar al unitario.

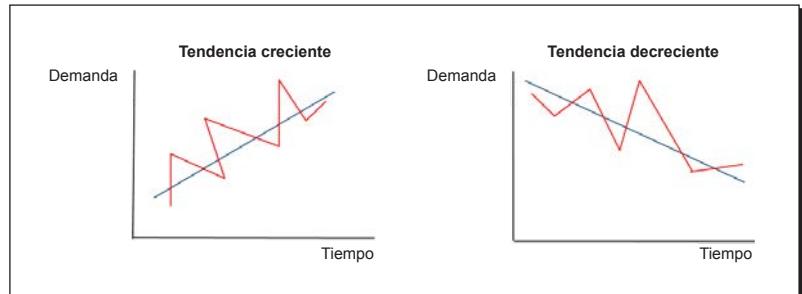
2.1. CLASIFICACIÓN DE LA DEMANDA

Lo comentado anteriormente implica clasificar la demanda de tal manera que podemos analizar en función de una serie de características, por ejemplo:

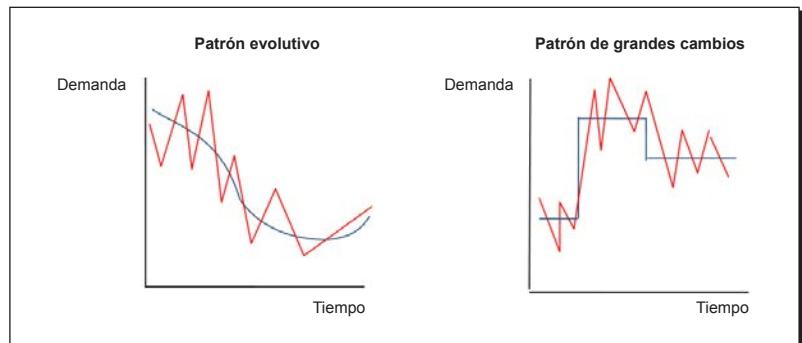
- **Certidumbre de la demanda:**
 - *Demanda predecible.* Aquella que podemos prever.
 - *Demanda aleatoria.* Aquella que no es predecible.
- **Patrón de demanda:**
 - *Estable.* Aquel en el que, aunque la tasa de demanda varíe, esta cambia en el tiempo a razón de un promedio constante.



- *Con tendencia.* Aquel en el que la tasa promedio varía a lo largo del tiempo y muestra alguna tendencia a crecer o disminuir. Hay que establecer bien el periodo de tiempo sobre el cual se realiza la estimación para asegurarse de que la pendiente de la tendencia está bien calculada.

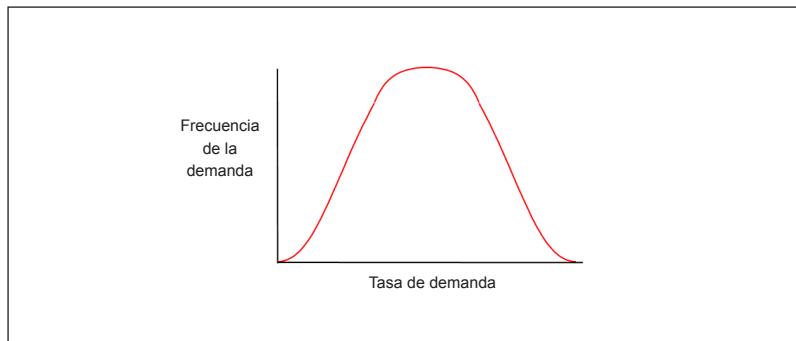


- *Estacional.* Aquel que muestra una variación en la demanda promedio en diferentes puntos en el tiempo. Los periodos pueden variar: desde periodos muy cortos, de una o dos semanas, hasta amplios periodos de tiempo, por ejemplo, tres o cuatro meses. Se pueden distinguir a su vez dos grandes grupos: aquellos que siguen un patrón evolutivo en el que el cambio en el tiempo está más suavizado, y otro en el que los cambios son grandes en el tiempo, por ejemplo, en las estaciones del año.



- **Frecuencia de la demanda:**

- *Demanda regular.* La demanda de un artículo de alta rotación muestra una ocurrencia regular en cada periodo. Si representamos gráficamente la frecuencia de la demanda y la tasa de la demanda de este tipo de artículos siempre nos da una gráfica como la siguiente:



- *Demanda irregular.* Un artículo de baja rotación es aquel que muestra un número de períodos con demanda cero. La representación gráfica de este tipo de artículos siempre es de la forma:



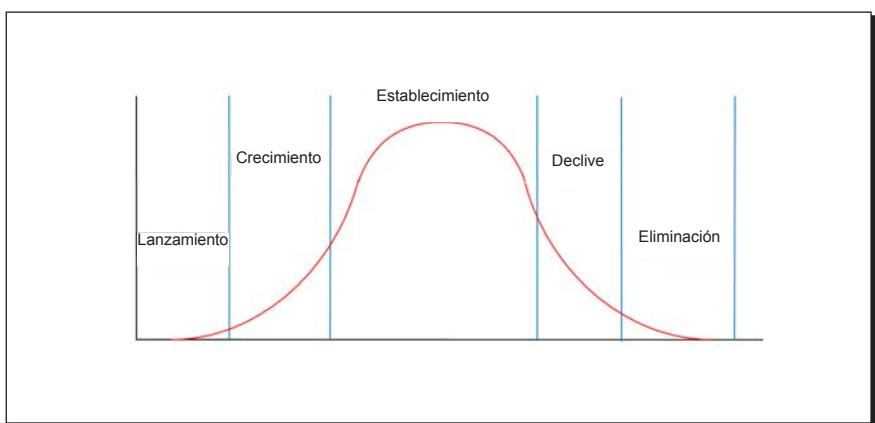
- **Nivel de la demanda:**

- *Demanda alta.* Aquellos artículos que, comparados con otros, durante un periodo de tiempo, tienen niveles de demanda relativamente altos.
- *Demanda baja.* Aquellos artículos que, comparados con otros, durante un periodo de tiempo, tienen niveles de demanda relativamente bajos.

- **Nivel de coste:**

- *Coste alto.* Aquellos artículos en los que, comparados con otros, durante un periodo de tiempo, el valor de multiplicar el nivel de la demanda por el coste unitario es relativamente alto.

- *Coste bajo.* Aquellos artículos en los que, comparados con otros, durante un periodo de tiempo, el valor de multiplicar el nivel de la demanda por el coste unitario es relativamente bajo.
- **Aprovisionamiento:**
 - *Artículos comprados.* Aquellos que son suministrados por proveedores externos. Los costes en los que se incurre son los correspondientes a la gestión de pedidos de compra y a la gestión de almacenarlos.
 - *Artículos fabricados.* Aquellos que son hechos en las propias instalaciones. Los costes en los que se incurre son los costes correspondientes a la gestión de pedidos de compra de la materia prima, a la gestión de almacenamiento (materia prima y posteriormente productos semielaborados o terminados) y a la gestión de la fabricación.
- **Posicionamiento en el ciclo de vida del producto.** Al representar gráficamente el nivel de la demanda respecto al tiempo, se puede observar que todos los artículos siguen una forma similar, en la que se distinguen cinco etapas:
 - Lanzamiento.
 - Crecimiento.
 - Establecimiento.
 - Declive.
 - Eliminación.



2.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ABC

En la unidad 3 ya hemos hablado del sistema de clasificación ABC. Ahora vamos a aplicarlo en un ejemplo para clasificar 10 artículos en tres grupos, A, B y C, en función del volumen de su demanda y del valor de la misma.

Como con cualquier otro método, una vez clasificados los artículos podremos tomar decisiones sobre qué hacer con cada uno de ellos; es decir, se trata de una herramienta para la toma de decisiones.

EJEMPLO 2

Tenemos 10 artículos y conocemos el valor y la demanda correspondientes a cada uno de ellos. El valor del nivel de inventario se halla tras multiplicar la demanda por el valor de la demanda.

$$123 \times 34 = 4.182$$

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × Valor)
1	123	34	4.182
2	234	4.555	1.065.870
3	577	54	31.158
4	7.557	77	581.889
5	565	89	50.285
6	56	788	44.128
7	5.656	676	3.823.456
8	789	5.657	4.463.373
9	965	836	806.740
10	567	778	441.126

.../...

.../...

Se calcula el porcentaje respecto del total, es decir, qué porcentaje representa 4.182 sobre el total 11.312.207, y es 0,04 ($(4.182/11.312.207) \times 100$). Lógicamente, el total de dicho porcentaje debe sumar 100.

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × Valor)	% total (Demanda × Valor)
1	123	34	4.182	0,04
2	234	4.555	1.065.870	9,42
3	577	54	31.158	0,28
4	7.557	77	581.889	5,14
5	565	89	50.285	0,44
6	56	788	44.128	0,39
7	5.656	676	3.823.456	33,80
8	789	5.657	4.463.373	39,46
9	965	836	806.740	7,13
10	567	778	441.126	3,90
			11.312.207	100,00

A continuación ordenamos de mayor a menor según el valor del porcentaje.

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × Valor)	% total (Demanda × Valor)
8	789	5.657	4.463.373	39,46
7	5.656	676	3.823.456	33,80
2	234	4.555	1.065.870	9,42
9	965	836	806.740	7,13
4	7.557	77	581.889	5,14
10	567	778	441.126	3,90
5	565	89	50.285	0,44

.../...

.../...

.../...

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × Valor)	% total (Demanda × Valor)
.../...				
6	56	788	44.128	0,39
3	577	54	31.158	0,28
1	123	34	4.182	0,04
			11.312.207	100,00

Y calculamos el acumulado ($39,46 + 33,80 = 73,26$; $73,26 + 9,42 = 82,68$; ...). El último debe ser 100.

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × Valor)	% total (Demanda × Valor)	Acumulado % total (Demanda × Valor)
8	789	5.657	4.463.373	39,46	39,46
7	5.656	676	3.823.456	33,80	73,26
2	234	4.555	1.065.870	9,42	82,68
9	965	836	806.740	7,13	89,81
4	7.557	77	581.889	5,14	94,95
10	567	778	441.126	3,90	98,85
5	565	89	50.285	0,44	99,30
6	56	788	44.128	0,39	99,69
3	577	54	31.158	0,28	99,96
1	123	34	4.182	0,04	100,00
			11.312.207	100,00	

Por último, establecemos tres intervalos:

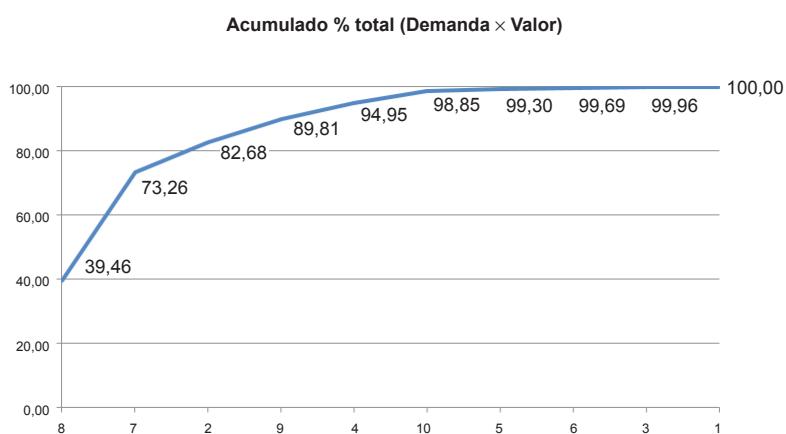
- A = aquellos cuyo acumulado sea $\leq 80\%$.
- B = aquellos cuyo acumulado sea $> 80\% \text{ y } \leq 95\%$.
- C = aquellos cuyo acumulado sea $> 95\%$.

.../...

.../...

