

**GESTIÓN DE OPERACIONES**

**Y**

**LOGÍSTICA**

Ramón Martín-Andino



# SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y SU CLASIFICACIÓN .....	6
1.1 Antecedentes.....	6
1.2 Logística de la producción .....	6
1.3 Clasificación de los procesos de producción .....	8
1.4 Conceptos básicos de la producción .....	20
1.5 La producción TOC.....	23
2. LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	29
2.1 El proceso de planificación .....	29
2.2 La planificación a largo plazo .....	30
2.3 Planificación a medio plazo .....	33
2.4 La planificación a corto plazo .....	45
2.5 Planeación de materiales .....	50
2.6 Planeación de capacidades (CRP).....	64
3. LA APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA A LA PRODUCCIÓN.....	68
3.1 Introducción .....	68
3.2 MRP – II y ERP.....	69
4. LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS.....	73
4.1 Antecedentes.....	73
4.2 Características básicas de la SCM .....	74
4.3 Misiones de la logística.....	77
4.4 El canal logístico.....	78
4.5 Objetivos de la logística.....	79
4.6 Parámetros de control de la SCM.....	84
5. LA GESTIÓN DE APROVISIONAMIENTOS .....	86
5.1 Introducción .....	86
5.2 Razones para una política de aprovisionamientos .....	86
5.3 Tipos de aprovisionamientos .....	88
5.4 Los aprovisionamientos como estrategia.....	93
5.5 Los descuentos.....	99
5.6 Valoración de proveedores.....	100
5.7 Comparación entre proveedores .....	105
6. LA GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	110
6.1 Introducción .....	110

6.2	Clasificación de los inventarios.....	111
6.3	Objetivos de la gestión de inventarios .....	112
6.4	Los inventarios para la venta.....	113
6.5	Los inventarios de seguridad.....	116
7.	EL CONTROL DE LA GESTIÓN DE LOS INVENTARIOS.....	122
7.1	Los costes de la gestión de stocks .....	122
7.2	Parámetros de medida de la gestión de los inventarios .....	127
8.	LOS INVENTARIOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO .....	131
8.1	Introducción .....	131
8.2	La gestión de los almacenes de distribución .....	133
8.3	Gestión tipo “pull” .....	134
8.4	La fórmula de la raíz cuadrada .....	135
8.5	Gestión tipo “push” .....	135
8.6	El inventario gestionado por el vendedor (VMI).....	139
	Glosario de términos y siglas en inglés.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Bibliografía .....	142

# INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y SU CLASIFICACIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

La evolución de la Producción ha ido de la mano de los avances tecnológicos, consecuencia de ser la función más práctica de la empresa. Así a principios del siglo XX la mecanización de las operaciones permitió el cambio de una producción artesanal a otra masiva con el consiguiente abaratamiento de costes, que progresivamente se redujeron con los avances técnicos; fruto, entre otras cosas, de la menor aportación del trabajo humano directo.

A mediados de siglo era evidente la sustitución de mano de obra por capital en aras de una rentabilidad basada en las economías de escala –a más producción, menos coste unitario– para abastecer una fuerte demanda que buscaba satisfacer unas necesidades básicas.

Durante el último cuarto de siglo la alta competencia entre empresas, debido al exceso de oferta y a una demanda más selectiva, hizo que la Producción experimentara un fuerte cambio, de manera que la calidad y la eficiencia –uso de los recursos mínimos imprescindibles– han venido siendo los motores de los nuevos sistemas productivos. Es en esta etapa en la que se ponen en marcha sistemas de gestión de la producción conocidos como JIT y TQM.

En la fase actual, nos encontramos en otro momento de cambio motivado por los medios de comunicación informáticos. Ahora, además de calidad y eficiencia se requiere rapidez en las entregas y productos especializados, lo cual exige una perfecta coordinación de todos los agentes que intervienen en la cadena de valor añadido. La Dirección de Operaciones ha cedido parte de sus cometidos a otra nueva función denominada Logística, que apoyada por el rápido desarrollo de las herramientas informáticas, pretende gestionar la marcha a lo largo de la cadena de suministro de todos los bienes y servicios, cualquiera que sea su grado de elaboración, desde sus fuentes hasta su destino; es la técnica denominada SCM.

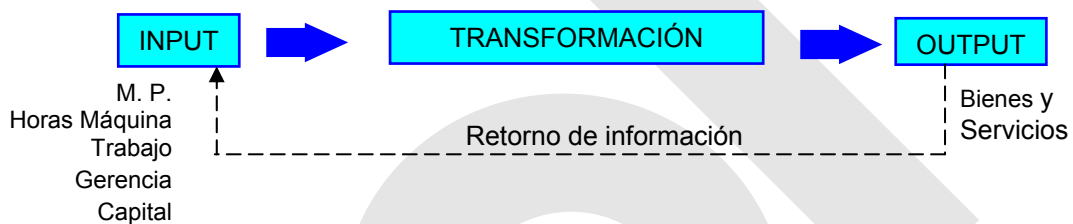
## 1.2 LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN

Logística es la función de la empresa encargada de llevar el producto correcto, al lugar correcto, en las condiciones de cantidad y calidad correctas, en el momento correcto y con los costes mínimos.

Con relación al campo de la Producción, la Logística trata de aplicar estos principios a la transformación de los productos y de aportar los medios para conseguirlo.

Producción es la transformación, no necesariamente física, sino económica de unos recursos –materias primas, capital, trabajo, gerencia, ideas, etc.– en otros –productos finales– con distinto valor.

Al producir se crean dos flujos económicos: uno, debido al uso de los recursos, pues no son gratuitos; otro, el valor que el mercado da a los productos resultantes. El primero de ellos se le conoce como Coste incorporado; el segundo, como Valor añadido.



El rendimiento económico - beneficio - resultante de la transformación será:

$$\text{Rendimiento} = \text{Valor añadido} - \text{Coste Incorporado}$$

Podríamos decir que:

La Producción es la función de la empresa encargada de la transformación económica de los recursos en bienes o servicios, de manera que el Rendimiento – beneficio – sea el máximo.

La Producción siempre tiene tres objetivos básicos (sobrentendemos otro más, que es producir con calidad):

- Servicio al mercado.  
(Tomemos como ejemplo de servicio al mercado la rapidez en las entregas y la variedad de productos)
- Eficiencia en el uso de recursos.  
(Los recursos deben estar permanentemente ocupados en añadir valor al producto. Cualquier cambio en el tipo de producto requerirá cambios en el proceso y, en consecuencia, los recursos estarán, durante el tiempo de adaptación del proceso, parados o en otro uso alternativo, pero no produciendo).
- Mínimos costes.

(Uno de los múltiples costes productivos es el coste del stock; un aumento en el nivel de stock, implicará un aumento en el coste)

La consecución plena de estos tres objetivos es compleja, pues todos son antagonistas entre sí. De manera que, a título de ejemplo, un gerente que desee mejorar la rapidez de las entregas, debería – sin entrar en más detalles- aumentar los niveles de stock, con lo que también aumentarían los costes, lo cual no es deseable. Si lo que quiere, es ampliar la gama de productos ofrecidos a sus clientes, perjudicará el rendimiento del sistema productivo, como consecuencia de un aumento de las paradas entre cambios de producto.

Dada la existencia en la producción de variables que evolucionan de manera desfavorable cuando se toma una decisión, conseguir un rendimiento máximo de la transformación económica descrita no es tarea fácil y del “saber hacer” se derivan las ventajas competitivas, que hacen a una empresa, entre otros aspectos de la gestión, superior a sus competidoras.

### 1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La gestión de los procesos productivos tiene unos principios básicos aplicables cualquiera que sea el modelo de producción. Sin embargo surgen diferencias atendiendo a los siguientes factores

- El tipo de producto.  
En este caso los sistemas de producción se dividen entre los que producen bienes, o prestan servicios.
- La disponibilidad del producto.  
Se puede fabricar para almacenar, o fabricar para cubrir exactamente lo solicitado por la demanda.
- Tipo de flujo o circulación del producto dentro del sistema productivo.

Puede haber procesos en lo que no haya circulación del producto o flujo, como ocurre en las fabricaciones de aeronaves, etc.

También puede haber procesos en lo que el producto circula a lo largo del proceso para recibir las operaciones necesarias.

Dentro de estos, a su vez, puede haber procesos en los que se repite permanentemente este flujo o circulación, como ocurre en la industria de ensamblado de vehículos y también puede suceder que dicha repetición ocurra pero sin carácter de permanencia.

Veamos las peculiaridades de los procesos según estos factores.

### 1.3.1 TIPO DE PRODUCTO

Según el producto los procesos se clasifican en:

- Los que producen bienes tangibles o Fabricación.
- Los que producen bienes intangibles o Servicios

Adelantemos que el producto por esencia en los servicios son atenciones a los clientes, aunque a veces ello comporte la cesión o manipulación de bienes, como es el caso de la restauración, la venta, servicios hospitalarios, etc., en los que la mercancía es sólo un vehículo para prestar esa atención.

Los servicios presentan tres cualidades básicas.

- Intangibles. No pueden almacenarse.
- Irrepetibles. No hay dos productos iguales.
- Acíclicos: La producción se realiza cuando surge la demanda y el tiempo requerido para producir una unidad nunca es el mismo.

Por tanto, son productos muy individualizados, pues no hay dos iguales, ya que cada persona requiere el suyo, y muy perecederos, puesto que su ciclo de vida es sumamente corto.

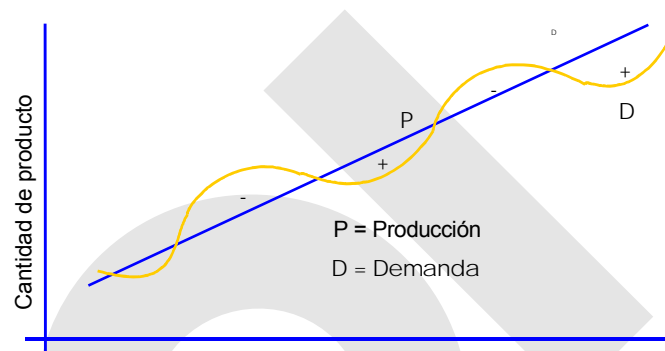
Esto hace que no sean aplicables ciertos aspectos típicos de la fabricación, lo cual no quiere decir que sean más o menos complejos de gestionar, simplemente son diferentes.

Estas diferencias entre la gestión de servicios y las fabricaciones pueden sintetizarse en los siguientes criterios:

- Inventarios: Los procesos de bienes tangibles, si lo desean, pueden contar con inventarios de productos. En los servicios no hay esta posibilidad.
- Las necesidades de capacidad: Este punto es consecuencia del anterior y puesto que aún no hemos dicho qué se entiende por capacidad productiva, diremos que es la cantidad de recursos, principalmente fuerza laboral y maquinaria, que están disponibles en el proceso.



Todo proceso de producción ha de estar dispuesto a suministrar las cantidades de productos finales que se demanden en todo momento, para ello dispondremos de dos posibilidades: una, emplear los inventarios para mantener una capacidad de producción estable, de manera que cuando la demanda cae por debajo de la capacidad, nos encontramos produciendo para el almacén -lo que queda indicado en la figura por las partes del ciclo que tienen un signo “mas”- y al contrario, cuando la demanda de productos finales supera la capacidad, aquellas cantidades que no alcanzamos a producir se obtienen del almacén, corresponden a las partes del ciclo indicadas con signo “menos”.



De lo dicho se puede deducir, que cuando se dispone de productos tangibles, y por tanto es factible almacenarlos, el proceso se puede diseñar para una capacidad que cubra una supuesta demanda media, señalada en la figura con una recta.

Pero es obvio que nunca se podrá contemplar esta estrategia en los servicios, ya que carecen de stocks. Por lo que en estos, habría que diseñar el proceso para abastecer un cierto nivel de demanda y modificar la capacidad según evoluciona ésta.

Aclararemos que el uso de los inventarios en las fabricaciones es un método tradicionalmente empleado en estos sistemas productivos para equilibrar la producción con la demanda, aunque no quiere decir que sea el único y en algunas ocasiones el mejor.

Volviendo a nuestra figura anterior diremos que, los Servicios al no tener stocks, obligatoriamente tienen que seguir una permanente estrategia de seguimiento, o "caza de la demanda", por medio de una continua modificación de la cantidad de recursos empleados en el proceso.

En aquellos servicios muy estacionales, es decir con fuertes cambios en la demanda según las épocas anuales, se opta por mantener un mínimo de capacidad y contratar temporalmente la cantidad de recursos necesarios para hacer frente a la demanda y devolverlos después cuando la demanda ha caído por debajo de un mínimo.

- El control de calidad: En el caso de los procesos fabriles el producto se entrega al consumidor después de un control todo lo exhaustivo que se quiera.

Por el contrario, en los servicios esto no es factible, mas bien es el propio cliente, quien al recibir el producto según se realiza, hace las “funciones de inspector” de calidad.

Aunque la calidad del servicio puede medirse con criterios objetivos mediante encuestas, el hecho de que el “producto”, no esté previamente producido hace que los servicios basen su gestión en la satisfacción de las expectativas de los clientes y que ciertos aspectos típicos de la fabricación no sean aplicables.

- La secuencia, u orden, de procesado del producto, que en los servicios sigue, por lo general, la regla “primero en llegar, primero en ser servido” (FCFS) mientras que en la fabricación se aplican reglas más arbitrarias, pero más eficientes.
- La localización de los procesos: Las fábricas suelen estar en zonas especiales, lejos del punto de consumo. Los servicios por el contrario, puesto que operan con productos extremadamente perecederos, necesitan estar cerca del punto de consumo.
- Los modelos de gerencia: Los adoptados por las fabricaciones son claros y separados; es decir, existen funciones separadas, por ejemplo entre el director de producción, el director comercial, etc. En los servicios estos papeles suelen estar difuminados y mezclados.
- Las inversiones: Los activos son, comparativamente, mayores en los procesos fabriles que en los servicios; en estos mas bien las inversiones se basan en la fuerza
- Laboral. Dicho de otro modo, los procesos que fabrican son intensivos en capital, mientras que los servicios son intensivos en mano de obra.

### 1.3.2 DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

Atendiendo a la disponibilidad del producto las diferencias que surgen en los sistemas de producción son:

- Si el cliente necesita el producto con más rapidez que lo que se tarda en producir.

Para que el cliente no espere, en estos casos han de estar disponibles ciertas cantidades de producto, es decir, se necesitan inventarios de productos finales. Estas producciones se denominan Producciones Contra-Stock (MTS)

Son múltiples los ejemplos de sistemas productivos que mantienen un stock de productos para atender a sus clientes como las tiendas minoristas, en las que el producto se halla disponible en las estanterías, refinerías. etc.