Artículo	Demanda	Valor	Total (Demanda × × Valor)	% total (Demanda × × Valor)	Acumulado % total (Demanda × × Valor)		
8	789	5.657	4.463.373	39,46	39,46	A	Hasta 80 %
7	5.656	676	3.823.456	33,80	73,26		
2	234	4.555	1.065.870	9,42	82,68	B	Hasta 95 %
9	965	836	806.740	7,13	89,81		
4	7.557	77	581.889	5,14	94,95	C	Hasta 100 %
10	567	778	441.126	3,90	98,85		
5	565	89	50.285	0,44	99,30		
6	56	788	44.128	0,39	99,69		
3	577	54	31.158	0,28	99,96		
1	123	34	4.182	0,04	100,00		

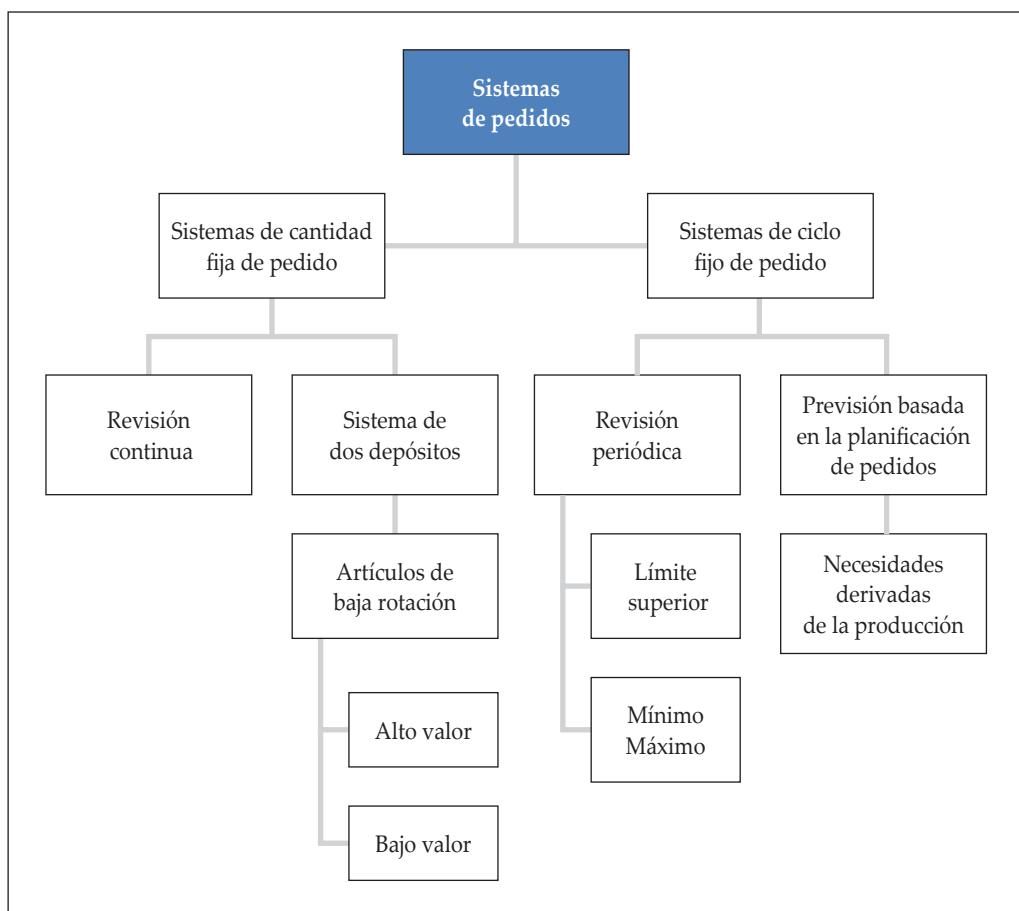
De esta manera tendremos clasificados los 10 artículos en tres grupos, A, B y C.



3. SISTEMAS DE PEDIDOS

Una de las responsabilidades del proceso de gestión de inventarios es decidir cuándo almacenar y, por tanto, qué políticas aplicar para controlar la cantidad y el tiempo de reaprovisionamiento. Es decir, hay que saber responder a las preguntas: ¿cuándo pedimos? y ¿cuánto pedimos?

Los sistemas de pedido o de reaprovisionamiento pueden dividirse en dos grandes grupos (en la figura se representan los más habituales):



- **Sistemas de cantidad fija de pedido (FOQ).** Aquellos en los que el tamaño de los pedidos no varía en cada reaprovisionamiento. Se conocen como sistemas de revisión continua y consisten en revisar el nivel de stock disponi-

ble siempre que se reciba un pedido de venta. Dicho de otra manera, cada vez que se recibe un pedido de venta, se revisa el *stock*; este se compara con el punto de reaprovisionamiento y, si es menor, deberá hacerse un pedido. Cuando se hace un pedido, se pide una cantidad fija.

- **Sistemas de ciclo fijo de pedido (FOC).** En ellos el intervalo de reaprovisionamiento permanece constante pero la cantidad de pedido varía. Se conocen como sistemas de revisión periódica y consisten en revisar el nivel de *stock* disponible fijando unos períodos de tiempo constantes (diario, semanal, quincenal, mensual, etc.). En este caso, al hacer los pedidos pueden variar las cantidades que se piden.

Aunque el objetivo que siempre se debe tener es utilizar el sistema más simple y más económico para cada categoría del inventario, hay que tener en cuenta una serie de factores para poder decidir qué sistema se elige para un artículo o familia de productos.

Estos factores son:

- **Tipos de productos.** Dentro del inventario nos podemos encontrar productos comprados a proveedores, WIP (trabajo en proceso), productos terminados, etc.
- **Volumen de demanda.** Los pedidos para artículos de alta rotación o alto valor normalmente serán de alta frecuencia para intentar mantener bajo control los costes de almacenamiento.
- **Tendencia de la demanda.** Si existe una tendencia fuerte, normalmente es porque los pedidos se basan en las previsiones y por tanto interesa un nivel continuo de control del nivel de existencias.
- **Variabilidad y/o estacionalidad de la demanda.** Si hay alta variabilidad de la demanda, lo más habitual es utilizar un sistema de revisión continua, ya que la variabilidad extrema es muy difícil de manejar y habitualmente se basa en previsiones.
- **Coste del artículo.** Si el coste es alto, normalmente interesa realizar los pedidos frecuentemente para intentar tener costes de almacenamiento bajos. Si el coste es bajo, lo normal es hacer pocos pedidos.
- **Costes del sistema.** Podemos tener un amplio abanico de herramientas para gestionar el inventario que pueden ir desde una hoja Excel a un gran sistema *enterprise resource planning* (ERP).

- **Número de SKU (*stock keeping units, unidades críticas de inventario*).** Si el número de SKU que hay que gestionar es muy alto, se suele utilizar sistemas basados en previsiones.
- **Disponibilidad de datos.** Si tenemos posibilidad de tener información, lo más habitual es utilizar sistemas basados en previsiones, y si no tenemos posibilidad de ello, lo más habitual es utilizar sistemas de revisión continua.

4. CUÁNDO HACER LOS PEDIDOS

Como ya hemos comentado, una de las responsabilidades de la gestión de inventarios es decidir en qué momento se tiene que realizar un pedido para reponer el *stock*.

Esta decisión de cuándo pedir se suele tomar comparando el nivel de *stock* disponible para un punto de reaprovisionamiento previamente calculado.

El nivel de *stock* disponible es la cantidad dispuesta para ser utilizada y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Stock disponible} = \text{Stock físico en almacén} + \text{Stock en pedido} + \text{Stock en tránsito} - \\ - \text{Stock reservado a clientes} - \text{Stock reservado para otros propósitos}$$

- **Stock físico.** Resulta del conteo físico de las unidades que hay almacenadas.
- **Stock en pedido.** El que hay como cantidad pedida al proveedor y del que todavía no se ha realizado la recepción. Cuando se haga, pasará como *stock* físico.
- **Stock en tránsito.** Todo aquel que es de nuestra propiedad pero que físicamente no está en un almacén. Lo más habitual es que que se encuentre en el transporte.
- **Stock reservado.** Aquel que, aunque físicamente lo tengamos almacenado, no podemos disponer de él porque ya está asignado a clientes o lo está por otros motivos.

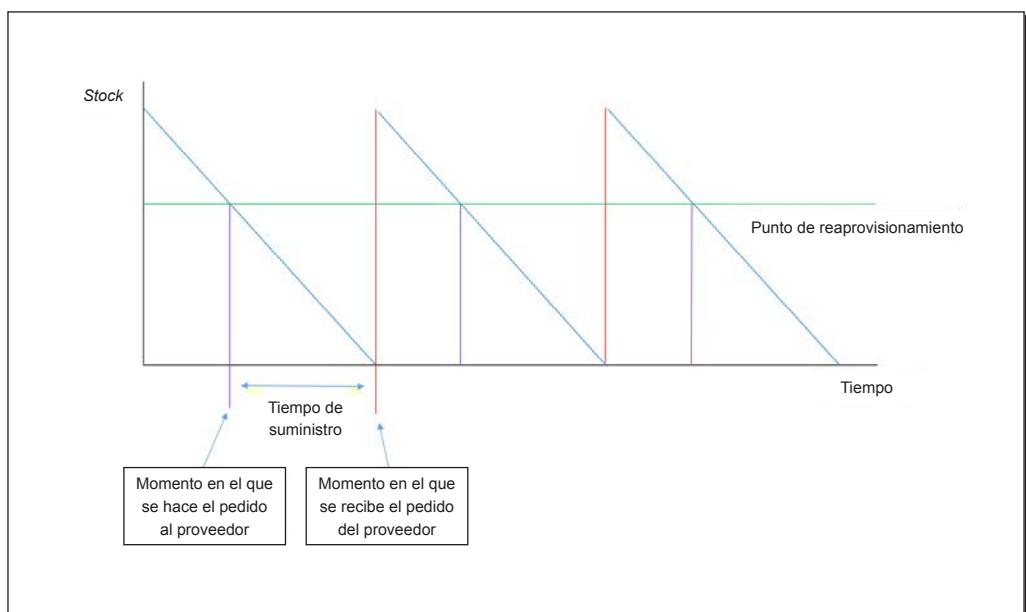
Para calcular el punto de reaprovisionamiento debemos diferenciar los artículos, dependiendo de los sistemas FOQ o FOC.

4.1. SISTEMAS DE CANTIDAD FIJA DE PEDIDO (FOQ)

4.1.1. Revisión continua

Supongamos que tenemos de un artículo un nivel de *stock* disponible de X unidades y que según pasa el tiempo vendemos unidades de dicho artículo, por lo que el *stock* va disminuyendo. Llega un momento en el que tenemos un nivel de *stock* disponible de Y unidades y decidimos hacer un pedido al proveedor, ya que Z (cantidad del punto de reaprovisionamiento) es superior a Y . Pasado un tiempo (*lead time*) el pedido llegará, se realizará la recepción y aumentará el nivel de *stock* disponible hasta otra vez X .

De forma gráfica:



La cantidad Z debe ser tal que nos dé tiempo a cubrir con ese *stock* la demanda en el *lead time* y, además, servir de *stock* de seguridad (un colchón) para cubrir los posibles imprevistos, es decir, las incertidumbres a las que nos podemos enfrentar. Entre estas podemos detectar la incertidumbre en el proceso de conocer la propia demanda, ya que no necesariamente tenemos por qué conocerla (o prever) exactamente, y la incertidumbre en el proceso de suministro (demoras de entrega por parte del proveedor, demoras en nuestros procesos internos de gestión de pedidos de compra, etc.).

Por lo que el punto de reaprovisionamiento se puede calcular de la siguiente forma:

Demanda promedio durante el *lead time* + *Stock* de seguridad para protegerse de la incertidumbre en el suministro + *Stock* de seguridad para protegerse de la incertidumbre en la demanda

Podemos calcular la demanda promedio durante el *lead time* de la siguiente manera [la demanda promedio puede ser la demanda media (suma de las demandas en un determinado número de períodos dividida entre el número de períodos) o la desviación estándar de la demanda]:

$$\text{Lead time} \times \text{Demanda promedio}$$

El *stock* de seguridad para cubrir la incertidumbre en el suministro lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$\text{Variación en el lead time} \times \text{Demanda promedio}$$

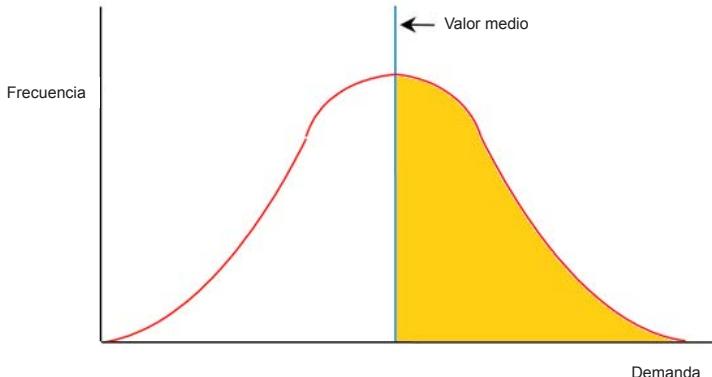
El *stock* de seguridad para cubrir la incertidumbre en la demanda lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Desviación estándar de la demanda} \times \text{Factor del nivel de servicio} \times \\ & \times \sqrt{(\text{Lead time medio} + \text{Variación en el lead time medio})} \end{aligned}$$

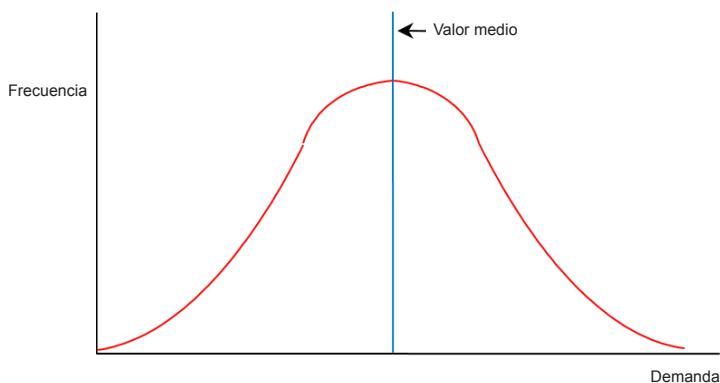
4.1.1.1. Factor de nivel de servicio

Se puede definir como la habilidad de satisfacer las demandas que exceden el promedio a un nivel especificado, es decir, el servicio que puede darse a los clientes.

La mayoría de los sistemas de inventario plantean como premisa que los artículos siguen una distribución de la demanda denominada «distribución normal», en la que la mayor parte de las demandas son cercanas a la media y la frecuencia de la demanda disminuye a medida que nos alejamos de la media.



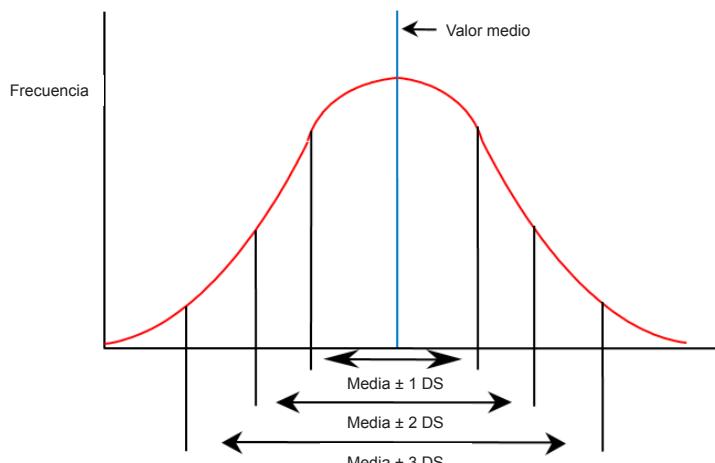
Desde el punto de vista de la gestión de inventarios solo nos interesan aquellas demandas que se encuentran por encima del nivel promedio, ya que cuando vayamos a decidir cuándo pedimos, el valor más simple para estimar es la media, y si pedimos, por lo menos pediremos hasta dicho valor. Es decir, las demandas por debajo del promedio las cumpliremos; lo difícil es establecer un límite para determinar qué porcentaje de la demanda se va a satisfacer y además mantener un equilibrio con los costes de mantener ese nivel de stock.



Estadísticamente se observa que:

- Aproximadamente, el 68 % de los casos estará entre la media \pm 1 desviación estándar.
- Aproximadamente, el 95 % de los casos estarán entre la media \pm 2 desviaciones estándar.
- Aproximadamente, el 99 % de los casos estarán entre la media \pm 3 desviaciones estándar.

De forma gráfica:



De tal forma que se ha llegado establecer la siguiente relación:

Número de desviaciones estándar alrededor de la media	La probabilidad de que una demanda individual exceda de la media aritmética más el valor de la desviación estándar	El porcentaje de protección en el nivel de servicio
0,00	0,50	50,0
0,52	0,30	70,0
.../...		

Número de desviaciones estándar alrededor de la media	La probabilidad de que una demanda individual exceda de la media aritmética más el valor de la desviación estándar	El porcentaje de protección en el nivel de servicio
<i>.../...</i>		
0,67	0,25	75,0
0,84	0,20	80,0
1,04	0,15	85,0
1,28	0,10	90,0
1,64	0,05	95,0
1,75	0,04	96,0
1,88	0,03	97,0
2,05	0,02	98,0
2,33	0,01	99,0
2,57	0,01	99,5
2,88	0,00	99,8
3,09	0,00	99,9

EJEMPLO 3

Calcular el punto de reaprovisionamiento para los siguientes datos:

	A	B
1	Demanda promedio	20 unidades/día
2	Lead time	10 días
3	Variación en el lead time	2 días
4	Factor de nivel de servicio para el 95 %	1,6
5	Desviación estándar de la demanda promedio	5

$B1 \times B2$	$B1 \times B3$	$B5 \times B4 \times \sqrt{(B2 + B3)}$	Suma	Redondear
200,00	40,00	28,41	268,41	268,00

El punto de reaprovisionamiento será de 268 unidades.

4.1.2. Sistema de dos depósitos

Es un sistema muy sencillo que consiste en almacenar el *stock* en dos depósitos. Cuando el *stock* del primero se gasta, entonces se hace el pedido de reaprovisionamiento. El *stock* del segundo depósito se utiliza durante el *lead time*.

Es la base del sistema de reaprovisionamiento en línea *Kanban*.

4.1.3. Stock de baja rotación

4.1.3.1. Stock de bajo valor y baja rotación

Lo más habitual en estos casos es comprar con poca frecuencia, entre una o dos veces al año.

4.1.3.2. Stock de alto valor y baja rotación

En estos casos, lo más habitual suele ser aplicar la política de «utilizo (vendo) uno, compro uno». Si en una transacción se venden dos unidades, entonces ambas serán reemplazadas.

Un caso especial podría ser el de los artículos de repuestos de fabricación con períodos de reposición bastante largos. Normalmente, en estos casos se suele tener un artículo de repuesto, ya que, por ejemplo, tener la producción parada por estar esperando una pieza de repuesto ocasiona un gran impacto económico.

4.1.3.3. Distribución de Poisson

Para los artículos de baja rotación se puede emplear el método de la distribución de Poisson. Este fue un matemático del siglo XIX que estudió la distribución estadística de los eventos que poseen una baja probabilidad de ocurrencia.

Las tablas de Poisson muestran la probabilidad de que ocurra un evento, por ejemplo, que un producto sea requerido en función de la demanda promedio del periodo.

A continuación se exponen dichas tablas:

m		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,0952	0,1813	0,2592	0,3297	0,3935	0,4512	0,5034	0,5507	0,5934	0,6321
	2	0,0047	0,0175	0,0369	0,0616	0,0902	0,1219	0,1558	0,1912	0,2275	0,2642
	3	0,0020	0,0011	0,0036	0,0079	0,0144	0,0231	0,0341	0,0474	0,0629	0,0803
	4		0,0001	0,0003	0,0008	0,0018	0,0034	0,0058	0,0091	0,0135	0,0190
	5				0,0001	0,0002	0,0004	0,0008	0,0014	0,0023	0,0037
	6							0,0001	0,0002	0,0003	0,0006
	7										0,0001

m		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,6671	0,6988	0,7275	0,7534	0,7769	0,7981	0,8173	0,8347	0,8504	0,8647
	2	0,3010	0,3374	0,3732	0,4082	0,4422	0,4751	0,5068	0,5372	0,5663	0,5940
	3	0,0996	0,1205	0,1429	0,1665	0,1912	0,2166	0,2428	0,2694	0,2963	0,3233
	4	0,0257	0,0338	0,0431	0,0537	0,0656	0,0788	0,0932	0,1087	0,1253	0,1429
	5	0,0054	0,0077	0,0107	0,0143	0,0186	0,0237	0,0296	0,0364	0,0441	0,0527
	6	0,0010	0,0015	0,0022	0,0032	0,0045	0,0060	0,0080	0,0104	0,0132	0,0166
	7	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0009	0,0013	0,0019	0,0026	0,0034	0,0045
	8			0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0006	0,0008	0,0011
	9							0,0001	0,0001	0,0002	0,0002

m		2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,8775	0,8892	0,8997	0,9093	0,9179	0,9257	0,9328	0,9392	0,9450	0,9502
	2	0,6204	0,6454	0,6691	0,6916	0,7127	0,7326	0,7513	0,7689	0,7854	0,8009
	3	0,3504	0,3773	0,4040	0,4303	0,4562	0,4816	0,5064	0,5305	0,5540	0,5768

.../...

m		2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
.../...											
r	4	0,1614	0,1806	0,2007	0,2213	0,2424	0,2640	0,2859	0,3081	0,3304	0,3528
	5	0,0621	0,0725	0,0838	0,0959	0,1088	0,1226	0,1371	0,1523	0,1682	0,1847
	6	0,0204	0,0249	0,0300	0,0357	0,0420	0,0490	0,0567	0,0651	0,0742	0,0839
	7	0,0059	0,0075	0,0094	0,0116	0,0142	0,0172	0,0206	0,0244	0,0287	0,0335
	8	0,0015	0,0020	0,0026	0,0033	0,0042	0,0053	0,0066	0,0081	0,0099	0,0119
	9	0,0003	0,0005	0,0006	0,0009	0,0011	0,0015	0,0019	0,0024	0,0031	0,0038
	10	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0004	0,0005	0,0007	0,0009	0,0011
	11					0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003
	12								0,0001	0,0001	

m		3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,9550	0,9592	0,9631	0,9666	0,9698	0,9727	0,9753	0,9776	0,9798	0,9817
	2	0,8153	0,8288	0,8414	0,8532	0,8641	0,8743	0,8838	0,8926	0,9008	0,9084
	3	0,5988	0,6201	0,6406	0,6603	0,6792	0,6973	0,7146	0,7311	0,7469	0,7619
	4	0,3752	0,3975	0,4197	0,4416	0,4634	0,4848	0,5058	0,5265	0,5468	0,5665
	5	0,2018	0,2194	0,2374	0,2558	0,2746	0,2936	0,3128	0,3322	0,3516	0,3712
	6	0,0943	0,1054	0,1171	0,1295	0,1424	0,1559	0,1699	0,1844	0,1994	0,2149
	7	0,0388	0,0446	0,0510	0,0579	0,0653	0,0733	0,0818	0,0909	0,1005	0,1107
	8	0,0142	0,0168	0,0198	0,0231	0,0267	0,0308	0,0352	0,0401	0,0454	0,0511
	9	0,0047	0,0057	0,0069	0,0083	0,0099	0,0117	0,0137	0,0160	0,0185	0,0214
	10	0,0014	0,0018	0,0022	0,0027	0,0033	0,0040	0,0048	0,0058	0,0069	0,0081
	11	0,0004	0,0005	0,0006	0,0008	0,0010	0,0013	0,0016	0,0019	0,0023	0,0028
	12	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0009
	13				0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003
	14								0,0001	0,0001	