Producir de esta manera exige:

- Prever el comportamiento futuro del mercado. El producto tiene que estar acabado antes de que ocurra la demanda.
- Abaratar en lo posible el coste unitario del producto. Los costes de stock deben ser bajos

Conviene resaltar que todo pronóstico siempre está sujeto a errores, por lo que uno de los problemas que enfrentan estos sistemas, de manera permanente, es la determinación de los niveles de stock idóneos para, ni desabastecer la demanda, ni excederse en los costes de los inventarios. De hecho son estas empresas las que presentan mayores dificultades para reducir los stocks sin dañar, por ello, el servicio al mercado, es decir la disponibilidad.

En cualquier caso, dado que los costes de los inventarios están relacionados con el coste unitario de los productos, es lógico que se busque fabricar productos de bajo coste unitario.

De manera que otra característica de este tipo de empresas es la estandarización del producto o, desde otro punto de vista, poca variedad, por lo que las operaciones productivas se repiten con mucha frecuencia, es decir, son sistemas de alta eficiencia en el uso de los recursos.

Por las razones antedichas, estas empresas deben mantener las siguientes estrategias.

- Reducir el ciclo de permanencia del producto en el proceso, desde su entrada en el proceso cualquiera que sea el grado de acabado hasta su salida.
  - Simplificar la composición del producto. Un producto simple tarda menos en fabricarse.
  - En aquellos casos en lo que sea necesario producir cierta variedad, se debe combinar la producción contra-stock con un sistema de producción por ensamblado de módulos, según se indica más adelante.
- Si el cliente necesita el producto con más rapidez que lo que se tarda en producir.

El cliente espera, porque quiere un producto exclusivo, lo que hace que la producción sea Bajo Diseño (MTO)

En las producciones exclusivas o bajo diseño, el cliente desea un producto único, de manera que es imposible mantener un stock de productos finales, por esta razón la gestión de inventarios no es un problema en este tipo de producciones.

Tampoco es posible disponer de recursos con un grado de especialización tal, que sean capaces de tratar productos diferentes, esto hace que los recursos necesarios en cada momento se subcontraten

Como no forman parte permanentemente del proceso, hay que definirles las fechas de comienzo de sus tareas, de manera que el estudio de inicio y finalización de tarea es otro de los aspectos de la gestión. Es lo que se conoce como programación temporal.

Lo importante es acortar el plazo que el cliente tarda en disponer del producto. Por lo que la gestión se debe encaminar a que todos los recursos se hallen disponibles en el momento oportuno en que se necesiten y de esta manera ahorrar tiempo. Estos sistemas deben basar su estrategia, por tanto, en el cumplimiento puntual de las tareas, ya que la incertidumbre generará más coste y prolongará el tiempo necesario para acabar el producto.

- El cliente elige un producto de un catálogo entre diversas opciones presentadas (ATO)

La gestión de los sistemas que hacen posible esto se conoce como Producción por Ensamblado.

En las producciones por ensamblado se realizan múltiples productos basados en módulos acoplados, lo que corresponde a las opciones ofertadas. La posibilidad de mantener un stock con todas las combinaciones de módulos como productos finales es inviable.

Por ejemplo, si una empresa se dedica a la fabricación de ordenadores puede ofrecer en su catálogo modelos de ordenadores de manera que el cliente elija una combinación cualquiera entre las siguientes opciones.

- 8 tipos de placa base.
- 4 tipos de caja.
- 2 tipos de disquetera.
- 10 tipos de disco duro.
- 6 tipos de pantalla.
- Si/No, lector reproductor de CD-ROM
- 5 Tipos de teclado.
- Si/No, tarjeta de sonido.

Las posibles combinaciones de módulos nos obligaría a disponer de  $8 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 2 = 76.800$  modelos diferentes de productos finales.

Si nos decidimos por un sistema productivo que fabrique contra-stock deberemos mantener las unidades necesarias de cada combinación para abastecer a la demanda. La imposibilidad de tal alternativa obliga a pensar en un sistema distinto.

En lugar de productos finales mantendremos es stock los módulos que los conforman, lo que supone un total de  $8 + 4 + 2 + 10 + 6 + 1 + 5 + 1 = 37$

productos diferentes en stock, de manera que, cuando surge la demanda, tomamos los módulos les añadimos unas pocas materias primas para su ensamblado y se tienen todos los productos finales deseados por el cliente.

Los módulos se pueden fabricar, o adquirir en su totalidad o en parte, es decir, estaríamos ante un sistema de producción contra-stock que compra o fabrica módulos según estimaciones de la demanda de producto final.

De manera que la producción por ensamblado se compone de dos partes una producción contra-stock –si así se desea– y una fase de ensamblado sobre pedidos en mano, que se llama Programa de Ensamblado Final (FSA). Estaríamos ante un sistema mixto formado por los dos anteriores.

Estos procesos producen productos poco estandarizados, o con cierta diversidad entre ellos, con costes unitarios relativamente bajos

Dado que se fabrican múltiples productos, la organización de los recursos es el punto más difícil de estos procesos, de manera que, puede ocurrir y ocurre con frecuencia, que varios recursos son solicitados para operar productos diferentes.

Por tanto, la gestión de estos sistemas se debe basar en evitar, o resolver los múltiples cuellos de botella –recursos saturados– que se originarán en la fase de ensamblado. Precisamente, es aquí donde ha de hacerse hincapié en la estrategia de la gestión, es decir, en utilizar al máximo los mínimos recursos sin por ello perjudicar las fechas comprometidas con los clientes.

Dado que estos sistemas son capaces de producir variedad con niveles aceptables de cantidad, es por lo que son objeto de mejora y estudio más detallado.

### 1.3.3 TIPO DE SECUENCIA

La última clasificación que haremos de los procesos productivos se refiere al tipo de secuencia proceso. Por lo general las características de esta clasificación vienen condicionadas por las descritas con anterioridad y, como en el punto anterior, aquí también prescindiremos de los servicios y continuaremos haciendo referencia a procesos fabriles.

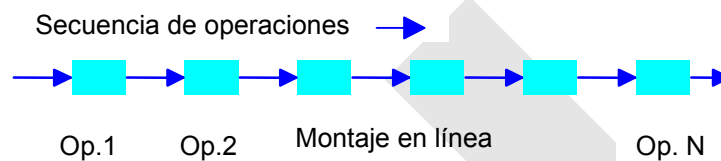
- Procesos de secuencia continua.

Nos referimos a aquellos procesos donde el flujo de producto sigue siempre una secuencia predeterminada de operaciones, establecida por las características del producto.

Estos procesos se adaptan bien a aquellos casos que se requiere producir contra-stock, porque la estandarización del producto permite fijar la secuencia de operaciones de antemano y durante el tiempo de vida del producto.

La misma estandarización obliga a dedicar una maquinaria específica, cuyo coste por tanto es elevado, por lo que la cantidad de producto que deberemos procesar debe ser muy grande - producciones masivas - para amortizar el coste de la inversión, ya que el coste unitario, hemos dicho, es bajo.

La figura siguiente muestra de una manera simple la forma en que transcurren los productos a través de las N operaciones del proceso. La implantación de este tipo de sistemas productivos se denomina orientada al producto, pues todo en el proceso se condiciona a la secuencia de montaje del producto.



Ya que las instalaciones se diseñan específicamente para el producto, se procura hacer de manera que los tiempos perdidos entre operación y operación sean mínimos, esto supone que los rendimientos en el uso de los recursos son muy elevados - entre el 90% y 99% - pero por el contrario la producción es muy inflexible, queremos decir, que no es fácil conseguir variedad (ver el apartado Conceptos Básicos de la Producción al final de este capítulo.)

Dentro de este tipo de procesos podemos hacer otras clasificaciones:

➤ Procesos continuos.

Son aquellos que producen sin pausa alguna y sin transición entre operaciones. Son procesos que tratan un sólo producto totalmente estandarizado. Por tanto su eficiencia es muy alta pero su flexibilidad es muy baja.

Como ejemplos citamos el refinado del petróleo, la producción de energía eléctrica, ciertos productos químicos, etc.

➤ Procesos en serie.

En estos procesos se distingue una transición entre las operaciones, que se diferencian claramente entre ellas, además requieren, por lo general, recursos distintos para cada operación.

Por lo general fabrican productos con una base común, denominada familia, de la que se derivan modificaciones, que son las opciones ofertadas a los clientes. El ejemplo más notable es la producción de automóviles.

Dentro los procesos en serie podemos encontrar ciertas variantes:

- Procesos dedicados.

Son procesos en serie que producen un único producto. Cuando se requiere cierta variedad, o productos diferenciados, se ha de recurrir a montar una línea de producción distinta.

Puesto que las inversiones necesarias para montar una nueva línea suelen ser elevadas, estos procesos se justifican cuando el producto está muy asentado en el mercado con una demanda estable en cuanto a gustos – no se necesita modificar el producto para adaptarlo al mercado - y con una demanda muy elevada.

- Procesos en lotes.

Son procesos que producen cierta variedad pero con una sola línea de producción. En estos procesos cualquier cambio entre productos de la misma familia requiere, por tanto, una modificación previa de la maquinaria, como ocurre en las imprentas cuando se cambian las planchas de impresión para imprimir diferentes fascículos.

La modificación, o adaptación de la línea supone parar la producción – por cambiar de producto se ha dejado de fabricar durante un tiempo - lo que implica a su vez un coste, valorable en términos de producción no hecha, que hay que recuperar con la producción de unidades futuras.

Podemos decir que, después de la parada, el coste de cada unidad de producto dependerá del número de unidades que a continuación se hagan, conforme a la siguiente fórmula:

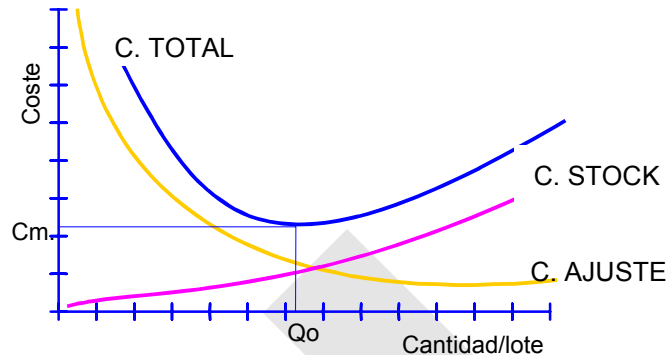
Coste unitario del producto = Coste unitario de fabricación + Coste de la parada / Número de unidades futuras.

En principio interesa producir un número, o lote, elevado de unidades y así distribuir el coste de la parada entre más unidades, con lo que el coste unitario del producto es menor.

Pero al producir más unidades se requieren más materias primas y, en consecuencia, se tienen más cantidad de productos en curso de fabricación y producto finales, por lo que los riesgos asociados a las inversiones en materiales aumentan, o dicho de otra forma, aumentan los costes de los stocks.

En definitiva, por una parte debemos hacer lotes que contengan muchas unidades para repartir el coste de la parada, y por otra debemos hacer lotes con pocas, para no aumentar los costes de stocks.

En la figura se muestra la evolución de los costes del stock, de la adaptación, o ajuste de la línea y el coste total, suma de los dos anteriores.



Este antagonismo entre los costes determina una dimensión del lote que corresponde al equilibrio entre ambos costes: el de ajuste de la línea y el de almacén.

Como se observará, el coste total presenta un valor mínimo ( $C_m$ ) dado por el fondo de la curva de costes totales, que corresponde a una cierta cantidad producida, a la que llamaremos Lote Económico ( $Q_o$ ) que ya tendremos oportunidad de estudiar más detenidamente

- Procesos de flujo alternado, o flujo mezclado.  
 Los procesos en lotes tienen el inconveniente de producir stocks, porque no coincide el tamaño del lote económico con la demanda de mercado. Esto hace que se almacenen las cantidades sobrantes.  
 Cuanto más unidades tiene un lote, más difícil es hacer coincidir, en cantidad, la producción y la demanda.  
 Por ejemplo, supongamos que en una producción por lotes se ha determinado 300 unidades como el tamaño del lote económico. Cada vez que se fabrica este producto se hará en dicha cantidad o múltiplos de ésta – 600, 900, 1200 unidades, etc.– Toda demanda que no coincida exactamente con estas cifras producirá un sobrante que se almacena.  
 Si en lugar de 300 unidades, el lote económico fuera de 50 unidades, las sobrantes serían menos y, si el lote fuera de 10 unidades, las sobrantes serían, aún, menos y, si, teóricamente, el lote fuera de una unidad, no habría unidades de sobra, siempre se adaptaría en cantidad la producción a la demanda.  
 Esto quiere decir, que para evitar stock de producto final, los tamaños de los lotes deben de ser tan pequeños como sea posible.  
 Ahora bien, para conseguir lotes pequeños es necesario que los tiempos de preparación, o cambios de producto sean reducidos, así la repercusión de este coste por unidad de producto



es pequeña (como ya veremos, todo tiempo improductivo crea los mismos efectos que los tiempos de cambio, o ajuste)

Luego podemos deducir que una producción sin stock de producto final requiere tiempos de ajustes entre cambios de producto reducidos o nulos.

Por ejemplo, tomemos dos empresas exactamente iguales en todas sus posibles características productivas, excepto en los tiempos de ajuste. Ambas producen tres productos, supongamos que son A, B y C. Los tiempos de producción de estos productos es de 1 minuto/unidad. La empresa E1 emplea 1 minuto en preparar la línea entre cambio de producto, cualquiera que sea el modelo y la empresa E2 necesita 10 minutos para la misma operación.

Supongamos que la empresa E1 realiza la siguiente secuencia productiva:

Ajuste – A – Ajuste – B – Ajuste – C - .... y se repite.

(Ajuste se refiere a la operación de preparar la línea cada vez que cambiamos el producto. A, B, C corresponden a los momentos de fabricación de una unidad de estos productos)

¿Cada cuánto tiempo se repite la triada ABC?

Si sumamos los tiempos de ajuste y de preparación, cada 6 minutos.

Repitamos el estudio para la empresa E2:

Ajuste – 10A – Ajuste – 10B – Ajuste – 10C - .... y se repite.

(10A, 10B, 10C, significa que se producen 10 unidades de cada producto)

¿Por qué hay que producir 10 unidades de cada producto?

Pues, porque al ser ahora los tiempos de ajuste de 10 minutos, la repercusión en cada unidad de producto debe ser de un minuto para mantener los costes respecto a la primera empresa.

¿Al cabo de cuánto tiempo sale la primera triada de productos?

A los 51 minutos.

Si tuviéramos que contratar como proveedor a una de las dos

¿Cuál de ellas elegiríamos?

Queda claro por tanto que, los tiempos de ajuste condicionan la rapidez de respuesta de un proceso, a más tiempo de ajuste, peor respuesta.