m		4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,9834	0,9850	0,9864	0,9877	0,9889	0,9899	0,9909	0,9918	0,9926	0,9933
	2	0,9155	0,9220	0,9281	0,9337	0,9389	0,9437	0,9482	0,9523	0,9561	0,9596
	3	0,7762	0,7898	0,8026	0,8149	0,8264	0,8374	0,8477	0,8575	0,8667	0,8753
	4	0,5858	0,6046	0,6228	0,6406	0,6577	0,6743	0,6903	0,7058	0,7207	0,7350
	5	0,3907	0,4102	0,4296	0,4488	0,4679	0,4868	0,5054	0,5237	0,5418	0,5595
	6	0,2307	0,2469	0,2633	0,2801	0,2971	0,3142	0,3316	0,3490	0,3665	0,3840
	7	0,1214	0,1325	0,1442	0,1564	0,1689	0,1820	0,1954	0,2092	0,2233	0,2378
	8	0,0573	0,0639	0,0710	0,0786	0,0866	0,0951	0,1040	0,1133	0,1231	0,1334
	9	0,0245	0,0279	0,0317	0,0358	0,0404	0,0451	0,0503	0,0558	0,0618	0,0681
	10	0,0095	0,0111	0,0129	0,0149	0,0171	0,0195	0,0222	0,0251	0,0283	0,0381
	11	0,0034	0,0041	0,0048	0,0057	0,0067	0,0078	0,0090	0,0104	0,0120	0,0137
	12	0,0011	0,0014	0,0017	0,0020	0,0024	0,0029	0,0034	0,0040	0,0047	0,0055
	13	0,0003	0,0004	0,0005	0,0007	0,0008	0,0010	0,0012	0,0014	0,0017	0,0020
	14	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007
	15				0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
	16									0,0001	0,0001

m		5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
r	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	1	0,9945	0,9955	0,9963	0,9970	0,9975	0,9980	0,9983	0,9986	0,9989	0,9991
	2	0,9658	0,9711	0,9756	0,9794	0,9826	0,9854	0,9877	0,9897	0,9913	0,9927
	3	0,8912	0,9052	0,9176	0,9285	0,9380	0,9464	0,9537	0,9600	0,9656	0,9704
	4	0,7619	0,7867	0,8094	0,8300	0,8488	0,8658	0,8811	0,8948	0,9072	0,9182
	5	0,5939	0,6267	0,6579	0,6873	0,7149	0,7408	0,7649	0,7873	0,8080	0,8270
	6	0,4191	0,4539	0,4881	0,5217	0,5543	0,5859	0,6163	0,6453	0,6730	0,6993

.../...

m		5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
.../...											
r	7	0,2676	0,2983	0,3297	0,3616	0,3957	0,4258	0,4577	0,4892	0,5201	0,5503
	8	0,1551	0,1783	0,2030	0,2290	0,2560	0,2840	0,3127	0,3419	0,3715	0,4013
	9	0,0819	0,0974	0,1143	0,1328	0,1528	0,1741	0,1967	0,2204	0,2452	0,2709
	10	0,0397	0,0488	0,0591	0,0708	0,0839	0,0984	0,1142	0,1314	0,1498	0,1695
	11	0,0177	0,0225	0,0282	0,0349	0,0426	0,0514	0,0614	0,0726	0,0849	0,0985
	12	0,0073	0,0096	0,0125	0,0160	0,0201	0,0250	0,0307	0,0375	0,0448	0,0534
	13	0,0028	0,0038	0,0051	0,0068	0,0088	0,0113	0,0143	0,0179	0,0221	0,0270
	14	0,0010	0,0014	0,0020	0,0027	0,0036	0,0048	0,0063	0,0080	0,0102	0,0128
	15	0,0003	0,0005	0,0007	0,0010	0,0014	0,0019	0,0026	0,0034	0,0044	0,0057
	16	0,0001	0,0002	0,0002	0,0004	0,0005	0,0007	0,0010	0,0014	0,0018	0,0024
	17		0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0007	0,0010
	18					0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004
	19								0,0001	0,0001	0,0001

En donde:

m = Demanda promedio por periodo. En la tabla de Poisson, el valor máximo de la demanda es de 8, ya que con más de esa cantidad se considera que la probabilidad no puede ser medida.

r = Eventos aleatorios.

Cada línea en las tablas muestra la probabilidad de (N) o más. Por eso, las tablas no contienen valores negativos, y por eso también para $r = 0$, independientemente del valor de m , todos los valores son siempre 1,000. Esto se lee de la siguiente manera: «La probabilidad de 0 o más eventos es certidumbre», ya que en la teoría de probabilidades la certidumbre se describe como tener una probabilidad de 1.

La probabilidad que ocurra un evento H es:

$$\text{Probabilidad de } H \text{ o más} - \text{Probabilidad de } (H + 1) \text{ o más}$$

Vamos a ver con un ejemplo cómo se utilizan estas tablas.

EJEMPLO 4

Suponemos que tenemos una demanda promedio de 1,5 y queremos saber la probabilidad de tener una demanda de 0. Dicha probabilidad se calcula de la siguiente manera:

Seleccionamos la tabla para $m = 1,5$.

m		1,5
r	0	1,0000
	1	0,7769
	2	0,4422
	3	0,1912
	4	0,0656
	5	0,0186
	6	0,0045
	7	0,0009
	8	0,0002
	9	

La probabilidad de 0 o más = 1,000.

La probabilidad de 1 o más = 0,7769.

Por lo tanto, la probabilidad de tener una demanda de 0 es $1,000 - 0,7769 = 0,2231$, es decir, del 22,31 %.

Los cálculos anteriores pueden también expresarse en términos del número de semanas en las cuales ocurrió cada valor individual de demanda durante todo el periodo de tiempo para el que se calculó el promedio. Suponiendo 52 semanas, tendremos:

.../...

.../...

					Semanas
1,000	0,7769	0,2231	22,31	11,6012	12
0,7769	0,4422	0,3347	33,47	17,4044	17
0,4422	0,1912	0,2510	25,10	13,052	13
0,1912	0,0656	0,1256	12,56	6,5312	7
0,0656	0,0186	0,0470	4,70	2,444	2
0,0186	0,0045	0,0141	1,41	0,7332	1
0,0045	0,0009	0,0036	0,36	0,1872	0
0,0009	0,0002	0,0007	0,07	0,0364	0
0,0002	0,0000	0,0002	0,02	0,0104	0
					52

También se puede utilizar para determinar la probabilidad de ocurrencia de la demanda total sobre un *lead time* especificado, dada la demanda promedio. Por ejemplo, para la misma demanda promedio de 1,5, ¿cuál es la probabilidad de que la demanda total durante el *lead time* exceda de 3? ¿Y de 4?

m		1,5
r	0	1,0000
	1	0,7769
	2	0,4422
	3	0,1912
	4	0,0656
	5	0,0186
	6	0,0045
	7	0,0009
	8	0,0002
	9	

.../...

.../...

La probabilidad de que la demanda exceda de 3 es igual a la probabilidad de que haya una demanda de 4 o más = 0,0656 o del 6,56 %.

La probabilidad de que la demanda exceda de 4 es igual a la probabilidad de que haya una demanda de 5 o más = 0,0186 o del 1,86 %.

Podemos calcular el nivel de servicio dado para cada punto de reaprovisionamiento de la siguiente manera:

- Demanda promedio por periodo: 0,4.
- Periodos de *lead time*: 4,0.
- Objetivo en el nivel de servicio: 95 %.
- Demanda promedio en el *lead time*: $0,4 \times 4,0 = 1,6$.

Seleccionamos la tabla $m = 1,6$.

m		1,6
r	0	1,0000
	1	0,7981
	2	0,4751
	3	0,2166
	4	0,0788
	5	0,0237
	6	0,0060
	7	0,0013
	8	0,0003
	9	

La probabilidad, por ejemplo, de que se demanden 3 artículos es:

$$\begin{aligned}
 &\text{Probabilidad de 3 o más} && 0,2166 (21,66 \%) \\
 &- \text{Probabilidad de 4 o más} && 0,0788 (7,88 \%) \\
 &= \text{Probabilidad de demanda de 3 artículos} && 0,1378 (13,78 \%)
 \end{aligned}$$

.../...

.../...

Calculamos el número de veces que puede tener rotura de stock durante el *lead time* para cada uno de los límites máximos de stock. Para ello seleccionamos un punto de reaprovisionamiento. Despues, calculamos la probabilidad de ocurrencia de cada una de las diferentes demandas que excedan el punto de reaprovisionamiento. Así, si el punto de reaprovisionamiento seleccionado es 3, debemos calcular la probabilidad de que este sea excedido por 1, 2, 3, y así sucesivamente.

$$\begin{aligned}
 & (3 - 2) \times \text{probabilidad de 3} (\text{véase la tabla anterior}) \\
 & = (3 - 2) \times 0,1378 = 0,1378 \\
 & + (4 - 2) \times 0,0551 = 0,1102 \\
 & + (5 - 2) \times 0,0177 = 0,0531 \\
 & + (6 - 2) \times 0,0047 = 0,0188 \\
 & + (7 - 2) \times 0,0010 = 0,0050
 \end{aligned}$$

Sumando todos los valores obtenemos la rotura promedio de inventario: 0,3249.

Con un punto de reaprovisionamiento de 3 se repite el cálculo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & (4 - 3) \times 0,0551 = 0,0551 \text{ (Probabilidad de 4)} \\
 & (5 - 3) \times 0,0177 = 0,0354 \\
 & (6 - 3) \times 0,0047 = 0,0141 \\
 & (7 - 3) \times 0,0010 = 0,0040
 \end{aligned}$$

Sumando todos los valores obtenemos la rotura promedio de inventario: 0,1086.

Calculamos el nivel de servicio dado para cada punto de reaprovisionamiento de la siguiente manera:

$$1 - (\text{Rotura promedio de inventario}/\text{Demanda promedio durante el lead time}) \times 100$$

Con un punto de reaprovisionamiento de 2:

$$1 - (0,3249/1,6 \times 100) = 79,69 \%$$

Con un punto de reaprovisionamiento de 3, el cálculo sería:

$$1 - (0,1086/1,6 \times 100) = 93,2 \%$$

.../...

.../...

Continuando con el resto de puntos obtendríamos la siguiente tabla:

Punto de reaprovisionamiento	% nivel de servicio
2	79,69
3	93,21
4	98,12
5	99,58
6	99,94

4.2. SISTEMAS DE CICLO FIJO DE PEDIDO (FOC)

4.2.1. Revisión periódica

El sistema de revisión periódica consiste en revisar el nivel de *stock* disponible fijando unos periodos para ello (diario, semanal, quincenal, mensual, etc.). Durante ese transcurso de tiempo no se revisa el *stock* y, por ello, surge una incertidumbre más, que son los imprevistos que puedan pasar durante ese periodo en el que no se revisa el nivel de *stock* disponible. Como mínimo, habrá que tener en cuenta el *stock* que se consumirá en dicho periodo. Ahora, el cálculo se basa en hallar el nivel máximo de *stock* para cubrir durante ese periodo todas las incertidumbres.

El nivel máximo de *stock* se puede calcular de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Demanda promedio durante el } lead\ time + \text{ El periodo de revisión} + \\ & + Stock \text{ de seguridad para protegerse de la incertidumbre en el } lead\ time + \\ & + Stock \text{ de seguridad para protegerse de la incertidumbre en la demanda} \end{aligned}$$

Podemos calcular la demanda promedio durante el *lead time* y el periodo de revisión de la siguiente manera [la demanda promedio puede ser la demanda media (suma de las

demandas en un determinado número de períodos dividida por el número de períodos) o la desviación estándar de la demanda]:

$$(Lead time medio + Período de revisión) \times Demanda promedio$$

El *stock* de seguridad para cubrir la incertidumbre en el suministro lo podemos calcular así:

$$\text{Variación en el lead time} \times \text{Demanda promedio}$$

El *stock* de seguridad para cubrir la incertidumbre en la demanda lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$\text{Desviación estándar de la demanda} \times \text{Factor del nivel de servicio} \times$$

$$\times \sqrt{(Lead time medio + Período de revisión + Variación en el lead time medio)}$$

EJEMPLO 5

Calcular el *stock* máximo según los datos siguientes:

	A	B
1	Demanda promedio	20 unidades/día
2	<i>Lead time</i>	10 días
3	Variación en el <i>lead time</i>	2 días
4	Factor de nivel de servicio para el 95 %	1,6
5	Desviación estándar de la demanda promedio	5
6	Período de revisión	5 días

$B1 \times (B2 + B6)$	$B1 \times B3$	$B5 \times B4 \times \sqrt{(B2 + B6 + B3)}$	Suma	Redondear
300,00	40,00	33,81	373,81	374,00

El *stock* máximo es de 374 unidades.

4.2.1.1. Sistema de límite máximo

En este sistema se revisa el *stock* y se realizan pedidos de reaprovisionamiento utilizando un periodo de tiempo constante.

Lógicamente, este periodo puede ser diferente en función del artículo o grupo de artículos. Por ejemplo, si nos basamos en el análisis ABC de los productos podríamos establecer uno de los siguientes criterios:

Clase de artículos	Periodo de revisión
A	Diaria
B	2 veces a la semana
C	Mensual

Clase de artículos	Periodo de revisión
A	Semanal
B	Quincenal
C	Trimestral

Otra forma de establecer los periodos de revisión es empleando la siguiente fórmula:

$$(EOQ \text{ (cantidad de pedido)}/\text{Demanda total anual}) \times 52$$

EJEMPLO 6

- Demanda anual: 26.000 unidades
- Cantidad de pedido (EOQ): 2.000 unidades
- Periodos de revisión (semanas): $(2.000/26.000) \times 52 = 4$

Y otra sería calculando el nivel máximo de *stock* como en el sistema de revisión periódica, es decir, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Demanda promedio durante el } lead time + \\ & + Stock \text{ de seguridad para protegerse de la incertidumbre en el suministro} + \\ & + Stock \text{ de seguridad para protegerse de la incertidumbre en la demanda} \end{aligned}$$

O detallando:

$$\begin{aligned}
 & (\text{Lead time medio} + \text{Periodo de revisión}) \times \text{Demanda promedio} + \\
 & + (\text{Variación en el lead time medio} \times \text{Demanda promedio}) + \\
 & + ((\text{Desviación estándar de la demanda} \times \text{Factor nivel de servicio} \times \\
 & \times \sqrt{(\text{Lead time medio} + \text{Periodo de revisión} + \text{Variación en el lead time medio})})
 \end{aligned}$$

4.2.1.2. Sistema de pedido «mínimo-máximo»

Se basa en revisar el nivel de *stock* disponible a intervalos de tiempo definidos, pero en el que no se realiza un pedido en cada revisión. Es decir, implica una reducción en el número de pedidos frente al sistema de límite máximo.

En este sistema, el nivel de *stock* mínimo se calcula de la misma forma en la que se calcula el nivel máximo de *stock* del sistema de revisión periódica con límite máximo que acabamos de ver.

Cuando se revisa, si los niveles de *stock* están por encima del mínimo, no se reabre el pedido. Si, por el contrario, el *stock* está en, o por debajo, del mínimo, se hará un pedido.

5. CUÁNTO PEDIR

Otra de las responsabilidades de la gestión de inventarios es decidir cuánto hay que pedir.

5.1. SISTEMAS DE CANTIDAD FIJA DE PEDIDO (FOQ)

Esta decisión de cuánto pedir se suele tomar en función del equilibrio entre los costes de pedir y los costes de almacenar. Normalmente, cuanto mayor sea la cantidad comprada, menor será el precio unitario pero el coste de almacenamiento será mayor. Si compramos poca cantidad, el coste de almacenamiento será menor pero el coste de compra aumentará y también lo hará el coste de hacer los pedidos, ya que se hará más cantidad de ellos.

5.1.1. Revisión continua

5.1.1.1. EOQ

En 1913, la Westinghouse Corporation de Estados Unidos construyó un modelo que aún hoy en día sigue estando vigente. Se denomina fórmula de Wilson o EOQ (*economic order quantity*, cantidad económica de pedido).

El modelo considera dos costes:

- **Coste promedio de hacer un pedido.** Los costes de hacer un pedido incluyen los costes asociados:

Si es a un proveedor:

- Al proceso de decisión de hacer el pedido (identificación del momento de realizar el pedido, equipos y mano de obra).
- A la planificación y control de los pedidos.
- Al proceso de recepcionar la mercancía y los costes administrativos.

Si se trata de pedidos internos relacionados con la producción, además de los anteriores relacionados con la materia prima, habrá que incluir, por ejemplo, los asociados a preparación y cambios en las líneas de producción, desperdicios, etc.

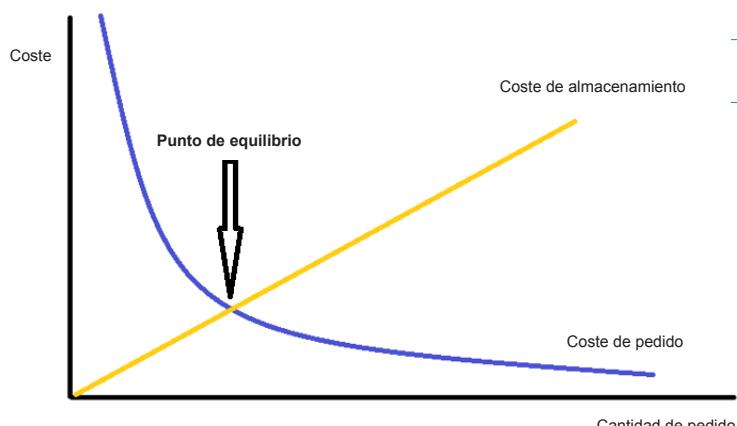
A la hora de establecer el coste de hacer un pedido hay que considerar lo siguiente:

- Se trata de un proceso complejo.
- Muchos productos pueden ser pedidos en un solo documento de pedido, por lo que el coste por línea de pedido podría ser utilizado como una estimación del coste de pedido.
- Los costes de pedido y recepción pueden ser muy diferentes para cada una de las SKU (*stock keeping units*, unidades críticas de inventario). Por ejemplo, todos aquellos productos que necesiten un control de calidad exhaustivo en la recepción; este suele ser costoso e impacta mucho en el coste por pedido.
- Aquellas mejoras que hagan que los procesos de realizar pedidos y recepcionarlos sean más eficaces y eficientes (RFID, EDI, etc.) lógicamente reducirán los costes.

- **Coste promedio de almacenamiento de existencias.** Se trata también de un proceso costoso. Y se suelen incluir los costes asociados:
 - Al almacenaje.
 - A intereses sobre el capital.
 - A impuestos, seguros, etc.
 - A los costes surgidos por deterioro, desechos y obsolescencia.

Debido a su costoso cálculo se suele expresar como un porcentaje del coste unitario del artículo y suele estar entre el 15-30% del coste unitario del artículo.

De esta manera se calcula el equilibrio entre estos dos costes. De forma gráfica:



EJEMPLO 7

Para un artículo con los siguientes datos:

- Demanda anual: 3.000.
- Coste unitario: 12.
- Coste promedio de pedido: 20.
- Coste promedio de almacenamiento: 25 %.

.../...

.../...

Los cálculos serían:

Número de pedidos por año	Cantidad pedida	Coste promedio de existencias	Coste de pedido	Promedio de existencias	Coste de almacenamiento	Coste total
A	B	C = B/2	D = A × 20	E = C × 12	F = E × 25 %	G = D + F
1	3.000	1.500	20	18.000,00	4.500,00	4.520,00
2	1.500	750	40	9.000,00	2.250,00	2.290,00
3	1.000	500	60	6.000,00	1.500,00	1.560,00
4	750	375	80	4.500,00	1.125,00	1.205,00
5	600	300	100	3.600,00	900,00	1.000,00
6	500	250	120	3.000,00	750,00	870,00
7	429	214	140	2.571,43	642,86	782,86
8	375	188	160	2.250,00	562,50	722,50
9	333	167	180	2.000,00	500,00	680,00
10	300	150	200	1.800,00	450,00	650,00
11	273	136	220	1.636,36	409,09	629,09
12	250	125	240	1.500,00	375,00	615,00
13	231	115	260	1.384,62	346,15	606,15
14	214	107	280	1.285,71	321,43	601,43
15	200	100	300	1.200,00	300,00	600,00
16	188	94	320	1.125,00	281,25	601,25
17	176	88	340	1.058,82	264,71	604,71
18	167	83	360	1.000,00	250,00	610,00
19	158	79	380	947,37	236,84	616,84
20	150	75	400	900,00	225,00	625,00
...

Se puede observar que existe un punto de inflexión en los costes totales, de tal forma que, a partir de 15 pedidos al año, los costes totales aumentan.

La fórmula para el cálculo de EOQ es:

$$\text{Cantidad económica de pedido} = \sqrt{\frac{2RS}{CI}}$$

Donde:

R = Demanda anual.

S = Coste de pedido.

C = Coste unitario.

I = Porcentaje de costes de almacenamiento.

EJEMPLO 8

Si utilizamos los datos anteriores:

- Demanda anual: 3.000.
- Coste unitario: 12.
- Coste promedio de pedido: 20.
- Coste promedio de almacenamiento: 25 %.

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{(2 \times 2.000 \times 20)}{(10 \times 0,25)}} = \sqrt{\frac{120.000}{3}} = 200$$

Según el modelo, si se trabaja con un sistema de revisión continua se determina la cantidad que debe ser pedida en el momento de alcanzar el punto de reaprovisionamiento, y si se trabaja con un sistema de revisión periódica, se determina la frecuencia con la cual deben realizarse los pedidos.

5.1.1.2. Periodo de cobertura

Una forma alternativa de emplear el modelo de EOQ es utilizar el gasto promedio mensual como base para decidir cuántos meses de cobertura debemos tener al realizar una orden de reaprovisionamiento.

La información básica es similar a la que ya consideramos en el modelo de EOQ:

S = Coste de hacer un pedido.

I = Coste de almacenamiento, expresado como un porcentaje.

M = Gasto mensual promedio de un SKU individual.

La primera parte de la fórmula necesita el cálculo de un valor que puede ser aplicado a un rango de productos que tengan costes de compra y almacenamiento similares. Ese valor lo llamamos K , y lo calculamos de la siguiente forma:

$$\text{Meses de cobertura} = \sqrt{\frac{12 \times 2 \times S}{I \times M}}$$

Así, para $S = 20$, I de 0,25 (25 %) y $M = 10$, el valor de K sería de 13,8 meses de cobertura.

De tal forma que con un gasto anual de 120 euros por año, el artículo podría comprarse aproximadamente una vez por año.

5.1.1.3. Análisis de cobertura

El análisis de cobertura es un método alternativo que puede ser empleado para calcular una cantidad fija de pedido. La principal ventaja que tiene este método es que para calcularlo no necesitamos el coste promedio por pedido. Por lo tanto, evitamos los problemas que teníamos para poder determinar este coste.

Esta técnica puede utilizarse también para comparar las políticas existentes de inventario con otra nueva, debido a la utilización de la inversión en stock como criterio principal.

El proceso se realiza en dos pasos:

- **Paso 1.** Establecer la política de pedidos óptima haciendo el mismo número total de pedidos que se hacen actualmente.
- **Paso 2.** Ajustar el número de pedidos para minimizar el coste total.

Vamos a verlo con un ejemplo:

EJEMPLO 9

Tenemos 5 artículos (A) con unos costes (B), demandas anuales (C) y unos valores de las demandas ($D = B \times C$).

Se calcula la raíz cuadrada del valor de la demanda (E) con el fin de reducir el rango de valores; así nos intentamos asegurar de que incluso para los artículos que tienen un valor anual bajo tendremos recursos de compra asignados.

Hay una serie de pedidos al año para cada artículo (F).

Artículo	Coste artículo	Demandanual	Valor demanda	Raíz cuadrada del valor	Pedidos/año
A	B	C	$D = B \times C$	$E = \sqrt{D}$	F
1	1,00	300	300	17,32	10
2	5,00	1.000	5.000	70,71	5
3	0,20	10.000	2.000	44,72	40
4	50,00	200	10.000	100,00	5
5	75,00	50	3.750	61,24	2
				293,99	62

Paso 1

Asumimos que actualmente se está haciendo un total de 62 pedidos.