La producción mezclada – denominada también Justo A tiempo (JIT) - consiste en alternar el tipo de producto conforme a lo solicitado por el mercado, sin incurrir en costes suplementarios por pérdidas de eficiencia.

Por tanto, la producción mezclada sólo es posible –entre otras cosas– si se reducen los tiempos improductivos, como los de ajuste, esto acarrea las ventajas de: una disminución de stocks y una mayor rapidez en la respuesta a la demanda.

- Procesos de secuencia discontinua, o discreta.

Corresponde esta denominación a aquellos productos que no tienen definida una secuencia fija de operaciones. El flujo de operaciones queda determinada por el producto procesado, de manera que en todo momento coexisten varios flujos –referidos a productos distintos– dentro del sistema productivo.

Son procesos en los que los productos tienen que alternar frecuentemente su ruta para recibir la operación necesaria en ese momento. Esto hace que los desplazamientos y las esperas a que el recurso quede libre sean también frecuentes, por lo que los tiempos no operativos suelen ser mucho mayores que en los procesos anteriores. Esto se traduce en una eficiencia baja, aunque por lo contrario y, porque así están estructurados, tienen una flexibilidad mayor.

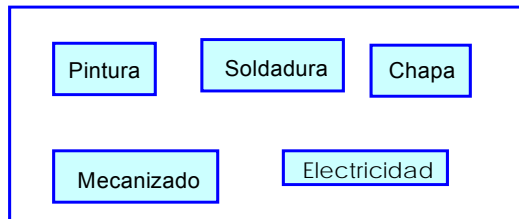
Por estas circunstancias, no se puede diseñar el proceso para tratar sólo uno o muy pocos productos, por lo que no hay instalaciones específicas, sino maquinarias de uso general. Esto hace que, comparativamente con los anteriores, los costes de las instalaciones sean inferiores.

La organización del proceso es también diferente, en estos no se montan las operaciones en línea, por el contrario se agrupan por funciones – también se conocen como procesos orientados a las operaciones, o procesos funcionales– lo cual es ventajoso para la flexibilidad en el uso de recursos. Por ejemplo, en los procesos en línea, los problemas con un recurso repercuten directamente en la línea, pero no necesariamente en estos, puestos que suele haber más recursos del mismo tipo para sustituirle.

Este tipo de procesos es el adecuado para fabricar productos diferentes, es decir para productos obtenidos por ensamblado.

Permanentemente hay varios tipos de productos en fabricación, por lo que es fundamental evitar interferencias entre las operaciones de cada tipo de producto, lo que requiere un importante trabajo de organización de la producción, que coordine la concurrencia de materiales, mano de obra, utillaje, etc. y evitar que en cierto momento algunas máquinas se encuentren sobrecargadas, mientras que por el contrario en otro momento estén ociosas.

La figura que sigue, representa lo que podría ser un ejemplo de estos procesos, un taller de reparación de vehículos, en los que la disposición de operaciones están agrupadas y separadas, ya que no se tiene que seguir un orden obligatorio de operaciones, sino que este orden se fija por la petición de reparación solicitada por cada cliente.



Disposición por Secciones

Estos procesos no fabrican contra-stock, por la razón citada de amplia variedad y baja flexibilidad, que harían inviables los inventarios por sus excesivos costes. Por esta razón no existe el lote productivo – fijado por condiciones endógenas - sino que, mas bien, el lote lo fija el cliente en su pedido.

- Procesos sin secuencia.

Se refieren a aquellos procesos donde se disponen las operaciones al rededor del producto, por lo que no existe ningún flujo definido. Se emplean para los productos por diseño, por lo que lo dicho con anterioridad para estos procesos, es aplicable también aquí.

Es preciso aclarar que, lo dicho con estas sucesivas clasificaciones corresponde a una simplificación de la realidad. No es axiomático que un tipo de producto necesite obligatoriamente un tipo de gestión del proceso. Eso depende de la estrategia que desee seguir la empresa y es frecuente que dentro del mismo sistema productivo coexistan procesos diferentes.

Podemos decir, como pauta general, que el mercado condiciona el proceso en cuanto a la cantidad demandada, de la variedad ofertada por la competencia y el precio unitario del producto. A mayor cantidad menor variedad y precio unitario los sistemas se parecen más a los de secuencia continua, con producciones contra-stock; mientras que si la variedad aumenta, así como el precio y la demanda es pequeña los procesos son más de artesanales.

## 1.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA PRODUCCIÓN

Algunos conceptos que con frecuencia utilizaremos son los siguientes:

- Capacidad.

Con este concepto nos referimos a la cantidad de producto que se puede obtener por unidad de tiempo en el proceso, si se utiliza al máximo los recursos disponibles.

A menudo este concepto se refiere a un valor teórico, pues no es realista pensar que el rendimiento de los recursos será siempre el cien por cien, siempre surgirán imponderables que impidan alcanzar ese objetivo.

Si queremos acercarnos más a la realidad del proceso y tomar un valor de capacidad que tenga en cuenta las pérdidas de capacidad, deberemos referirnos a la Capacidad Demostrada. Este valor alude al valor medio de las capacidades desarrolladas en el proceso durante un cierto periodo de tiempo.

Por ejemplo, si de un proceso se han obtenido las siguientes producciones: 1200 unidades/día; 1150 Unidades/día; 1080 unidades /día y 1230 unidades/día el valor de la capacidad demostrada será:

$$\text{Capacidad Demostrada} = \frac{1200 + 1150 + 1080 + 1230}{4} = 1165$$

De acuerdo con estos valores históricos es 1165 unidades/día.

- Carga

Es la cantidad de producto por unidad de tiempo que se le exige a un proceso en un momento determinado.

Si la carga es superior a la capacidad, el proceso no puede operar todo lo deseado y aparecen los stocks de productos. Esta condición se conoce como Sobrecarga. Los recursos que limitan la capacidad y por tanto originan la sobrecarga se denominan Cuellos de Botella. La solución para evitar las sobrecargas, como veremos, puede tomarse de diversas maneras, por ejemplo, modificando la cantidad de producto que puede ser procesado por esos recursos. Eso exige un buen estudio de la producción, o del diseño del producto. Otra solución es aumentar los recursos para a su vez aumentar la capacidad.

- Ciclo de producción.

También nos referiremos a él como tiempo de producción, plazo de entrega, etc. Es el tiempo necesario para completar una unidad de producto.

- Tiempo de fabricación ( $T_f$ ).

El tiempo para completar una o varias operaciones. Cuando nos referimos a una operación el tiempo de producción se descompone a su vez en otros tiempos:

- Tiempo de espera ( $T_w$ ).

Es el tiempo que está el producto en el proceso hasta que comienza la operación.

- Tiempo de preparación ( $T_s$ ).

Lo denominaremos también como tiempo de ajuste (ST). Es el tiempo que se necesita para disponer adecuadamente los recursos que van a efectuar la operación. Por lo general este tiempo se necesita sólo en la primera vez que se procese el producto, o el lote, debiendo incurrir en él nuevamente cuando se cambia el tipo de producto.

- Tiempo de operación ( $T_o$ ).

Es el consumido por los recursos en efectuar la operación.

- Tiempo de transferencia ( $T_T$ ).

Es el necesario para llevar de una operación a otra una cantidad de producto.

De todos estos tiempos el único que añade valor es el de operación, los otros deben ser evitables y por tanto hay que reducirlos o eliminarlos.

Se cumple que.

$$T_F = T_W + T_S + T_O + T_T$$

- Eficiencia del valor añadido.

Porcentaje del tiempo de fabricación empleado en la operación. Viene definido por la siguiente fórmula.

$$EVA = \frac{T_O}{T_F}$$

Por ejemplo una eficiencia del 90% quiere decir, que de cada cien minutos que el producto está en el proceso, sólo noventa minutos son de operación. Los diez restantes corresponden a los otros tiempos citados anteriormente.

- Coste de un stock.

Con frecuencia nos referiremos a este coste como Coste financiero de stock, o Coste de oportunidad, o Coste de mantenimiento.

Este coste hace referencia al coste de mantener productos en el almacén. En otras palabras, cuánto le cuesta a la empresa almacenar productos. Este coste no se refiere al coste total del almacén, es decir no incluye, el coste de alquiler o amortización de instalaciones, los costes de personal, los costes de consumibles – siempre que no estén ligados al nivel de existencias, como sería el caso de la energía eléctrica consumida en un almacén frigorífico, pues a más producto almacenado, más consumo de electricidad – etc. En definitiva, este coste hace referencia a los costes ligados al nivel de existencias.

La forma de averiguar qué partidas formarían parte del coste, es tan simple como analizar aquéllas que pueden cambiar con la cantidad de producto almacenado.

Algunas de estas partidas –no todas, pero si las más frecuentes– son:

- Coste financiero.
- Coste de obsolescencia (degradación o pérdida de valor del producto con el tiempo)
- Coste de pérdidas, roturas al manipular el producto, robos, malas colocaciones.
- Coste de pólizas de seguro que afecten exclusivamente al contenido, no al continente.
- Etc.

De todas ellas la que suele tener, usualmente, más peso en valor es el coste financiero, a parte de ser la de más fácil cálculo. Por lo que con frecuencia se sobreentiende, que el coste financiero es todo el coste mantener productos en el almacén.

El almacén es para la empresa un depósito físico de dinero –no en billetes monetarios, sino en producto– por lo que obtiene una rentabilidad nula –incluso frecuentemente negativa– mientras que un depósito bancario reportaría un cierto interés. Es este interés, que no se gana –se pierde la oportunidad de ganarlo– al que nos referiremos como coste financiero o de oportunidad.

Si consideramos un almacén que tiene unas existencias  $Q$ , mantenidas durante un tiempo  $T$ , con un coste por unidad  $c$  y si el tipo de interés, supuestamente, dejado de ganar es  $i$ ; este coste es.

$$\text{Coste financiero} = Q \cdot c \cdot i \cdot t$$

## 1.5 LA PRODUCCIÓN TOC

La TEORÍA DE LAS LIMITACIONES (TOC) procede de un anterior sistema de información y gestión de la producción denominado Tecnología de la Producción Optimizada (OPT) su creador Elisayu Goldratt amplió ésta última con la intención de crear una herramienta aplicable a la gestión empresarial y no sólo al taller de producción. Por tanto, la TOC es más que un instrumento de gestión de la producción, intenta ser un sistema para conseguir mejoras en cualquier área de la empresa.

No es mucho lo que se conoce, dado que su autor tuvo la precaución de protegerla legalmente con una patente, lo que ha limitado su difusión por los medios académicos habituales. De lo escrito hasta ahora podemos establecer que la TOC basa su potencia en tres pilares.

- Un nuevo sistema de razonamiento lógico a través de esquemas causa-efecto y que el autor denomina Procesos de Razonamiento (Thinking Process)
- Un control de costes productivos, más simple y distinto a los sistemas contables usuales - clásico y ABC - que Goldratt ha llamado Contabilidad de Valor, para dejar claro su rechazo a la Contabilidad de Costes, basada en los costes por absorción.
- Una ampliación de lo tratado en la OPT, cuyos principios, antes dirigidos al campo de la fabricación, ahora resultan aplicables a cualquier departamento, aunque no sean los típicamente productivos.

No obstante, esta teoría se haya sometida a un proceso de revisión y mejora, con nuevas aportaciones obtenidas de la práctica diaria, pues su autor destina parte de los ingresos recaudados por la venta de su patente y por los cursos impartidos, a buscar solución a los problemas surgidos de su aplicación.

Todo esto da pie para pensar que en el futuro su potencia de gestión aumentará. Si bien, algunas de las dificultades reales aún permanecen sin resolver, a pesar de la indudable eficacia en el tratamiento de ciertos problemas empresariales.

Puesto que lo referido a los Procesos de Razonamiento y la Contabilidad de Valor se sale fuera del ámbito de lo tratado en este curso, nos limitaremos a exponer lo conocido sobre el tercer punto.

### 1.5.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

La TOC se asienta en tres principios básicos:

- Toda organización tiene un objetivo final.
- Una organización es más que la suma de sus partes.
- La eficiencia de una organización está limitada por unas pocas variables.

El primer punto no requiere mayores explicaciones. Ciertamente, cualquier organización, sea cual sea, tiene alguna finalidad. Para una empresa, desde el punto de vista de la TOC, este objetivo es, sin ningún género de dudas, ganar dinero.

El dinero no es la única finalidad de la actividad empresarial, podemos decir que hay otras, como por ejemplo, dar satisfacción al mercado, o mantener una plantilla de trabajadores motivada; pero sin fondos monetarios suficientes será

difícil cumplir cualquier de estos objetivos. De aquí que sea realista establecer el dinero como el fin principal de la empresa.

Por lo que respecta al segundo punto anterior, es claro que en una organización, en la que no existen “sinergias” entre sus partes, sería mejor que operaran de manera independiente. Si damos por sentado que no es así, deberemos suponer que la permanencia de las varias partes, o departamentos, unidos, se deberá a que su valor percibido por el mercado es mayor. En otras palabras, le resulta más rentable a la organización trabajar de forma conjunta que separada.

Por otra parte, toda unión necesariamente genera más complejidad organizativa en comparación con la de sus partes independientes, ya que hay que gestionar y sincronizar más recursos y actividades. La sincronización de distintos recursos crea a su vez dependencias dentro de la organización y, forzosamente, habrá algunos –unos pocos– cuya eficacia sea menor que el resto, como consecuencia de estas dependencias.

Estaríamos, por tanto, refiriéndonos al tercer punto anterior, que alude a la existencia de limitaciones en toda organización. Lo cual, por otra parte no es muy discutible, puesto que, si no hubiera limitaciones, no habría dificultad en conseguir todo lo que se quisiera del objetivo final; es decir, de los beneficios, y esto no corresponde a la realidad.

La realidad también corrobora que estas limitaciones no son muchas, incluso frecuentemente sólo una. La TOC establece que la mejora – desaparición – de estas limitaciones acarrea la mejora del objetivo deseado, aunque, es de esperar que, nuevamente, vuelvan a aparecer otras limitaciones.

En cualquier caso, los recursos que no limitan nuestra gestión, no nos impiden alcanzar nuestro objetivo y, por tanto, no deben ser objeto de nuestra atención ¿Para qué nos vamos a preocupar de los recursos no restrictivos? Esto es una pérdida de tiempo innecesaria, puesto que no vamos a conseguir nada, lo lógico es volcar nuestros esfuerzos en disminuir las limitaciones, o hacerlas desaparecer para aumentar los beneficios.

Esta idea de simplificar la gestión a base de dedicarse exclusivamente a mejorar las pocas limitaciones existentes, ha dado a la TOC toda su eficacia en los cada vez más complejos sistemas empresariales. Aunque parezca un contrasentido podemos decir que, en entornos complejos, lo mejor es utilizar herramientas simples y la TOC lo es.



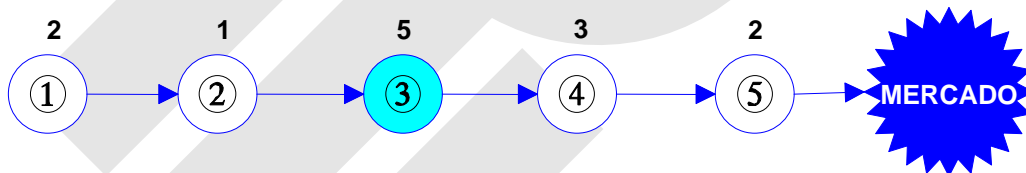
## 1.5.2 APLICACIÓN DE LA TOC A LA PRODUCCIÓN

Todo lo dicho anteriormente resulta aplicable, como no podía ser menos, a los sistemas de producción. Para ello establezcamos la forma en la que usualmente se asimila un sistema de producción, esto es una cadena. En ella los eslabones corresponden a las operaciones productivas. Bien es verdad que esta simplificación de muchos sistemas de producción está lejos de la realidad y, más bien, se asemejan a una compleja malla que a una simple cadena.

Ciertamente la complejidad puede ser mucha, pero considerarla en su totalidad no añadirá nada a la exposición. Por ello continuaremos utilizando esta analogía, para explicar la manera en la que la TOC trata los problemas productivos.

En una cadena de operaciones –como las indicadas en la figura– habrá necesariamente unas que requieran menos tiempo que otras (es necesario decir que una cadena de producción en la que todas las operaciones se realizan en el mismo tiempo está lejos de ser real, pues siempre, se quiera o no, surgen situaciones inesperadas que, aunque transitorias, perturban la regularidad operativa) aquella operación que más se demore será la limitación o “Cuello de Botella” (CB)

Cualquier intento de modificar el ritmo de la producción diferente al marcado por la limitación lo único que creará serán mayores ineficiencias, bien por acumulación de stocks, si se trabaja más deprisa que la limitación, bien por aumento de los tiempos ociosos en el caso de ir más despacio.



En nuestro ejemplo la limitación está definida por la operación 3 – los tiempos de cada operación se indican encima del círculo representativo de éstas - que es la que consume más tiempo. La mejora de cualquier otra operación que no sea la indicada no conduce a aumentar la producción, por tanto, es una pérdida de tiempo en la gestión operativa de la cadena.

A la vez, cualquier pérdida de tiempo por parte de los recursos limitados es una pérdida de producción y, en consecuencia, de ventas. Por tanto, se quiera o no, la producción debe seguir el paso marcado por la operación cuello de botella (Goldratt denomina “EL TAMBOR” -DRUM, en inglés- a esta forma de sincronismo de la cadena productiva, obligados por el cuello de botella)

Esto último nos obliga a evitar, en lo posible, cualquier pérdida de tiempo de los recursos limitados, puesto que ello aumentará todavía más la ineficiencia.

Pero cualquier sistema productivo está sujeto a las condiciones reales de funcionamiento, por lo que se ha de esperar que surjan situaciones imprevistas, por ejemplo, una parada, un aumento de la demanda, mala calidad, etc, en cualquier punto de la cadena. En definitiva, si esto ocurre en la operación CB, los retrasos en las entregas aumentarán. Para evitar esto, es conveniente dedicar nuestros esfuerzos a controlar y mejorar la operación CB, pues ello hará aumentar el ritmo productivo.

De aquí que –según la TOC– los primeros pasos en la gestión se encaminen a, identificar el cuello de botella, proteger y aumentar los recursos de estas limitaciones, para evitar, que una parada imprevista nos reduzca, aún más, la producción.

No obstante, no hay que descartar, que estas paradas esporádicas se den en las operaciones anteriores o posteriores al CB, que no son CB. Para descartar la influencia negativa que estas paradas inesperadas, en las operaciones anteriores al cuello de botella, pudieran tener en éste, lo necesario es crear un stock de productos justo antes del cuello de botella. De esta manera, la limitación siempre estará abastecida, ante cualquier retraso en la entrega de material por la operación anterior.

Por la misma razón es necesario crear un stock de productos finales a la salida de la cadena productiva, que eviten, ante cualquier parada imprevista de los recursos posteriores al cuello de botella, desabastecer al mercado.

Por supuesto estos stocks -“Buffers” en inglés- son transitorios y se debe perseguir su disminución o eliminación a costa de disminuir o eliminar la aleatoriedad del proceso; es decir, de evitar paradas intempestivas con un buen mantenimiento, mejorar la calidad del sistema productivo, etc.

En este sentido la TOC sigue las mismas pautas que lo establecido por la Gestión en Calidad Total (TQM), en cuanto a la mejora continua se refiere. En teoría si se consigue eliminar la aleatoriedad del sistema, no harían falta stocks.

Al stock situado antes de la limitación lo llamaremos “Buffer Operativo” y el de productos finales, que protege al mercado, lo denominaremos “Buffer de Expedición”.

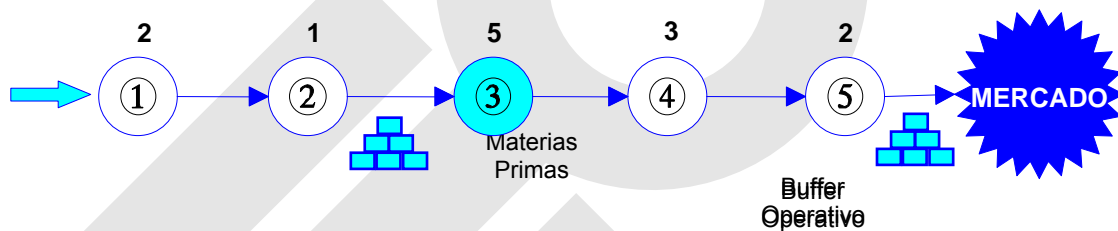
La cantidad de productos que deben de contener estos stocks queda determinada, entre otros factores, por la capacidad productiva que hay antes de ellos. Así, a mayor capacidad productiva los buffers se recuperaran antes, después de cualquier eventualidad, que con una capacidad menor, por lo que a mayor capacidad, menos cantidad. En la realidad, la práctica es la que determina el número de unidades necesarias.

Estos stocks de productos no miden su contenido en unidades; mas bien, se miden en unidades de tiempo. Así, un buffer de 10 horas querría decir que el CB puede estar alimentado durante este tiempo sin parar, trabajando a su ritmo usual.

No obstante, deberán almacenar un número de unidades suficientes para abastecer a la limitación, o al mercado, depende de a qué buffer nos refiramos, durante un tiempo suficiente para cubrir cualquier parada estimada de las operaciones no limitadas.

Como es obvio, el ritmo de trabajo de las operaciones no limitadas son, por definición, más rápidas que la operación CB. De aquí que suministrar materias primas a la cadena al ritmo marcado por las operaciones no limitadas, sólo sirva para aumentar, continuamente, el buffer de operación. Para evitar acumular un stock excesivo y hacer trabajar más de lo necesario a los recursos no limitados, las entregas de materias primas deben quedar sujeta al ritmo marcado por la limitación.

Esta unión, o atadura, ficticia entre el ritmo de entrega de materias primas y la velocidad de procesamiento del CB es lo que se denomina “Cuerda” –en inglés Rope– para poner de manifiesto la dependencia entre el ritmo productivo del CB y la entrega de materiales a la cadena de producción.



Los tres aspectos fundamentales - “Tambor”, “Stock de protección” y “Cuerda” – descritos con anterioridad, son fundamentales en la gestión de los sistemas de producción y se conocen por sus siglas en inglés como “DBR” y forman la base de la programación de dichos sistemas.

# LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

## 2.1 EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

Todo proceso de planificación busca definir unos objetivos futuros con la finalidad de alcanzarlos. No obstante, los objetivos cambian con el tiempo, por lo que se necesita buscar cierta uniformidad y coherencia de criterio a la hora de fijarlos y de determinar los esfuerzos necesarios para su consecución.

Por esta razón en la planificación es práctica común hablar de tres tipos de horizonte: el largo plazo, medio y corto. Cada uno de ellos presenta objetivos diferentes.

Por otra parte, la planificación se basa en la prospección del futuro – es imposible planificar, sino se define a dónde se quiere llegar – y toda previsión lleva implícito un error – nadie conoce con certeza el futuro – y este error es mayor, cuanto más largo es el plazo temporal.

El error va unido a la planificación, es imposible acertar siempre en la planificación. Esta es una ineficiencia que debemos admitir por no conocer con exactitud el futuro. En la planificación se cumple claramente la expresión “mejor información, menor coste”, esto es, a mayor seguridad en los datos sobre los que basamos la predicción, más certeza en el pronóstico. Por tanto, se debe buscar la manera de mejorar la información con el fin de disminuir los costes.

De lo dicho se deduce, que los objetivos serán más difusos a medida que nos adentramos en el futuro. Cuando se refiere al corto plazo, la planificación busca objetivos cuantitativos, por ejemplo, cuánto hay que producir; cuando es a largo plazo, son objetivos cualitativos, por ejemplo, cómo hay que producir.

Por último, es necesario dejar bien claro que la estimación del comportamiento futuro de una variable –bien sea cualitativa, o cuantitativa– necesita obligatoriamente conocer el comportamiento en el pasado de esta variable. Sin los datos históricos es inútil hacer estudios de futuro, todo lo mas que se pueden hacer son apuestas.

Veamos a continuación cómo se lleva a cabo un proceso de planificación en la producción.

## 2.2 LA PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO

En esta etapa de la planificación es donde la empresa fija sus grandes objetivos. Y, por lo dicho, suelen ser de carácter genérico y afecta a varios departamentos de la empresa. Con posterioridad en el tiempo, en otras etapas de la planificación, darán paso a otros más concretos y de cumplimiento en plazos inferiores, referidos ya a cada uno de los departamentos de la empresa.

Como ejemplo de algunos de estos objetivos ligados de manera más directa a Producción, tenemos:

- La tecnología necesaria para realizar el producto.
- El sistema productivo que se adoptará para esa tecnología y para ese producto.
- El servicio que se está dispuesta a dar.
- La composición de la fuerza laboral requerida.
- Capacidad promedio: maquinaria y mano de obra.
- Localización de las instalaciones.
- Las fuentes de suministro - los proveedores - y acuerdos con estos.
- Las redes de distribución: localización de los almacenes y tipos de intermediarios.

El intervalo temporal que debe cubrir la planificación estratégica depende de las propias circunstancias de la empresa, entre otras: los productos que desarrolla, la tecnología que emplea, etc. y de la situación externa en la que se desenvuelve: cuota de mercado, situación de la demanda de sus productos, etc.

Es difícil, por tanto, establecer un horizonte temporal, pero es corriente definir un periodo de 2 años -como el mínimo horizonte del plan estratégico- a 5 años, aunque no puede concretarse fácilmente el horizonte temporal más lejano que, dependiendo de los factores citados anteriormente, oscilará alrededor de 5 ó más años.

No obstante y como veremos después, el procedimiento de planificación no es consecuencia de decisiones discontinuas y esporádicas, tampoco se espera a que concluya un periodo de planificación para dar comienzo a otro nuevo, sino que debe ser continuado en el tiempo, lo que supone una revisión constante de los objetivos.

El horizonte mínimo, es decir, la frontera entre el medio y largo plazo, es también relativo y depende de los factores ya citados: los productos, el mercado, etc., por lo que no hay un valor concreto que permita definir cuándo termina la planificación a medio plazo y cuando comienza la planificación a largo plazo.

Se ha de tener presente que la planificación estratégica, es de todas, la que contiene objetivos más dispares, aunque no contradictorios; de tal manera que, los horizontes temporales serán diferentes, en función de dicha disparidad.

Será necesario revisar periódicamente la marcha de la planificación para conocer su grado de cumplimiento y habilitar las modificaciones oportunas, que permitan alcanzar los objetivos. Ello da a la planificación una continuidad, permanente de manera que los objetivos conseguidos se descartan para incluir otros nuevos.

Algunas de estas decisiones tienen su reflejo en el denominado Plan de Negocios. El Plan de Negocios refleja por lo general las necesidades económicas conjuntas de los diversos departamentos de la empresa: financiero, comercial, producción, recursos humanos, etc.

La base del Plan de Negocios es la estimación futura del comportamiento de las ventas. Lo que de cierta manera puede preverse por medio de la evolución de la curva que marca el ciclo de vida del producto. Cuando la demanda comience a declinar - zona de madurez en la curva de vida del producto - debería de revisarse, como mínimo, los objetivos y dar comienzo a una nueva planificación estratégica y por tanto un nuevo Plan de Negocios.

Empresas cuyos productos entran rápidamente en la zona de madurez, tales como los fabricantes de alta tecnología, plantearán sus estrategias con más frecuencia que los fabricantes de electrodomésticos.

Desde el punto de vista operativo de la producción, los datos deducidos del Plan de Negocios, se traducen en el Plan de Operaciones y Ventas (S&OP). Este plan se desarrolla en términos monetarios, tomando conjuntamente todos los productos y las cantidades que de ellos se espera vender. Su finalidad es conocer, estimativamente, cuáles serán las necesidades financieras para llevar a cabo un cierto plan de producción.

## EJEMPLO: PLAN DE OPERACIONES Y VENTAS

Supongamos que la empresa fabrica tres productos: A, B y C. Las ventas previstas por el departamento comercial para un periodo de dos años son:

PROD	MESES						TRIMESTRES					
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	3°	4°	1°	2°	3°	4°
A	680	700	720	740	750	780	2.000	2.200	2.500	2.700	2.200	2.400
B	225	215	240	225	225	210	630	700	680	680	650	750
C	320	320	320	350	350	350	1.120	1.120	1.200	1.200	1.200	1.200

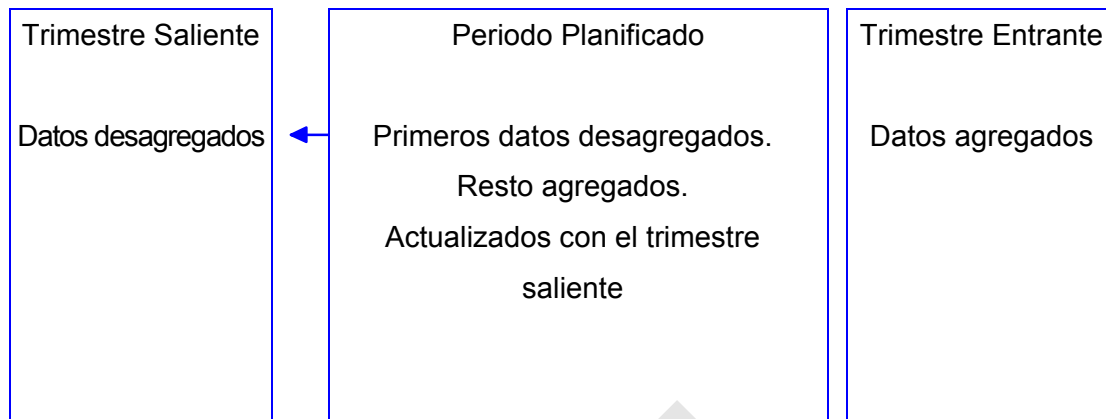
Los datos de la tabla anterior están dados en unidades para todos los productos.