Calculamos el valor promedio del *stock* para cada artículo; para ello, primero hacemos el cálculo de las columnas G , H y, finalmente, I .

.../...

.../...

Artículo	Coste artículo	Demanda anual	Valor demanda	Raíz cuadrada del valor	Pedidos/año	Cantidad de pedido promedio	Stock promedio (cantidad de pedido/2)	Valor promedio stock €
A	B	C	D = B × C	E = \sqrt{D}	F	G = C/F	H = G/2	I = H × B
1	1,00	300	300	17,32	10	30	15	15,00
2	5,00	1.000	5.000	70,71	5	200	100	500,00
3	0,20	10.000	2.000	44,72	40	250	125	25,00
4	50,00	200	10.000	100,00	5	40	20	1.000,00
5	75,00	50	3.750	61,24	2	25	12,50	937,50
				293,99	62	545	273	2.477,50

Calculamos un nuevo número de pedidos al año, es decir, calculamos la columna *H*.

Artículo	Coste artículo	Demanda anual	Valor demanda	Raíz cuadrada del valor	Pedidos/año	Cantidad de pedido promedio	Stock promedio (cantidad de pedido/2)	Valor promedio stock €	Nuevos pedidos óptimos/año
A	B	C	D = B × C	E = \sqrt{D}	F	G = C/F	H = G/2	I = H × B	J (E individual/ Total E) × × Total F
1	1,00	300	300	17,32	10	30	15	15,00	3,65
2	5,00	1.000	5.000	70,71	5	200	100	500,00	14,91
3	0,20	10.000	2.000	44,72	40	250	125	25,00	9,43
4	50,00	200	10.000	100,00	5	40	20	1.000,00	21,09
5	75,00	50	3.750	61,24	2	25	12,50	937,50	12,91
				293,99	62	545	273	2.477,50	62,00

Y en función de este nuevo cálculo de pedidos volvemos a calcular el nuevo valor promedio de stock.

.../...

.../...

Artículo	Coste artículo	Demanda anual	Valor demanda	Raíz cuadrada del valor	Nuevos pedidos óptimos/año	Nueva cantidad de pedido promedio	Nuevo stock promedio (nueva cantidad de pedido/2)	Nuevo valor promedio del stock
A	B	C	D = B × C	E = \sqrt{D}	J (C individual/ Total E) × Total F	K = C/J	L = K/2	M = L × B
1	1,00	300	300	17,32	3,65	82,13	41,06	41,06
2	5,00	1.000	5.000	70,71	14,91	67,06	33,53	167,65
3	0,20	10.000	2.000	44,72	9,43	1.060,29	530,15	106,03
4	50,00	200	10.000	100,00	21,09	9,48	4,74	237,09
5	75,00	50	3.750	61,24	12,91	3,87	1,94	145,19
				293,99	62,00	1.222,84	611,42	697,02

Ahora comparamos los valores promedios de *stock*, antiguos y nuevos.

Artículo	Pedidos/año	Valor promedio stock €	Nuevos pedidos óptimos/año	Nuevo valor promedio del stock	Propuesta de ahorro en costes
A	F	I = H × B	J (E individual/ Total E) × Total F	M = L × B	N = I - M
1	10	15,00	3,65	41,06	-26,06
2	5	500,00	14,91	167,65	332,35
3	40	25,00	9,43	106,03	-81,03
4	5	1.000,00	21,09	237,09	762,91
5	2	937,50	12,91	145,19	792,31
	62	2.477,50	62,00	697,02	1.780,48

Paso 2

El número óptimo de pedidos por año del rango de artículos se establece empleando un proceso iterativo, con el fin de determinar el coste mínimo total.

.../...

.../...

- Artículo 1.

- El número total de pedidos por año incrementa de 3,65 a 7,3. El coste total será de 20,55 euros.
- El número total de pedidos por año disminuye de 3,65 a 1,83. El coste total será de 81,97 euros.

- Artículo 2.

- El número total de pedidos por año incrementa de 14,92 a 29,84. El coste total será de 83,78 euros.
- El número total de pedidos por año disminuye de 14,92 a 7,46. El coste total será de 335,12 euros.

Artículo	Pedidos/año	Valor promedio stock €	Nuevos pedidos óptimos/año	Nuevo valor promedio del stock	Propuesta de ahorro en costes
A	F	I = H × B	J (E individual/ Total E) × Total F	M = L × B	N = I - M
1	10	15	3,65	41,06	- 26,06
2	5	500	14,91	167,65	332,35
1	10	15	7,31	20,53	- 5,53
2	5	500	29,82	83,82	416,18
1	10	15	1,83	81,97	- 66,97
2	5	500	7,46	335,12	164,88

5.2. SISTEMAS DE CICLO FIJO DE PEDIDO (FOC)

5.2.1. Sistema de límite máximo

La cantidad pedida en cada reaprovisionamiento será establecida de la siguiente manera:

$$\text{Stock máximo} - \text{Stock disponible}$$

5.2.2. Sistema de pedido «mínimo-máximo»

Si se hace un pedido, se hace de tal forma que se alcance un nivel máximo preestablecido, el cual se calcula de la siguiente forma:

Nivel máximo = Nivel de stock mínimo – (1/2 × Demanda promedio en un periodo de revisión) + Cantidad de pedido de la fórmula EOQ

EJEMPLO 10

- Tiempo de suministro: 2 semanas.
- Intervalos de revisión: 1 semana.
- Demanda promedio: 50.
- Stock de seguridad: 70.
- EOQ calculada: 500.

Nivel mínimo de stock = (Demanda promedio en el *lead time* y periodo de revisión) + Stock de seguridad

Nivel mínimo de stock = (Demanda promedio × (*Lead time* + Periodo de revisión)) + Stock de seguridad

$$\text{Nivel mínimo de stock} = ((2 + 1) \times 50) + 70 = 220$$

Nivel máximo de stock = Nivel de stock mínimo – (1/2 × Demanda promedio en un periodo de revisión) + Cantidad de pedido de la fórmula EOQ

$$\text{Nivel máximo de stock} = 220 - (0,5 \times 50) + 500 = 695$$

Si, en la revisión, el stock disponible es menor que 220, entonces debe hacerse un pedido para alcanzar un total de 695 unidades.

Si, por ejemplo, tuviéramos un stock disponible de 150, como está por debajo de 220 haríamos un pedido y la cantidad que habría que pedir sería $695 - 150 = 545$ unidades.

6. EVALUACIÓN Y DESEMPEÑO EN LA GESTIÓN DE INVENTARIO

Uno de los principales objetivos del proceso de gestión de inventarios es reducir las cantidades de inventario sin reducir los niveles de servicio al cliente.

A continuación se exponen los KPI más habituales para la gestión de inventarios:

- **Índice de rotación de existencias.**

$$\text{Valor (número de veces)} = \frac{\text{Ventas (€)}}{\text{Inventario promedio (€)}}$$

- *Definición.* Proporción entre las ventas y las existencias promedio en un periodo. Indica el número de veces que el capital invertido en lo comprado se recupera con lo vendido.
- *Objetivo.* Control de la calidad de los artículos expedidos en el almacén.
- *Notas.*
 - A nivel global, a nivel artículo, a nivel SKU.
 - Elevado índice de rotación contra EOQ.
 - Coeficiente de rentabilidad = margen × IR.
- *Unidades.* En unidades físicas o en unidades monetarias. El valor se expresa en unidades (número de veces por periodo).
- *Frecuencia.* Mensual, anual.

- **Cobertura de stock (duración del inventario).**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Inventario final (€)}}{\text{Ventas promedio (€)}} \times 30$$

- *Definición.* Proporción entre el inventario final y las ventas promedio de un periodo.
- *Objetivo.* Control de cuántas veces dura el inventario que se tiene, es decir, los días de inventario disponible de la mercancía almacenada.

- *Notas.* A nivel global, a nivel familia, a nivel artículo, a nivel SKU.
- *Unidades.* En unidades físicas o en unidades monetarias. El valor se expresa en días.
- *Frecuencia.* Mensual, acumulados.

- **Antigüedad del inventario.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Número de unidades no disponibles}}{\text{Número total de unidades disponibles}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje de artículos no disponibles en relación con el total de artículos en el inventario.
- *Objetivo.* Control del nivel de mercancía no disponible en el inventario.
- *Notas.* A nivel global o especificando: obsoletos, deteriorados, caducadas.
- *Unidades.* El valor se expresa en porcentaje.
- *Frecuencia.* Mensual, acumulados.

- **Valor económico del inventario.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Valor de las ventas a precio de coste (€)}}{\text{Valor del inventario a precio de coste (€)}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje del coste de las ventas en relación con el coste del inventario físico.
- *Objetivo.* Control del valor del inventario, es decir, controlar el nivel del stock almacenado en relación con el stock que se ha vendido.
- *Unidades.* El valor se expresa en porcentaje.
- *Frecuencia.* Mensual, acumulados.

- **Exactitud del inventario.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Número de referencias con diferencias en conteo inventario}}{\text{Número total de referencias en conteo inventario}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje del número de referencias con diferencias al contar el inventario en relación con el número total de referencias en el conteo.
- *Objetivo.* Control de la exactitud de los inventarios, es decir, diferencias entre el inventario físico y el lógico.
- *Unidades.* En unidades físicas y/o unidades monetarias. El valor se expresa en porcentaje.
- *Frecuencia.* En función del conteo, acumulado.

- **Error en la previsión.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Cantidad demandada} - \text{Cantidad prevista}}{\text{Cantidad demandada}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje de la diferencia entre la cantidad prevista de la demanda y la cantidad demandada real en relación con la cantidad demandada real.
- *Objetivo.* Control de la exactitud y calidad de las previsiones de la demanda.
- *Notas.* En función de la demanda real o la demanda servida.
- *Unidades.* En unidades físicas (kilogramos, cajas, palés, etc.).
- *Frecuencia.* Semanal, acumulados.

- **Error en la planificación.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Nivel real de inventario}}{\text{Nivel planificado de inventario}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje del nivel de inventario real frente al nivel planificado de inventario para un periodo.
- *Objetivo.* Control de la desviación en inventarios en relación con lo planificado para un periodo.
- *Unidades.* En unidades físicas y/o unidades monetarias.
- *Frecuencia.* Mensual.

- **Nivel de roturas de stock (*out of stocks*).**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Número de referencias sin existencias}}{\text{Número total de referencias}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje de referencias sin *stock* en relación con el total de referencias utilizadas.
- *Objetivo.* Control del nivel de prestación de servicio a nivel de disponibilidad de *stock*.
- *Notas.* Por tipología ABC en función del consumo, valor, etc.
- *Unidades.* Unidades físicas. El valor se expresa en porcentaje.
- *Frecuencia.* Diaria.

- **Nivel de obsolescencia.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Valor del inventario obsoleto}}{\text{Valor total del inventario}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje de productos obsoletos.
- *Objetivo.* Control del gasto debido a la obsolescencia.
- *Notas.* Se puede calcular según: materias primas, material en curso y productos terminados.
- *Unidades.* En unidades monetarias.
- *Frecuencia.* Mensual, trimestral, anual.

- **Nivel del servicio del stock.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Número de unidades entregadas}}{\text{Número total de unidades que entregar}} \times 100$$

- *Definición.* Porcentaje entre la cantidad de productos reales entregados del *stock* y la cantidad total de productos solicitados para ser entregados.

- *Objetivo.* Control del nivel de eficacia en la planificación de inventarios.
- *Notas.* Suele utilizarse en número de envíos, número de pedidos, número de líneas de pedido, cantidades, etc.
- *Unidades.* Unidades físicas.
- *Frecuencia.* Mensual.

- **Número de roturas de stocks.**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Número de roturas de stock}}{\text{Cantidad total servida}}$$

- *Definición.* Ratio entre el número de roturas de stock de un producto (SKU) y la cantidad total servida de ese producto.
- *Objetivo.* Control de la no disponibilidad de un producto.
- *Notas.* Suele hacerse a nivel de producto terminado, semielaborado, SKU, familia, etc. También, a nivel cliente externo e interno; en este caso, se suele hacer por número de pedidos, número de líneas de pedido, familia, etc.
- *Unidades.* Unidades físicas.
- *Frecuencia.* Mensual.