Como se observará se han agrupado los datos de acuerdo a dos criterios: uno, indicando la previsión mensual para los dos primeros trimestres del periodo y otro, considerando los trimestres en su totalidad. Esta manera de hacerlo no es caprichosa, si no que responde a una realidad que sucede cuando se opera con las previsiones de una variable, en este caso la variable ventas.

Previamente insistiremos que los datos anteriores son una previsión, es decir: son valores, que se espera acontezcan en el futuro; obviamente las ventas que los datos indican no han tenido aun existencia real. Cuando sucedan las ventas del mes de enero del producto A, no tendrán por que ser exactamente 680 unidades, esto sería casualidad, lo mismo ocurrirá para el resto de productos y meses.

Por tanto tiene poco sentido intentar apreciar las ventas mensuales del último mes del periodo de dos años reflejado en la tabla, porque habrá más error en los datos obtenidos que realidad.

No obstante, se insiste en que la planificación debe estar basada en un estudio continuado del futuro, de manera que la forma de operar será la siguiente: una vez conocidos los datos de los meses del primer trimestre se revisarán las previsiones con estos nuevos datos, por lo que los nuevos resultados serán más fiables que los anteriores. Se procederá a desagrupar los datos del tercer trimestre y a incluir los datos del primer trimestre del tercer año. De esta forma el horizonte temporal siempre contendrá dos años, siempre habrá dos trimestres desagregados y los datos se actualizarán de una manera continua cada trimestre.



## 2.3 PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO

El objetivo de la producción en la planificación a medio plazo, o planeación táctica, es el de determinar las políticas productivas mediante las cuales se llevará a cabo la producción.

Aunque luego se explicará con mayor detalle, las políticas productivas corresponden a las diversas maneras empleadas por la empresa para conseguir adaptar los recursos productivos a la demanda en el medio plazo. Por ejemplo, la producción extraordinaria –entiéndase hecha en horario extraordinario– es una política productiva, lo mismo que subcontratar parte de la producción, o también, el ajuste de plantillas, porque permiten variar la capacidad productiva para ajustarse a la demanda.

Para llevar a cabo esta etapa de la planeación debemos conocer:

- Las necesidades futuras –en cantidad– de todos los productos. Para lo que se necesita prever la Demanda futura de los productos
- Las fechas en que se tienen que acometer la fabricación de estos productos.

En cuanto al horizonte temporal mínimo no hay un valor concreto y depende, entre otras razones, del tiempo de fabricación del producto (ya se verá más adelante cómo no es posible establecer planes sobre materiales o sobre recursos en un horizonte menor que el plazo de fabricación)

Lo mismo se podría decir en lo referente a la extensión temporal en el futuro del plan táctico. Puesto que la base de esta etapa de la planificación es la previsión de las cantidades demandadas en el futuro, y esto no se puede determinar con exactitud por adelantado, puede ser una regla práctica, emplear aquel



horizonte temporal durante el cual estimemos que los datos previstos muestran una cierta fiabilidad con la realidad, recordando siempre que, cualquier previsión que se haga, tiene una inexactitud mayor cuanto más lejano este el hecho que se pronostica.

Ambas cosas, tiempo de fabricación y fiabilidad de datos están muy relacionadas. Por ejemplo, los horizontes temporales para la planificación de la producción de hamburguesas son mucho menores que los requeridos para la producción de locomotoras.

No obstante, para una gran parte de procesos productivos es regla práctica emplear en la planificación táctica un horizonte de un año como máximo. Criterio basado en el ciclo estacional de ventas de los productos. De esta manera se consideran todas las oscilaciones de la demanda durante el año.

Otro aspecto referente al horizonte de planificación es la división de éste en periodos más cortos, que suelen coincidir con meses, semanas, o días de trabajo. El motivo de ello es establecer controles periódicos que permitan seguir el grado de cumplimiento del plan.

Como en el caso anterior hay una continuidad en el tiempo del proceso de planificación y se incorporan nuevos periodos a medida que van saliendo otros.

En cuanto a la demanda debemos de considerar , desde el punto de vista de la producción, que es el conjunto de peticiones llegadas al departamento de producción durante un cierto periodo de tiempo.

Hay una gran cantidad de posibles peticiones susceptibles de considerarse comprendidas dentro de la demanda, pues depende del proceso; las mas corrientes son.

- Previsiones de ventas.
- Ordenes de producción de otras partes del proceso productivo.  
(Se refiere este apartado a aquellos productos utilizados por otras secciones, o fábricas de la misma empresa para completar otro producto distinto)
- Peticiones de los Servicios posventas y repuestos.
- Promociones especiales.
- Constitución de stocks de anticipación, por ejemplo, para cubrir la parada de una fábrica en vacaciones.

- Las peticiones de producto no servidas en periodos anteriores.  
(Corresponde a aquellas ordenes de producción que no se han procesado, por las razones que fueran, en periodos anteriores y que están pendientes aun de ser entregadas)
- Constitución de stocks de seguridad.
- Etc.

Como se observará no todo lo que constituye la demanda en términos de producción debe de ser pronosticado. Hay apartados citados anteriormente que se conocen con certeza y, en consecuencia, las necesidades pueden ser establecidas de antemano.

Otra cosa son las ventas futuras, que, por lo general, son desconocidas y sobre lo que hay que prever su comportamiento. Por el contrario, las necesidades que se fijan para los stocks de anticipación suelen ser conocidas.

Esto hace que la suma de todas estas componentes – unas aleatorias, otras perfectamente determinadas – reste aleatoriedad al total de la demanda y haga más fiable las estimaciones.

### 2.3.1 EL PLAN DE PRODUCCIÓN

Con los datos estimados de la demanda de todos los meses –normalmente un año– se realiza el Plan de Producción, que es un documento en el que se plasman las necesidades de producto por cada una de las políticas productivas utilizables por la empresa en el futuro.

Como se ha dicho, las políticas productivas, se refieren a las diversas maneras que hay de igualar la producción futura con demanda futura. Se puede conseguir de tres maneras.

- Manteniendo una determinada cantidad de recursos - un cierto número de operarios y de máquinas - y variando el número de horas de trabajo hasta conseguir igualar la producción con la demanda, lo que se conoce como Política de Nivelación con Horas Extraordinarias.
- Manteniendo el horario de trabajo y variando el número de recursos empleados –mediante la contratación y despido del personal– es decir, Política de Nivelación con Recursos.
- Una tercera estrategia posible, distinta a las anteriores, consiste en encarar a terceros que produzcan durante el periodo indicado las cantidades su-

ficiente para abastecer la demanda, esta manera de suministrar producto la denominaremos Política de Subcontratación.

No todas estas formas de producir son rentables para la empresa, e incluso algunas de ellas ni si quiera son viables, por ejemplo la política de contratar personal en momentos de demanda creciente y despedir en épocas de caída de ésta, puede no ser admitido por la legislación de algunos países, o penalizado por el excesivo coste de los despidos.

Lo mismo se puede decir en cuanto a la subcontratación, que no tendría mucho sentido aplicada permanentemente a los productos finales.

Pues bien, la empresa debe usar de aquellas políticas que le sean más rentables en cuanto al coste y que, por lo general, no tienen que excluirse mutuamente; mas bien se emplean políticas de nivelación de la producción –igualar producción a la demanda– resultado de una combinación de varias de ellas. Precisamente, este es el objetivo del Plan de Producción, determinar cuáles de las políticas, o técnicas de nivelación de la producción, se utilizarán en el futuro.

Es necesario decir que en la fabricación hacer coincidir la producción con la demanda a lo largo del tiempo es complejo, por no decir que imposible, siempre surgirán diferencias mínimas que creen stocks.

Por tanto, si el Plan de Producción se hace para escoger una combinación de las diversas políticas productivas, o alternativas de producción, tendremos que disponer de los costes de cada una de las políticas, y de los stocks que se originen en el futuro, para discriminar económicamente entre estas alternativas. Todo ello con la finalidad de elegir la combinación que origine los menores costes.

Resumiendo, podemos decir, que el Plan de Producción es: la determinación de la mejor de las combinaciones posibles de políticas productivas, en términos de coste, para conseguir una producción que cumpla los objetivos marcados por la empresa en cuanto a cantidad producida y empleo de la capacidad productiva.

En aquellos productos con demanda estacional - es decir: productos cuya demanda varía dependiendo del momento del año que se considere - el Plan de Producción permite establecer un uso de los recursos uniforme, de manera que sea el almacén el que absorba las diferencias entre producción y demanda.

La confección del Plan de Producción se puede hacer expresando la producción y la demanda en unidades del producto –litros, toneladas, metros, unidades físicas, etc.– en unidades monetarias, o en unidades de tiempo productivo –minutos de trabajo, horas, etc.

Puesto que el Plan de Producción busca las posibles alternativas de producción, deberemos tener en cuenta la totalidad de productos demandados por el mercado, es lo que denominaremos como demanda agregada.

El Plan de Producción, por tanto, se puede hacer sobre un sólo producto o un grupo de productos, pero la agregación, o agrupación de productos, simplifica más los cálculos, aunque supone una pérdida de información frente al tratamiento individualizado.

En definitiva todo depende de varios aspectos como: los niveles de detalle que se quieran obtener, la susceptibilidad de los productos a agruparse en familias, los costes de la planificación y los requerimientos del proceso.

Veamos a continuación, tomando como referencia para la explicación los cuadros siguientes, cómo se puede realizar un Plan de Producción.

### 2.3.2 LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN

Para el siguiente estudio vamos a hacer las siguientes consideraciones.

- En lugar de tomar un periodo de planificación de un año, como se ha dicho, el periodo de planificación será de seis meses, El motivo es la simplificación de cálculos.
- El periodo de planificación comienza en enero.
- La demanda se refiere a un sólo producto y está expresada en unidades.
- La empresa sólo considera la posibilidad de recurrir a dos políticas productivas: producción regular, que expresa en unidades por mes la capacidad productiva de la empresa en su horario regular y la producción extraordinaria, que indica la capacidad de la producción en las dos horas diarias de horario extraordinario. Estas capacidades son, respectivamente, 700 y 200 unidades/mes.
- El Plan debe de atenerse a las condiciones reales propias de la empresa. En este ejemplo, estas condiciones son:
  - Stock inicial. Hace referencia a las unidades que hay en el almacén cuando se inicia el periodo de planificación.
  - Stock máximo. Indica la capacidad física máxima del almacén.
  - Stock de seguridad. Se refiere a la cantidad de unidades – en este caso expresadas en porcentaje de la demanda – necesarias para mantener el abastecimiento de la demanda en el caso de que ocurran circunstancias no esperadas, por ejemplo un fallo en una máquina, un aumento de la demanda no previsto, etc.

- Costes de las políticas productivas. Determinan cuánto le supone a la empresa fabricar con una u otra política. Se observará que junto a los costes de las dos políticas productivas tomadas en este ejemplo, se han añadido dos más, que se refieren a, coste de los stocks y coste de las rupturas.
  - El coste de los stocks es el coste financiero calculado mes a mes de acuerdo a la fórmula indicada en el capítulo anterior, para un interés del 1% mensual.
  - El coste de las rupturas, expresa lo que le supone a la empresa desabastecer al mercado como consecuencia de no tener producto. Este coste depende de la actitud de los clientes ante la falta de producto, por lo que su cálculo suele ser difícil y, en ocasiones, imposible.

No obstante, no influirá –salvo ahora en el ejemplo– porque, en esencia, el Plan se basa en buscar las formas de abastecer al mercado y, por tanto, de evitar las rupturas.

Veamos a continuación la descripción de cada columna y cómo se desarrollan los cálculos.

- Periodo. Como ya se ha dicho hace referencia al horizonte temporal y se subdivide en periodos más cortos para facilitar el control.
- Demanda. Ya ha sido explicado el sentido de esta variable
- Diferencias. Cantidades con las que han de modificarse los stocks de seguridad del mes anterior para conseguir los stocks de seguridad del mes actual.

Por ejemplo en el mes de febrero el stock de seguridad se fija en 30 unidades. En el mes de marzo se necesitan 120 unidades de stock de seguridad. Por tanto el stock de seguridad de febrero ha de aumentarse en 90 unidades para obtener las del mes de marzo, la diferencia entre el stock de seguridad de marzo y febrero de 90 unidades es lo que queda reflejado en esta columna.

En el mes de enero se necesitan 10 unidades para que junto a las 20 de stock inicial conseguir las 30 de stock de seguridad precisas de enero. La diferencia de 10, es lo que indica en esta columna.

La fórmula necesaria para calcular esta columna es:

$$\text{Diferencia} = \text{Stock de seguridad mes } i - \text{Stock de seguridad mes } i-1$$

El resto de los valores de esta columna se calculan por el mismo procedimiento, aunque hay la pequeña modificación de lo dicho para el mes de enero.

Esta columna también indica la cantidad de producto que es necesario fabricar, caso de que sean valores positivos, o dejar de fabricar, en caso contrario para compensar el stock de seguridad.

En definitiva estos valores tienen su repercusión en la demanda y nos permiten obtener los valores de la columna "Demanda corregida", que, en definitiva, es la demanda considerando además las necesidades "autoimpuestas" de los stocks de seguridad.

- Demanda corregida. La demanda a la que se ha añadido las diferencias de stock de seguridad mes a mes.

$$\text{Demanda corregida mes } i = \text{Demanda mes } i + \text{Diferencias mes } i$$

- Demanda corregida acumulada. Corresponde a los valores de la columna anterior sumados por meses. Esta columna nos permitirá obtener, como ahora veremos, una primera aproximación al cálculo de la producción mensual. La fórmula de cálculo es:

$$\text{Demanda corregida acumulada mes } i = \text{Demanda corregida acumulada mes } i - 1 + \text{Demanda corregida mes } i$$

La demanda acumulada del mes de junio indica la cantidad de unidades totales necesarias para satisfacer las peticiones que lleguen a la empresa (mercado, stock de seguridad, etc) por lo que está es la cantidad total a fabricar en el periodo de seis meses.

- Plan de producción. El total que hay que producir para satisfacer la demanda

Si consideramos una producción uniforme -con empleo mantenido regularmente y jornadas de igual duración- donde la nivelación se consigue con los stocks, supondría una cantidad mensual a fabricar de:

$$P = \frac{3610}{6} \cong 602$$

Tomaremos para redondear 610 unidades por mes (esta cifra se ha tomado sólo para redondear las cifras y facilitar los cálculos)

- Producción Regular. La producción hecha en horario laboral regular, esto es, durante el tiempo de 7 u 8 horas diarias fijadas por la empresa, recordemos que ésta es como máximo de 500 unidades/mes
- Producción Extra. La producción hecha en horario extraordinario, que supondremos que en su aplicación total consigue un máximo de 200 unidades/mes

- Stock. Refleja la situación real del almacén, si se cumplieran las previsiones de demanda. No obstante no se debe confundir esta columna con la de los stocks de seguridad, que es un objetivo de la empresa para asegurar un abastecimiento permanente a la demanda.

El cálculo de estos valores es en definitiva el balance de existencias de un almacén.

$$\text{Existencias finales} = \text{Existencias iniciales} + \text{Entradas (esto es: Producción)} - \text{Salidas (esto es: Demanda)}$$

Que aplicado a algunos de los periodos, en concreto al mes de marzo, nos da el siguiente resultado:

$$\text{Inventario del mes de marzo} = \text{Inventario de febrero} + \text{Producción de marzo} - \text{Demanda de marzo} = 640 + 610 - 1200 = 50 \text{ unidades.}$$

En el caso del mes de enero hay que considerar como existencias iniciales las 20 unidades en el stock inicial.

Observemos que hay meses en que el resultado es un stock de productos "negativo", es decir una ruptura, que se traducirá en el futuro en fallos en el suministro de producto. Esto debe de ser siempre inadmisibles, a no ser que medien circunstancias excepcionales.

- Echemos ahora cuentas de, si esta producción cumple los requisitos establecidos con anterioridad.

El Plan de Producción corresponde al valor de la producción mensual, que hemos considerado debe ser de 610 unidades. Esta cantidad se debe conseguir con las dos políticas productivas de la empresa: producción regular y extraordinaria.

La producción regular alcanza las 500 unidades/mes y es deseable, por razones de ocupación de recursos y coste, producir lo máximo posible con esta política. Por lo cual tomaremos esta cantidad como la producción regular de todos los meses en estudio.

El resto, hasta completar las 610 unidades por mes, debe conseguirse con la producción hecha en horario extraordinario, que es lo que se refleja en la columna siguiente bajo el título de "Producción Extra" y que suponen 110 unidades mensuales.

- Una vez explicado el método de cálculo, fijémonos en los resultados y comprobemos que hay aspectos del plan no cumplidos.

Los stocks de abril y mayo indican ruptura

No se alcanza el stock de seguridad del mes marzo, pues como se observa, se exige un stock de seguridad de 120 unidades, pero con el actual Plan de Producción sólo alcanzamos 50 unidades.

Como consecuencia, al no ser aceptables los valores de las producciones mensuales fijados con anterioridad, deberemos modificarla para conseguir

mantener nuestro plan dentro de las limitaciones impuestas por las necesidades del proceso.

Para ello deberemos entrar en un proceso de modificación de las cantidades a producir mensualmente, de manera que se cumplan las condiciones del plan (ausencia de rupturas, límites productivos de 500 y 200 unidades por mes, stocks de seguridad y limitación máxima de los stocks en 700 unidades)

Previsiblemente habrá muchas soluciones que cumplan estos requisitos, pero, y esto es otro de los objetivos del plan, sólo tomaremos las que representen un coste mínimo para la empresa.

Veamos cómo se determinan los nuevos valores de la columna "Plan de Producción":

El criterio más importante es intentar eliminar en lo posible las horas extraordinarias. Si hacemos esto nos daremos cuenta que los meses de abril y mayo se originan rupturas del stock, es decir carencia de producto final es los almacenes, como consecuencia de las altas demanda de los meses de marzo y abril.

Para evitar esto (que en absoluto es admisible, puesto que la esencia del plan es abastecer a la demanda) deberemos producir con la máxima capacidad permisible las cantidades necesarias para superar las rupturas.

Ahora bien, podemos comenzar haciendo las máximas horas extras en el mes de enero y almacenar el producto no demandado hasta el mes de abril, que es el primero en que se necesitará.

Esto supone un coste de almacenaje - no olvidemos que el coste de oportunidad consecuencia de almacenar producto depende del tiempo que se tiene en el almacén y a más tiempo más dinero - por lo que intentaremos producir justo en el momento que se necesita para que no esté el producto un tiempo indebido en el almacén.

Por esta razón, como se indica en la tabla "Plan Óptimo", comenzaremos produciendo con la máxima capacidad en horas extras en los meses en que el producto se necesita, esto es abril y mayo. En este mes haremos el máximo de horas extras y comprobaremos si eso es suficiente para supera la ruptura del almacén.

Si no fuera posible, deberemos aumentar la capacidad productiva del mes anterior y así sucesivamente hasta conseguir cumplir con las condiciones impuestas por el plan.



En cuanto a los costes se calculan conforme a los resultados de las políticas de producción por las que la empresa optará en el futuro; una de ellas, la producción regular, es por supuesto la base de la empresa y por tanto siempre inter- vendrá, cualesquiera que sean las otras alternativas.

En el caso de la ruptura se ha tomado, sólo a título de ejemplo, un coste de 3000 Ptas. Por unidad y mes que falta el producto en stock, pero se hace hincapié en que es un coste de muy difícil cálculo.

El coste de la producción extra se ha tomado como 4500 Ptas. cada unidad producida con esta política, un poco más caro que producción regular, pues la mano de obra directa suele ser más costosa.

Para el coste de los stocks se ha tomado un valor de 3000 Ptas. por unidad, que al multiplicarlo por una tasa de interés del 1% mensual citada da como resultado 30 Ptas. por unidad y mes. (recuérdese la fórmula del coste financiero  $C_F = Q \cdot c_u \cdot i \cdot T$ . Aquí se ha multiplicado ya el coste unitario por el interés, por lo que sólo es necesario multiplicar por la cantidad y el periodo en meses que permanece el stock)

En este caso sólo se han considerado la producción regular y en horario extraordinario y los inventarios, pero también hubieran podido añadirse los costes de otras políticas productivas como la subcontratación, o contratar y despedir mano de obra. En definitiva, se tiene el coste total para el Plan de Producción indicado en la tabla.

El coste es otro de los factores determinantes a la hora de elegir el Plan de Producción, de manera que deberemos ensayar otros valores de producciones mensuales, para saber si se mejora el coste total. Si efectivamente se mejora el coste total, tomaremos estos como nuevo Plan de Producción, siempre que sea compatible con los objetivos y limitaciones de la empresa. Por tanto, cualquier plan es válido siempre que su coste sea menor que el plan anterior.

Este método de cálculo, que consiste en repetir el procedimiento para obtener un cierto coste y aceptar los valores de producción si aquél ha disminuido y si no rechazarlo, es un sistema aproximativo de búsqueda del menor coste, basado en la prueba y el rechazo, por lo que nunca conoceremos cuándo hemos llegado al plan de menos coste, pues siempre cabrá la incertidumbre de que existan otros planes con menor coste.

Técnicamente es posible conocer cual es el valor óptimo aplicando determinados métodos matemáticos, cuya explicación superan el ámbito de lo tratado.

Este método de desarrollo de los cálculos del plan se adapta perfectamente a la utilización de una "hoja de cálculo"; por lo que, una vez confeccionada ésta,

es fácil obtener un criterio comparativo en cuanto al coste, sin más que variar la columna de producción mensual.

Finalmente, debe realizarse un Análisis de Sensibilidad. Es decir, una vez obtenidos los datos anteriores, conviene comprobar cuáles serían los resultados si los valores de demanda, que hemos tomado como base para el cálculo del plan, cambian en el futuro.

Para ello supondremos unos valores de la demanda superiores –por ejemplo– en un 10% a los tomados, mientras que el resto de los parámetros como costes, capacidad de producción, stocks de seguridad, etc. no cambian.

De los resultados podríamos saber, si una desviación de la demanda sobre las previsiones hechas en la cuantía citada, nos obligaría a aumentar también la producción y qué efectos tendría sobre nuestras decisiones.

Una vez que el Plan se da por definitivo deberemos proceder a su revisión periódica. Cada mes retiraremos del Plan el mes concluido e introduciremos el mes siguiente al último, y repetiremos los cálculos descritos. Como se deduce, el Plan se somete a revisión de una manera continua.

El Plan define las políticas y éstas ayudan a la empresa a determinar:

- Las aportaciones de los recursos productivos.
- Los fondos para la maniobra – gestión de niveles de stock y de recursos productivos - a medio plazo.
- Programación de las paradas oportunas por mantenimiento u otras causas.
- Mejorar la gestión la cartera de clientes del departamento comercial al anticipar los posibles fallos de suministro
- Prever el futuro de las capacidades productivas.

**PLAN INICIAL**

PERIODO	DEMANDA	STOCKS DE SEG.	DIFERENCIAS	DEM. CORR.	D. C. ACUM.	PLAN DE PRO.	PRO. REG.	PRO. EXTRA.	STOCK
Enero	300	30	10	310	310	610	500	110	330
Febrero	300	30	0	300	610	610	500	110	640
Marzo	1200	120	90	1290	1900	610	500	110	50
Abril	900	90	-30	870	2770	610	500	110	-240
Mayo	600	60	-30	570	3340	610	500	110	-230
Junio	300	30	-30	270	3610	610	500	110	80
<b>TOTAL</b>	<b>3600</b>			<b>3610</b>		<b>3660</b>	<b>3000</b>	<b>660</b>	

Stock Inicial = 20 unds.  
 Stock de Seg = 10% (sobre demanda)  
 Stock máximo = 700 unds.  
 Producción regular = 500 unds./ mes  
 Producción extraordinaria = 200 unds./ mes

		<u>COSTE TOTAL</u>
Coste de la Producción Regular =	3000 Ptas./ und.	9000000
Coste de la Producción Extraordinaria =	4500 Ptas./ und.	2970000
Coste de los stocks =	30 Ptas./ und.mes	33000
Coste de la ruptura =	3000 Ptas./ und.mes	1410000
<b>TOTAL</b>		<b>13413000</b>

**PLAN FINAL ÓPTIMO**

PERIODO	DEMANDA	STOCKS DE SEG.	DIFERENCIAS	DEM. CORR.	D. C. ACUM.	PLAN DE PRO.	PRO. REG.	PRO. EXTRA.	STOCK
Enero	300	30	10	310	310	670	500	170	390
Febrero	300	30	0	300	610	700	500	200	790
Marzo	1200	120	90	1290	1900	700	500	200	290
Abril	900	90	-30	870	2770	700	500	200	90
Mayo	600	60	-30	570	3340	570	500	70	60
Junio	300	30	-30	270	3610	500	500	0	260
<b>TOTAL</b>	<b>3600</b>			<b>3610</b>		<b>3840</b>	<b>3000</b>	<b>840</b>	

Stock Inicial = 20 unds.  
 Stock de Seg = 10% (sobre demanda)  
 Stock máximo = 800 unds.  
 Producción Regular = 500 unds./ mes  
 Producción extraordinaria = 200 unds./ mes

		<u>COSTE TOTAL</u>
Coste de la Producción Regular =	3000 Ptas./ und.	9000000
Coste de la Producción Extraordinaria =	4500 Ptas./ und.	3780000
Coste de los stocks =	30 Ptas./ und.mes	56400
Coste de la ruptura =	3000 Ptas./ und.mes	0
<b>TOTAL</b>		<b>12836400</b>

Notas al Plan de Producción: Este es el Plan de Producción óptimo, que cumple todas las condiciones.  
 Se observará que es necesario producir 3840 unidades para conseguir los objetivos del proceso: stocks de seguridad, stock máximo y producción regular y extraordinaria.

## 2.4 LA PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO

El plan a corto plazo recibe también el nombre de plan operativo, pues es donde basa la empresa cuáles deben de ser sus actividades inmediatas. El horizonte temporal está marcado por dos límites; uno, el más próximo en el tiempo, definido por el tiempo de fabricación de l producto; otro, el más lejano, por la fiabilidad de las estimaciones de la demanda.

Hasta ahora la fiabilidad de las estimaciones no era un aspecto relevante de la planificación, porque ciertas desviaciones no crean grandes problemas y sobre todo siempre hay más margen temporal para la rectificación que en la planificación a corto plazo. Sin embargo, en este caso, es muy importante la fiabilidad, pues en las estimaciones de la demanda se basa la producción de la empresa. Esto quiere decir que cualquier desviación puede tener un coste de imagen, por desabastecimiento del mercado, o por excedente de producto, además de ser dificultosa la posibilidad de reacción a corto plazo.

Aquellos sistemas productivos que trabajan en mercados de demanda difícilmente pronosticable, deben de ser sistemas muy flexibles que puedan reaccionar rápidamente ante cambios de los mercados, sobre todo si el producto es de alto coste unitario, caso claro de la industria del automóvil.

En esta etapa de la planificación los objetivos a alcanzar son:

- Cuánto hay que producir.
- En qué momento hay que producir estas cantidades.
- Qué tipos de productos.

Como en la anteriores etapas la base para conseguir los objetivos es la estimación de la demanda. Ahora esta estimación es a corto plazo por lo general periodos de días o como mucho algunas semanas, lo que hace que los pronósticos tengan cierto nivel de fiabilidad.

### 2.4.1 EL PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)

El Programa Maestro de Producción (MPS) es el documento en el que se reflejan los objetivos de la planificación a corto plazo. Es la base para la producción y de él se derivan las ordenes de trabajo y, por tanto, la organización diaria del taller. De aquí que tiene que dejar bien claro cuánto hay que producir, las fechas de comienzo y finalización de la producción y los tipos de producto.

Todo el horizonte temporal se divide en subperiodos, normalmente de semanas, aunque esto también es algo dependiente del proceso, por ejemplo en los procesos conocidos como "Justo A Tiempo" suelen ser uno o dos días.

La forma de confeccionar el Programa Maestro de Producción esta muy ligada a la estrategia productiva elegida por la empresa. No es lo mismo el Programa Maestro de Producción de una empresa que trabaje en JIT, que el de otra que trabaje contra-stock, etc.

Para realizar la producción la empresa puede adoptar varias estrategias productivas, como ya hemos indicado; veámoslas.

Supongamos en primer lugar una estrategia de producción nivelada con inventarios. Una estrategia del nivelado con inventarios permite mantener una producción constante, pero un inventario variable.

Si la producción se adapta a la demanda, nos permite prescindir de los inventarios (la estrategia de la producción Justo A Tiempo se basa en nivelar la producción con capacidad, lo que hasta cierto punto permite prescindir de los inventarios). En algunos caso este tipo de estrategias puede conducir a situaciones inviables o costosas, cuando los mercados presentan demandas muy cambiantes, o aleatorias en el tiempo.