7. TICS APLICADAS A LA GESTIÓN DE STOCKS

7.1. ERP (*ENTERPRISE RESOURCE PLANNING*)

Los sistemas de planificación de recursos de la empresa (ERP, *enterprise resource planning*) son sistemas de gestión de información que integran y automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

Se caracterizan por estar compuestos por diferentes partes integradas en una única aplicación. Estas partes son de diferente uso, por ejemplo: producción, ventas, compras, logística, contabilidad (de varios tipos), gestión de proyectos, GIS (sistema de información geográfica), inventarios y control de almacenes, pedidos, nóminas, etc.

7.1.1. Objetivos principales de los sistemas ERP

El propósito fundamental de un ERP es otorgar apoyo a los clientes del negocio, tiempos rápidos de respuesta a sus problemas, así como un eficiente manejo de información que permita la toma oportuna de decisiones y disminución de los costes totales de operación.

- Optimización de los procesos empresariales.
- Acceso a toda la información de forma confiable, precisa y oportuna (integridad de datos).
- Posibilidad de compartir información entre todos los componentes de la organización.
- Eliminación de datos y operaciones innecesarias de reingeniería.

7.1.2. Características de los sistemas ERP

La característica que distingue a un ERP de cualquier otro *software* empresarial es que deben de ser sistemas integrales, con modularidad y adaptables:

- **Integrales.** Permiten controlar los diferentes procesos de la compañía entendiendo que todos los departamentos de una empresa se relacionan entre sí, es decir, que el resultado de un proceso es punto de inicio del siguiente.
- **Modulares.** Entienden que una empresa es un conjunto de departamentos que se encuentran interrelacionados por la información que comparten y que se genera a partir de sus procesos. Una ventaja de los ERP, tanto económica como técnica, es que la funcionalidad se encuentra dividida en módulos, los cuales pueden instalarse de acuerdo con los requerimientos del cliente; por ejemplo: ventas, materiales, finanzas, control de almacén, recursos humanos, etc.
- **Adaptables.** Están creados para adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa. Esto se logra por medio de la configuración o parametrización de los procesos de acuerdo con las salidas que se necesiten de cada uno.
- **Base de datos centralizada.**
 - Los componentes del ERP interactúan entre sí consolidando todas las operaciones.

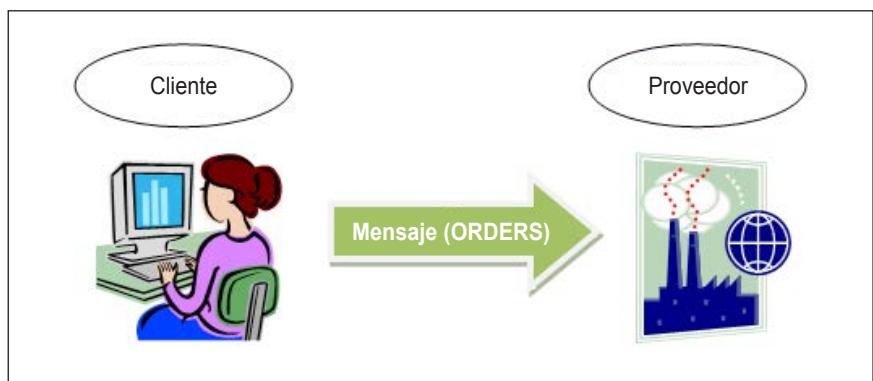
- En un sistema ERP, los datos se ingresan solo una vez y deben ser consistentes, completos y comunes.
- Las empresas que lo implanten suelen tener que modificar alguno de sus procesos para alinearlos con los del sistema ERP.
- Aunque el ERP pueda tener menús modulares configurables según los roles de cada usuario, es un todo. Esto significa que es un único programa (con multiplicidad de bibliotecas, eso sí) con acceso a una base de datos centralizada.
- La tendencia actual es ofrecer aplicaciones especializadas o verticales para determinadas empresas.

7.2. ECR (RESPUESTA EFICIENTE AL CONSUMIDOR)

La reingeniería en la cadena de suministros se basa en las técnicas para conseguir que el reaprovisionamiento se realice de forma eficiente y eficaz.

Respuesta eficiente al consumidor (ECR o *efficient customer response*) es el conjunto de estrategias en las que clientes y proveedores trabajan conjuntamente para aportar valor añadido a los consumidores, pero a la vez reduciendo los costes de gestión de pedidos y almacenaje.

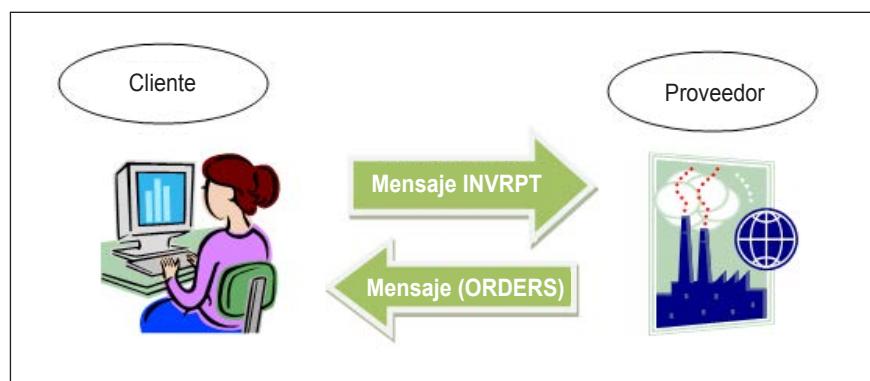
- **Sistema tradicional.** Lo habitual es que sea el cliente quien haga el pedido al proveedor. Con un *software* de EDI (intercambio electrónico de datos), el cliente envía un mensaje de pedido normalizado llamado ORDERS (*purchase order message*).



- **Sistema ECR.** ¿Quién sabe más de vender los productos? ¿El cliente o el proveedor? ¿Quién puede predecir mejor la demanda de los productos?

La respuesta es: los proveedores, pues disponen de información de las ventas y pedidos del resto de clientes, además de métodos de estimación de la demanda, campañas de marketing, etc., de tal forma que pueden calcular mejor que el cliente cuántos productos van a venderse.

Entonces, dejemos que sea el proveedor quien, a partir de los datos de existencias de los productos en el almacén del cliente, haga la «propuesta de pedido». De eso trata el ECR o respuesta eficiente al proveedor.



La pieza clave del ECR es el intercambio de información del punto de venta entre cliente y proveedor. A partir de ahí se trata generar previsiones de demanda consensuadas y compartir la gestión de los *stocks*.

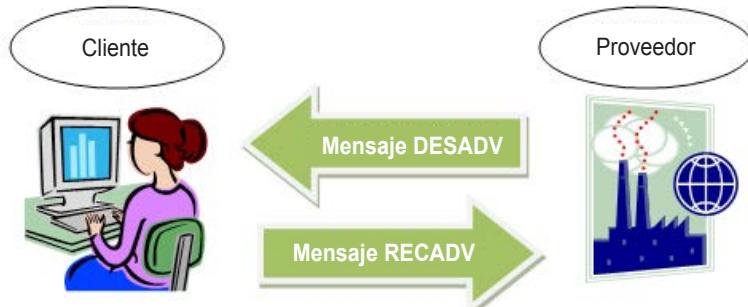
El cliente envía el mensaje INVRPT (*inventory report*) con el estado de las existencias de los productos del proveedor.

El proveedor estudia esos datos y hace una propuesta de pedido enviando el mensaje ORDERS al cliente.

El mensaje ORDERS es el pedido, pero en este caso lo hace el proveedor –y no el cliente–, ya que es el proveedor quien gestiona el inventario, y por lo tanto procesa el pedido a partir de la información que ha recibido de INVRPT.

EJEMPLO 11. Cómo mejorar la expedición y recepción de mercancías

Caso 1

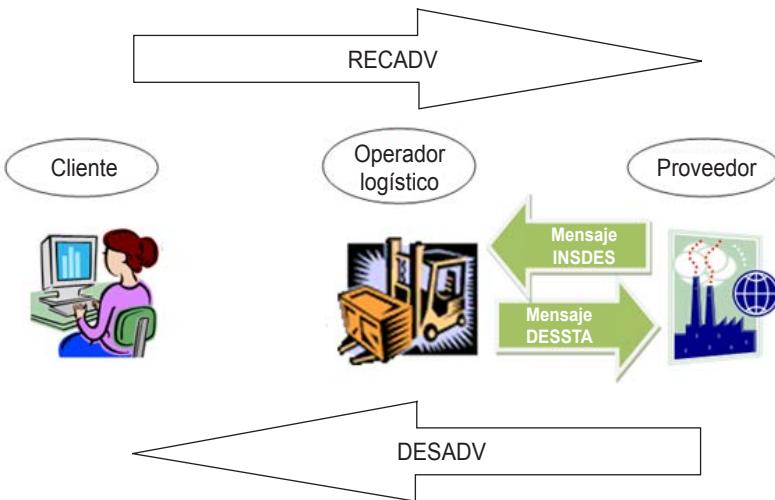


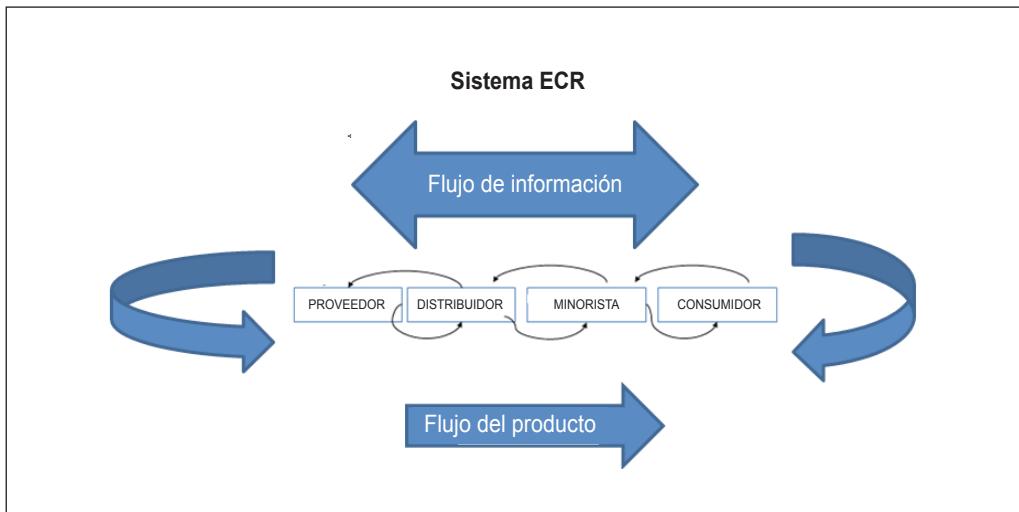
El proveedor envía al cliente el mensaje DESADV (*despatch advice message*) de aviso de expedición cuando salen las mercancías. Así, el cliente puede tenerlo todo preparado.

Una vez recibida la mercancía, el cliente envía el mensaje RECADV (*receiving advice message*) para confirmar que se ha recibido la mercancía.

Caso 2

Puede intervenir un intermediario entre el cliente y el proveedor, que es el operador logístico. En este caso es él quien envía al cliente el mensaje DESADV y recibe el RECADV. Recibe del proveedor el mensaje INSDES, de instrucción de despacho, y le envía el mensaje DESSTA, de situación de despacho.





7.3. VMI (INVENTARIO MANEJADO POR EL PROVEEDOR)

El inventario manejado por el proveedor o inventario administrado por el vendedor (*vendor-managed inventory*, VMI) se utiliza en la gestión y control de los inventarios.

Se trata de un modelo de negocio en el que el minorista facilita información sobre las ventas e inventarios al proveedor. El proveedor asume la responsabilidad sobre la gestión de los inventarios y toma las decisiones sobre los tamaños de los pedidos y las fechas de despacho.