Veamos ahora cómo se desarrolla el Programa Maestro en el caso de una producción contra-stock. Para ello supondremos la siguiente situación:

- La demanda se centra sobre cuatro productos distintos, llamémoslos A1, A2, B1 y B2.
- La producción se realiza en lotes económicos. Cada vez que se lanza la producción de uno de los cuatro modelos de producto, se ha de fabricar una cantidad determinada que, se supone, hace mínimo los costes de producción.
- El momento de lanzamiento de un lote lo determina el almacén y para ello se establecerá un nivel mínimo de existencias, de manera que cuando las existencias estén por debajo de este nivel, que llamaremos Punto de Reposición (P. r. en la tabla), se solicita la producción de un lote económico.
- Los tamaños de los lotes económicos y los puntos de reposición son diferentes para cada tipo de producto y se indican en la tabla.
- En el momento inicial del estudio del Programa hay unas existencias iniciales (S. I. en la tabla)

- cursos disponibles son limitados y también se indican en dicha tabla, por medio de la fila denominada Capacidad Productiva.
- El periodo de estudio es de ocho semanas correspondientes a los meses de marzo y abril.

	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN								Producto	Datos de la Producción
	Marzo Producción= 700 Demanda Total = 1200				Abril Producción = 700 Demanda Total = 900					
	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17		
Previsión de Demanda	120	120	120	120	90	90	90	90	A1	Prod.lotes de 140 P.r. = 75 S.I. = 316
Programa de Producción			140	140	140		140			
Disponibilidad	196	76	9	116	166	76	126	36		
Previsión de Demanda	90	90	60	90	68	68	68	68	A2	Prod.lotes de 90 P.r. = 30 S.I. = 237
Programa de Producción			90	90	90			90		
Disponibilidad	147	57	5	57	79	101	33	55		
Previsión de Demanda	60	60	70	60	45	45	45	45	B1	Prod.lotes de 50 P.r. = 10 S.I. = 158
Programa de Producción			50	50	50			50		
Disponibilidad	98	38	2	18	23	28	33	38		
Previsión de Demanda	30	30	30	30	23	23	23	23	B2	Prod.lotes de 30 P.r. = 5 S.I. = 79
Programa de Producción			30	30	30			30		
Disponibilidad	49	19	1	19	26	33	10	17		
	9									
Balance de Prod.	0	0	310	310	310	170	190	170		
Capacidad Produc.	175	175	175	175	175	175	175	175		
Diferencias	175	175	-135	-135	-135	5	-15	5		

Veamos a continuación el sentido de cada fila.

- Previsión de Demanda. Las unidades previsiblemente demandas por semana.
- Programa de producción. Los lotes de producto a fabricar.
- Disponibilidad. La previsión de los niveles promedios de existencias en cada periodo.

Los datos de esta fila se calculan utilizando la ecuación de balance:

$$\text{Disponibilidad semana } i = \text{Disponibilidad semana } i - 1 + \text{Producción semana } i - \text{Demanda semana } i$$

La fila Programa de Producción se calcula de la siguiente forma. Por ejemplo para el producto A1 y semana 12.

En el supuesto de que no se fabricara un lote de producto en esta semana, esto es, 140 unidades, el nivel de stock se situaría en  $-44$  unidades (76 de stock de la semana anterior menos 120 de demanda de esta semana) Como esto nos situaría el nivel de existencias por debajo del punto de reposición de 75 unidades, se encarga la producción del lote de 140 unidades.

El resto se calcula de la misma manera independientemente de la semana o el tipo de producto.

- Balance de producción. La cantidad total a producir en unidades por semana.
- Capacidad productiva. La cantidad total en unidades por semana que el proceso puede producir.
- Diferencias. El exceso de producción sobre la capacidad. Si la cifra es negativa quiere decir que falta capacidad, y si es positiva que sobra.

Una vez completada la tabla y hechos los cálculos se observará que mientras unas semana no es necesario producir, otras la concentración de lotes determina que haya un problema de capacidad. Es decir, unas semanas la fabrica está parada y otras no da abasto para satisfacer la demanda.

Desde el punto de vista práctico esto es inadmisibles, por lo que tendremos que ignorar las condiciones previas de tamaños de lotes y/o puntos de reposición en aras de conseguir una mejor distribución de la carga de trabajo.

Esta situación descrita forma parte de uno de los problemas más importantes de la producción que trata de estudiar la manera de organizar los recursos para atender todas las peticiones de producción en los plazos fijados.

En nuestro caso y dadas las condiciones de tamaño de lote y puntos de reposición, no es posible distribuir la carga de trabajo para conseguir un uso regular de los recursos. Por lo que optaremos por disminuir la cantidad por lote, lo cual repercutirá en los costes de producción, al no trabajar ya con lotes económicos (es preciso decir, que esta no es una decisión teórica para buscar una solución al problema, sino que es factible en la realidad)

La solución tomada (no es la óptima, sino una posible) es la reflejada en cuadro siguiente, en el que se verá que los tamaños de lote se han hecho de menos unidades.

En este cuadro se han incluido tres conceptos que corresponden a:

- Capacidad de producción regular. Referida a las unidades capaces de producir en horario regular.
- Capacidad de producción extra. Referida a las unidades capaces de producir en horario extraordinario.

- Producción extra. Es la cantidad real de unidades a fabricaren en horario extraordinario para conseguir igualar la demanda.

Como se observará, ahora la carga de producción está mejor repartida, sólo hay cinco semanas en las que se supera, ligeramente, la capacidad y otras en las que no se alcanza o están igualadas.

	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN								Producto	Datos de la Producción
	Marzo				Abril					
	Producción= 700				Producción = 700					
	Demanda Total = 1200				Demanda Total = 900					
	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17		
Previsión de Demanda	120	120	120	120	90	90	90	90	A1	Prod.lotes de 140 P.r. = 75 S.I. = 316
Programa de Producción			140	140	140		140			
Disponibilidad	196	76	96	116	166	76	126	36		
Previsión de Demanda	90	90	90	90	68	68	68	68	A2	Prod.lotes de 45(*) P.r. = 30 S.I. = 237
Programa de Producción	90	90		45		90	45	45		
Disponibilidad	237	237	147	102	34	56	33	10		
Previsión de Demanda	60	60	60	60	45	45	45	45	B1	Prod.lotes de 25(*) P.r. = 10 S.I. = 158
Programa de Producción	50	25	25		50	75		75		
Disponibilidad	148	113	78	18	23	53	8	38		
Previsión de Demanda	30	30	30	30	23	23	23	23	B2	Prod.lotes de 15(*) P.r. = 5 S.I. = 79
Programa de Producción	30	60	15			15		15		
Disponibilidad	79	109	94	64	41	33	10	2		
Balance de Prod.	170	175	180	185	190	180	185	135		
Cap. Produc. Reg.	125	125	125	125	125	125	125	125		
Cap. Produc. Extra.	50	50	50	50	50	50	50	50		
Producción Extra.	45	50	55	60	65	55	60	10		
Diferencias			-5	-10	-15	-5	-10			

(\*) Se han reducido los tamaños de los lotes respecto al anterior Programa

Una conclusión extraída de este estudio es que:

- A menor tamaño de lote de producción, más fácil es la programación y mejor utilización de los recursos se consigue.

Este es sólo un ejemplo de cómo se puede desarrollar el Programa Maestro de Producción. Hay otras muchas formas de hacerlo, en las que, además de estas condiciones, intervengan aspectos de cumplimiento de fechas, lo cual complica aún más la ejecución de Programa.



Es posible adoptar otra estrategia distinta, que es la producción por lotes. Qué motivos hay para adoptar este tipo de producciones. Simplemente, aprovechar las llamadas "economías de escala"; es decir, en algunos casos interesa producir cantidades muy superiores a las demandadas, lo que permite amortizar ciertos costes de la producción.

Prosigamos con el proceso de planificación a partir de los datos obtenidos en la última tabla para el producto tipo A1.

## 2.5 PLANEACIÓN DE MATERIALES

El paso siguiente en la planificación consiste en determinar las fechas en las que habrá que solicitar las materias primas y productos semielaborados, que en general llamaremos materiales, para completar la producción de las cantidades fijadas en la Programación Maestra.

Ahora los horizontes temporales coinciden con los del Programa Maestro de Producción y la base de la planificación esta formada por las cantidades establecidas en Programa Maestro.

La técnica comúnmente usada en la industria es la denominada MRP - I (estas siglas proceden de las palabras "Material Requirement Planning" o su traducción, Planificación de las Necesidades de Materiales, existen numerosos paquetes comerciales de desarrollo del MRP -I basados en el uso ordenadores, que permiten acortar y racionalizar el procedimiento de planificación.

En lo que continúa veremos una de las posibles maneras de llevar a cabo la MRP -I, pero hay que decir que hay otras muchas distintas, aunque sus principios son siempre iguales.

Esta técnica determina las necesidades de materiales a partir de las cantidades requeridas de los productos finales. Por tanto, hay que fijar en primer lugar las necesidades de éstos y la fecha de entrega, para pasar a continuación a establecer los productos intermedios y así ir descendiendo en la estructura de elaboración del producto hasta llegar a la materia prima.

En nuestro caso tomaremos las cantidades del Programa Maestro para el producto A1 de acuerdo con el último cálculo.

Periodo	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17
Producción	0	0	140	140	140	0	140	0

Como veremos, este modo de planificar presenta indudables beneficios en cuanto costes y organización, frente a otros tradicionales.

Previamente deberemos hablar de la manera en que se lleva a cabo esta técnica. Para ello se debe partir de ciertos documentos elaborados por la propia empresa, estos son:

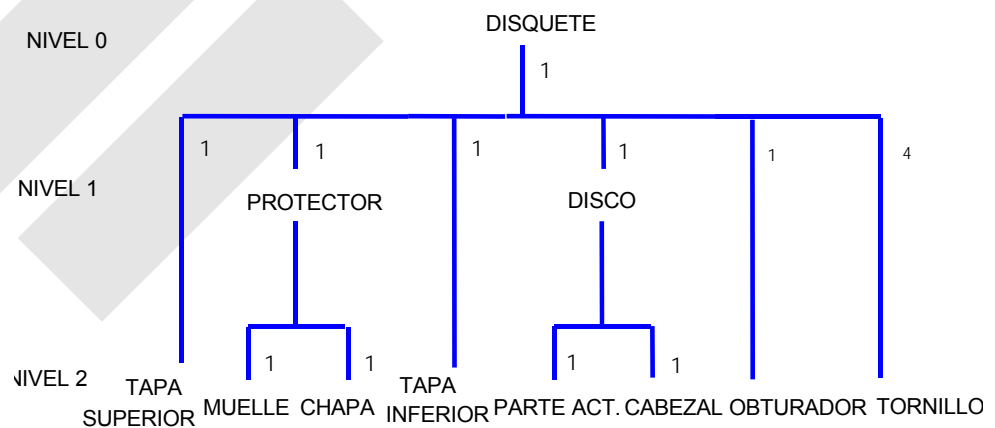
- Programa maestro de producción
- Lista de materiales.
- Registros de los inventarios.

Como ya hemos dicho qué es el Programa maestro de producción, hagamos referencia al resto de datos necesarios.

### 2.5.1 LISTA DE MATERIALES

La lista de materiales es un compendio de todos los productos, independientemente de su grado de elaboración, que intervienen en la fabricación de un producto. La lista debe contener las especificaciones necesarias para que puedan completarse todos los productos y de las cantidades que interviene en la producción del producto final.

La lista de materiales puede representarse como la figura adjunta, denominada Lista Jerarquizada, cuya utilidad es importante para la planificación de materiales. En el caso concreto de un disquete de ordenador dicha representación co-



responde a la siguiente figura.

Los números indicados representan las cantidades en que intervienen los diversos componentes que conforman el producto. Por ejemplo en cada disquete

intervienen cuatro tornillos o cada protector contiene un muelle. La relación entre un producto y su componente es siempre unitaria.

Otro aspecto a destacar es lo referente a los "Niveles". Estos marcan el grado de elaboración de productos y permiten la localización rápida de estos dentro de la lista jerarquizada. Hay que notar que los productos no manipulados por el proceso, los que constituyen la materia prima, siempre están en el nivel más elevado que es ¡la base! del supuesto triángulo, este es el caso de las tapas o el obturador en el ejemplo anterior.

Ciertos componentes intervienen en grupo, sin una referencia específica, como sucede con los tornillos, producto que en realidad está formado por el tornillo y su tuerca, a estos productos se les denomina LISTA TIPO K, la letra proviene del vocablo inglés "Kit" o conjunto.

La confección y actualización de la lista de materiales compete al departamento de Ingeniería, perteneciente a Producción. No obstante, la lista de materiales suele ser un documento manejado por diversos departamentos, entre ellos el Comercial, ya que les permite conocer las alternativas que un mismo producto ofrece, así como por otras razones que estudiaremos después.

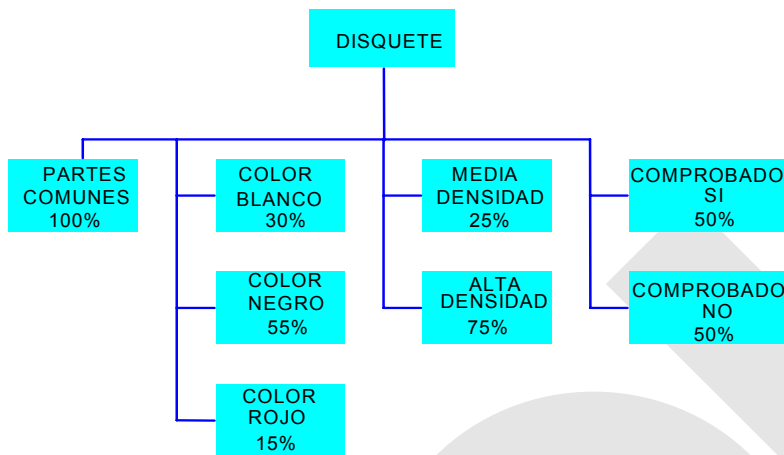
Una lista de materiales donde se especifiquen en porcentajes las opciones del producto final se conoce como SUPERLISTA DE MATERIALES. Su utilización es a efectos de previsión.

Como ejemplo de esto último consideremos el caso de los disquetes, donde se establecen tres opciones: el color de las tapas, la capacidad de información y la comprobación previa del formateado.

Ahora la lista de materiales se especifica en opciones y cada una ellas viene determinada por el porcentaje de demanda que ha habido de esa opción respecto al total.

Ahora la lista de materiales es más una previsión de las posibles opciones demandadas por el mercado, que un instrumento de producción.