El VMI se fundamenta en que:

- Los proveedores se benefician por un mayor conocimiento de la demanda y un contacto más directo con sus clientes.
- Los proveedores tienen un mejor entendimiento de la administración y control del inventario debido a que conocen las capacidades de producción los tiempos de entrega, basándose en la demanda esperada y en los niveles de inventario mínimos y máximos que son previamente pactados.
- Los proveedores manejan el inventario, por lo que se reduce el número de intermediarios en la cadena de abastecimiento, aumenta la visibilidad común de la cadena y se reducen los niveles totales del inventario a lo largo de la misma.
- El distribuidor minorista reduce el riesgo y los costos de mantener inventario.

La información entre ambos agentes de la cadena de suministro generalmente fluye a través de un sistema de intercambio electrónico de datos u otra red electrónica, de manera que está actualizada permanentemente.

Según la asociación Voluntary Interindustry Commerce Standards (VICS), existen las siguientes versiones de VMI:

- ***Vendor-managed replenishment (VMR)***. Versión canadiense del VMI y que sugiere que el reabastecimiento sea gestionado por el proveedor.
- ***Retailer-managed inventory (RMI)***. En el cual, el minorista tiene la aprobación sobre el proceso de pedido.
- ***Co-managed inventory (CMI)***. Modelo de altos niveles de colaboración, pero no tan formalizados como en el CPFR.
- ***Supplier-managed inventory (SMI)***. Modelo europeo del VMI en el cual el proveedor decide cuándo y cuánto entregar.

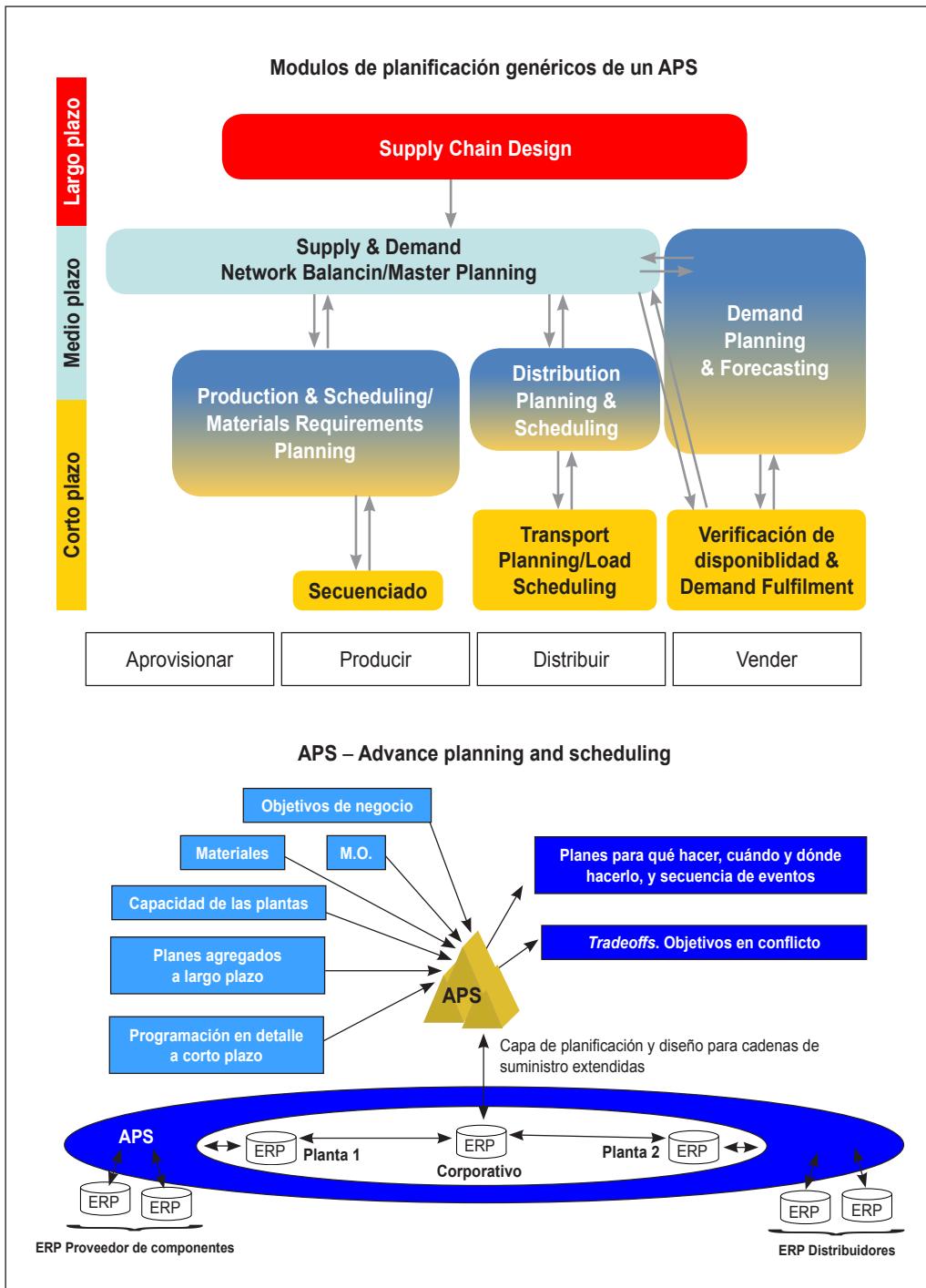
7.4. APS (*ADVANCE PLANNING AND SCHEDULING*)

Los sistemas de planificación avanzados o *advanced planning systems* (APS) son sistemas de *software* que ayudan en la compleja gestión de la planificación de la cadena de suministro y de las operaciones usando métodos cuantitativos (métodos de investigación de operativa).

Los sistemas APS amplían considerablemente las capacidades de planificación del ERP utilizado por la empresa siendo complementarios.

7.4.1. Beneficios del uso de herramientas APS

- Mejora en la rotación de inventario.
- Reducción de ciclo de planificación y del *stock* de seguridad.
- Menor rotura de *stocks*.
- Mejora en la exactitud de los pronósticos.
- Mejora en la fiabilidad de compromisos en las órdenes de entrega.





CONCEPTOS BÁSICOS

- **Stock.** Es necesario conocer la importancia del mismo para minimizar el impacto de la incertidumbre entre la oferta y la demanda.
- **Demandा.** Su análisis es un factor fundamental para poder gestionar los pedidos.
- **Sistemas de pedidos.** Sirven como ayuda para responder a dos preguntas fundamentales: ¿cuándo pedimos? y ¿cuánto pedimos? Existen dos grandes tipos:
 - Sistemas de cantidad fija de pedido (FOQ) o sistemas de revisión continua.
 - Sistemas de ciclo fijo de pedido (FOC) o sistemas de revisión periódica.



ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

Enunciado 1

El producto *P* tiene actualmente un *stock* disponible de 4.500 unidades y espera recibir al comienzo del periodo 2 1.500 unidades más. Si las previsiones de demanda para los próximos cinco periodos son: 1.200, 2.450, 2.000, 1.600 y 1.850, ¿cuánto durará el *stock*?

- a) 4,12.
- b) 3,22.
- c) 5,16.
- d) 7,23.

Enunciado 2

Dados los siguientes datos de un producto en una empresa:

- *Stock* de seguridad: 320 unidades.
- Pedidos realizados durante el último año: 4 pedidos con las siguientes cantidades: 1.500, 700, 2.600 y 1.000.

El *stock* medio para este producto sería:

- a) 1.250.
- b) 1.045.
- c) 1.620.
- d) Ninguna de las anteriores.

Enunciado 3

Un artículo se revisa cada tres semanas y tiene un tiempo de suministro de cuatro semanas. Si la demanda media es de 125 por semana y el nivel de servicio es del 90%, ¿cuál es la demanda media durante el tiempo de suministro y el periodo de revisión?

- a) 415.
- b) 635.
- c) 725.
- d) 875.

Enunciado 4

En una empresa tenemos un producto con las siguientes características:

- Tiempo de suministro: 2 semanas.
- Periodo de revisión: 1 semana.
- Demanda media por periodo: 130 unidades.
- *Stock* de seguridad: 200 unidades.

El *stock* máximo para este producto será de:

- a) 590.
- b) 620.
- c) 730.
- d) 840.

Enunciado 5

El siguiente artículo se controla a través del método de revisión continua:

- Demanda promedio semanal: 130 unidades.
- Desviación estándar: 15.
- Tiempo de suministro medio: 3 semanas.
- Variación del tiempo de suministro: 0,5 semanas.
- Nivel de servicio deseado: 95 %.
- Factor de seguridad para 95 %: 1,64.

El punto de pedido de este artículo, según los datos proporcionados, es (redondeando el número):

- a) 610.
- b) 501.
- c) 350.
- d) 204.

Solución 1

b).

Periodos	0	1	2	3	4	5
Stock inicial	4.500		1.500			
Previsión		1.200	2.450	2.000	1.600	1.850
Stock final		3.300	2.350	350	-1.250	
Stock cubierto		Sí	Sí	Sí	0,22	
Cobertura de stock = 3 + 0,22 = 3,22 períodos						

Solución 2

b).

$$\left(\frac{\frac{1.500}{2} + \frac{700}{2} + \frac{2.600}{2} + \frac{1.000}{2}}{4} + 320 \right) = 1.045$$

Solución 3

d).

$$(3 + 4) \times 125 = 875$$

Solución 4

a).

$$Stock \text{ máximo} = ((2 + 1) \times 130) + 200 = 590 \text{ unidades}$$

Solución 5

b).

Punto de pedido = Demanda media durante el tiempo de suministro +
+ SS para incertidumbre en el suministro + SS para incertidumbre en la demanda

$$\text{Punto de pedido} = (130 \times 3) + (0,5 \times 130) + (15 \times 1,64 \times (\sqrt{(3 + 0,5)})) = 501,02$$



ACTIVIDADES DE REPASO

1. Una empresa tiene un modelo especial. Para este modelo, optan por una estrategia de diferenciación, la cual, aunque disminuye el número de unidades de venta del producto (unos cuantos al mes), incrementa el valor del mismo. Para la empresa, este producto se considera de baja rotación. ¿Qué sistema de manejo de inventarios sería el más adecuado para este producto? Razone la respuesta.
2. Realice una clasificación ABC a un grupo de personas (compañeros de clase o de trabajo) por su peso y por su altura. Analice si se cumple la ley de Pareto u 80-20.



EJERCICIOS VOLUNTARIOS

Analice el nivel de servicio ofrecido por su empresa. Se puede apoyar en los siguientes puntos:

- Categorizar los productos en A, B y C.
- Utilizar una de cada categoría para analizar la frecuencia de rotura de stock.

- Determinar el nivel de cumplimiento de pedidos y analizar qué artículos no se suministraron en su totalidad o solo parcialmente.
- Realice una encuesta de percepción en una muestra de sus clientes de cómo clasificarían la empresa respecto a los elementos claves de servicio y luego haga una encuesta similar al personal interno de la empresa (ventas, marketing o dirección). Analice comparando ambos resultados y verifique que los sistemas implantados por la empresa cumplen con las necesidades de los clientes.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Básica

Bowersox, D. J.; Closs, D. J. and Bixby Cooper, M. *Supply chain logistics management*. McGraw-Hill, 2002.

García Pérez, F.; Molina, J. M. y Chamorro, F. *Informática de gestión y sistemas de información*. McGraw-Hill, 2000.

Hugos, M. H. *Essentials of Supply Chain Management*. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

Jacobs, F. R.; Berry, W.; Whybark, D. C. and Vollmann, T. *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management: APICS/CPIM Certification Edition*. McGraw-Hill Education, 2011.

Laudon, K. C. y Laudon, J. P. *Sistemas de información gerencial*. Pearson, 2012.

Orlicky, J. *Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management*. McGraw-Hill, 1975.

En la red

Libro Blanco de las TIC en el sector del transporte y la logística. Fundetec y Junta de Castilla y León. Disponible en <http://www.fundetec.es/wp-content/uploads/2012/03/LIBROBLANCObaja.pdf>.

Fuentes de las imágenes

Todas las figuras de esta unidad son de elaboración propia excepto la siguiente. Se indica fuente y número de página: APICS (The Association for Operations Management) (pág. 58).