Puesto que los porcentajes indicados también están sujetos a los errores de



previsión es necesario definir un stock de seguridad que absorba estas diferencias. Por ejemplo imaginemos que hay una previsión de producción - no una venta real - de 10000 unidades de disquetes. El departamento de Planificación informará al de Abastecimientos que curse la compra de 3000 tapas de color blanco, 5500 de color negro y 1500 de color rojo.

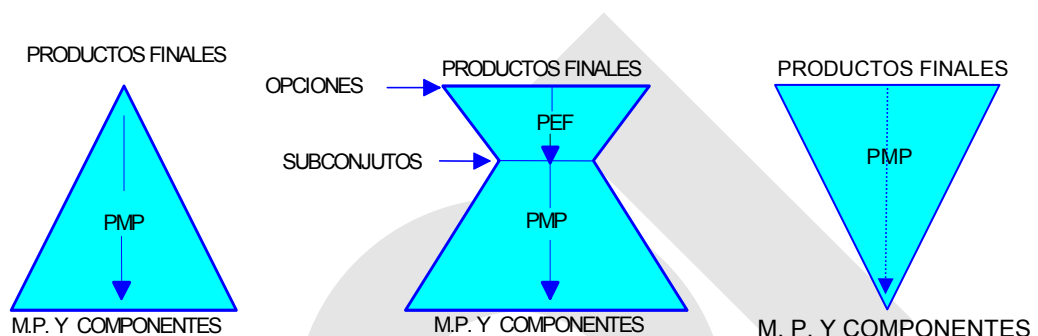
Si con posterioridad la demanda real no cumple esta "mezcla" y difiere de las proporciones indicadas (sea el caso de que los clientes soliciten 2000 del tipo rojo) se carecería de 500 unidades. Por lo que se comprenderá la procedencia de prevenir estas situaciones, estableciendo un stock de seguridad que absorba las diferencias entre las previsiones en los porcentajes de las opciones y la demanda real de éstas.

En otros casos conviene saber cuántos subconjuntos forman el producto final. Se trata de procesos donde las opciones que los clientes pueden solicitar en el producto final son muy numerosas, situación típica de producciones donde se monta por pedido; por ejemplo, las opciones en la industria del automóvil, donde el cliente solicita vehículos con dos o tres puertas, cierta motorización, elementos de seguridad, etc. o bien el empaquetado de ciertos productos formados por una amplia gama de artículos, tal como vajillas, piezas de menaje de cocina, etc.

En estos casos el producto sólo permanece en situación de componentes modulares, por ejemplo, los elementos de seguridad del coche que no son de serie. Es a partir de esta situación cuando se completa el producto final y la lista de materiales sirve de guía para conseguir la finalización del producto, lo que se conoce como Programación del Ensamblado Final, que ya hemos citado.

Normalmente la lista modular sólo se mantiene a un nivel, que es el de las opciones. La LISTA MODULAR es una estructura de la lista de materiales, que permite la identificación de subconjuntos para facilitar el montaje de opciones. Es útil en la última fase de la producción.

La lista modular determina una nueva y distinta estructura del concepto de lista de materiales. Hasta ahora hemos hablado de una lista de materiales jerarquizada, cuya estructura de producto determina un perfil en forma de "A" o "triangular", donde el producto final se encuentra en el vértice de ese triángulo y las materias primas en la base.



Éste es el prototipo de perfil utilizado en aquellos productos que tienen pocas opciones, es decir están muy definidos por el cliente. Productos idóneos para ser fabricados en procesos artesanales. La planificación parte del producto final y fija las necesidades de materias primas a través del Programa Maestro de Producción (PMP) y la lista de materiales de manera descendente.

En el segundo caso el perfil tiene una figura diferente, digamos de "reloj de arena", denominada también perfil en "I". Ahora los productos finales se obtienen de la combinación de módulos y estos se fabrican de las materias primas.

La Planificación de Materiales no se hace ahora sobre la base de los productos finales sino sobre módulos o subconjuntos, que ensamblados de distinta manera dan como resultado el producto final.

El Programa Maestro de Producción parte ahora de los módulos y determina las necesidades de materia prima para producir estos. Los productos finales llegan a través de las opciones, que sólo se montan en el instante que se conoce la confirmación del pedido. A partir de este instante entra en juego otro documento denominado Programa del Ensamblado Final (FSA), que es el encargado de guiar la última fase de la producción para adaptar el producto a las opciones demandas. Esta última manera de producir corresponde a un proceso de producción de ensamblado bajo pedido.

Las diferencias entre el Programa Maestro y el Programa de Ensamblado Final.

- El Programa Maestro de Producción trabaja con previsiones de demanda. El Programa de Ensamblado Final trabaja con pedidos confirmados.
- El Programa Maestro prevé las necesidades de productos finales o de subconjuntos a partir de la demanda. El Programa de Ensamblado Final determina las necesidades de subconjuntos a partir de los productos finales.

Existe otro perfil más denominado perfil en "T" y hace alusión a aquellos procesos cuyos productos que se fabrican a partir de una sola materia prima. Éste es el caso, por lo genera, de la industria de materias básicas, tal como acero, productos químicos, petróleo, etc. Su manejo, desde el punto de vista de la planificación de la producción, es igual que lo descrito para el perfil en "A".

Esta forma de estructurar el producto define tres tipos de industria.

- Los perfiles tipo "A", corresponden a industrias que trabajan con pedidos exclusivos.
- Los perfiles tipo "I", a fabricaciones con gran parte de manufactura y montaje.
- Los perfiles tipo "T", a industrias de procesos continuos.

Por último citaremos otras de las particularidades de la lista de materiales, que es conocida como Lista Fantasma, se refiere este tipo de listas a productos que tienen una realidad transitoria o muy corta, su utilidad estriba en la necesidad de mantener un "recuerdo" o registro a efectos de ingeniería de montaje o fabricación, pero no afectan a la planificación.

## 2.5.2 REGISTROS DE INVENTARIOS

La planificación de la producción requiere de informaciones auxiliares sobre la situación de los productos y subconjuntos utilizados en la fabricación del producto final.

Estos datos son en definitiva todos los que atañen al proceso pero en el caso específico de la planificación de materiales los datos necesarios hay que buscarlos en los registros que de los productos y proveedores se tengan en los departamento de Aprovisionamientos y Control de Inventarios.

En concreto se necesitan los siguientes datos para la Planificación de Materiales:

- Existencias de los productos.
- Stocks de seguridad fijados por el departamento de Planificación.
- Tiempo de suministro, es el plazo fijado por el suministrador para entregar ciertas cantidades de los productos.

- Ordenes abiertas, o pedidos pendientes de suministro. En realidad se trata de un mismo concepto, aunque con dos puntos de vista diferentes.

Como suministradores nos referiremos tanto a los proveedores ajenos a la empresa, como a otras partes de la empresa que en cierto momento actúa como proveedora.

En el primer caso, cuando hagamos un pedido a un proveedor y establezcamos una programación de entregas, diremos que son Pedidos Pendientes. En el segundo caso, cuando cursemos una orden de producción a una sección de la propia empresa e igualmente, programemos las entregas, las unidades no entregadas aun forman parte de una Orden Abierta.

En cualquiera de los dos casos para nosotros serán "Entregas pendientes"

- Métodos de pedido, este concepto se refiere a la agrupación de las cantidades. Ya vimos que ciertos tipos de procesos no producen unidades individuales, sino que agrupan para formar lotes, por razones económicas. Se trata por tanto de definir qué cantidades se producen o compran cuando sea necesario.
- Costes de producción, o de compra.

Junto a estos datos son necesarios otros como los porcentajes de desperdicio de material cuando se procesa un producto, los porcentajes de desechos y re-procesados.

Sólo consideraremos para nuestro ejemplo aquellos datos estrictamente necesarios para la claridad en las explicaciones.

### 2.5.3 PRÁCTICA DEL MRP - I

Veamos ahora cómo se desarrolla la planificación de materiales utilizando la técnica MRP - I.

Como aclaración previa hay que decir que el uso por las empresas de esta técnica requiere del empleo de ordenadores. Naturalmente, para ejemplos o casos sencillos no es necesario, pero piénsese que la gran mayoría de los productos comercializados requieren de numerosos componentes y múltiples operaciones, lo cual complica en exceso, si no imposibilita, la elaboración de la MRP -I.

Para comenzar deberemos explicar el cuadro que utilizaremos para el desarrollo, como también sus conceptos. Hay que decir que no siempre se emplea la misma estructura de cuadro, existen numerosas versiones, aunque conceptualmente no hay variaciones.

		TIPO DE PRODUCTO									
Q =	Exis. =	Mes marzo					Mes abril				
T. s. =	S.s. =	S9	S10	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19
Necesidades Brutas											
Pedidos Pendientes											
Disponibilidades											
Necesidades Netas											
Ordenes Planificada											
Ordenes Libradas											

El cuadro comprende tres partes:

- Definición del producto y situación del inventario.  
Se trata de identificar el producto mediante el código y su descripción. Además incluimos el tiempo de suministro (T.s.); el stock de seguridad (S.s.) y la cantidad por lote cursado (Q).
- Bloques temporales.  
Corresponden a los periodos en que se ha dividido el Programa Maestro, como se ha dicho, lo normal es usar la semana como bloque temporal. En nuestro caso se han tomado 10 semanas que corresponden a otras tantas columnas.
- Conceptos sobre la planificación.  
Corresponden a:
  - Necesidades Brutas. Son las cantidades que hay que suministrar a nuestros solicitantes. Entiéndase como tal toda empresa ajena a la nuestra o toda sección de nuestra propia empresa, que requiere un producto.
  - Pedidos Pendientes. Ya se ha comentado cual es el concepto de este apartado. Se trata de anotar aquellas órdenes de compra u órdenes de producción abiertas, que no han sido satisfechas, por lo que las partes no entregadas deberán anotarse aquí. No se olvide, que son compromisos de los suministradores con nuestro proceso y no compromisos de nuestro proceso con los clientes.



- Disponibilidades. Anotaremos aquí todas las existencias del producto descontadas las de seguridad. En algunas ocasiones surgen las denominadas "Reservas", que corresponden a las existencias ya comprometidas para otras producciones. Si tal cosa hubiera ocurrido debería tenerse en cuenta descontando la cantidad reservada de las existencias.

En definitiva las Disponibilidad se puede calcular por una simple resta que es:

$$\text{Disponibilidad} = \text{Existencias} - \text{Reservas} - \text{Stock de seguridad}$$

Los valores que aparezcan en esta fila no deberían ser nunca menores que cero, pues ello supondría admitir que las existencias se encuentran en las existencias de seguridad. Esto puede acontecer en la realidad futura, pero no en esta fase, no olvidemos que estamos haciendo un plan y malos planes serían aquellos que empiezan por no cumplir sus objetivos.

Los valores negativos son los desencadenantes de la producción de una cantidad de producto suficiente para compensar estos stocks negativos.

- Necesidades Netas. Son las cantidades que hay que producir para compensar los stocks negativos. Como en el apartado anterior se puede establecer una fórmula matemática que permita el cálculo de estos valores de una manera automática.

$$\text{Necesidades Netas} = \text{Necesidades Brutas} - \text{Entregas Pendientes} - \text{Disponibilidades.}$$

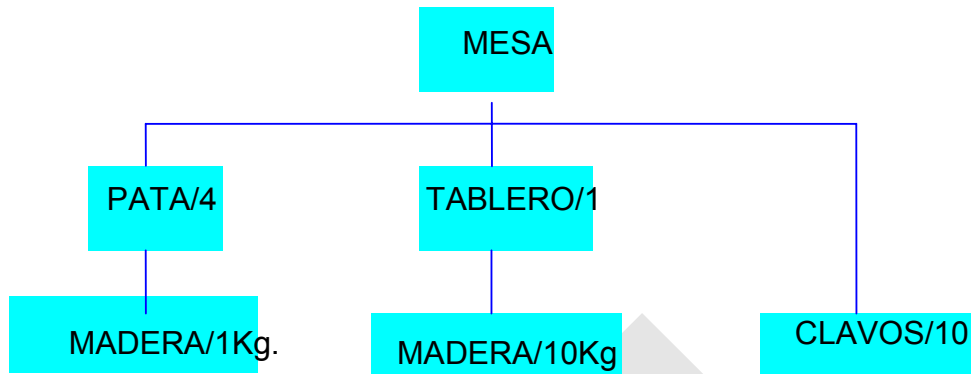
- Ordenes Planificadas. Si el anterior concepto supone las cantidades que habría que producir, este nuevo significa el momento que hay que comenzar a producir las cantidades anteriores, por tanto es básicamente lo mismo que el anterior pero atrasando en el tiempo su comienzo en función del tiempo de suministro.

Se trata en definitiva de fijar el momento de comienzo de la producción de las cantidades que compensan los inventarios negativos.

- Ordenes Libradas. Este concepto tiene en cuenta la agrupación de cantidades para formar lotes de producción o compra en aquellos casos que se necesite. Ya hemos comentado que estos conceptos se aclararan mejor en próximos capítulos. No obstante piénsese en un tipo de artículo cuya compra debe ser hecha en cantidades fijas, es el caso de transporte de mercancías la cantidad está fijada por la capacidad de carga del vehículo de transporte.

Hay que completar un cuadro por cada uno de los productos que intervienen en el proceso. El desarrollo se lleva a cabo comenzando por el producto final y concluyendo en los productos menos elaborados, o materias primas. Dentro de un nivel se puede planificar cualquier producto sin ningún orden concreto. Esta forma de planificar la manipulación de productos, comenzando por el final y retrocediendo hasta la materia prima no es caprichosa, obedece como ya ve-

remos a un sistema de programar la producción, que presenta indudables ventajas.



Para el desarrollo de nuestro ejemplo tomemos como producto una mesa fabricada en madera con la composición indicada.

Lo que significa que:

- 1 Mesa está formada por 4 patas, 1 tablero y se ensambla con 10 clavos.
- 1 Tablero está fabricado con 10 kg. de madera de pino.
- 1 Pata está formada con 1 Kg. de madera de pino (se aclara que es la misma madera que la de los tableros)

Finalmente, los datos de la fichas de los productos, según costa en el almacén, son:

TIPO DE PRODUCTO	EXISTENCIAS	STOCK DE SEGURIDAD	TIEMPO DE SUMINISTRO	CANTIDAD/LOTE
Mesa	0 unds.	0 unidades	1 semana	Unidad por unidad
Tablero	100 unds.	50 unds.	1 semana	Unidad por unidad
Pata	600 unds.	100 unds.	1 semana	Unidad por unidad
Madera	3000 Kg.	1000 Kg.	1 semana	5000 Kg.
Clavo	5000 unds.	1000 unds.	1 semana	5000 unds.

A continuación deberemos rellenar la tabla de MRP, similar a la anterior para el producto MESA.

		Tipo de Producto: MESA								
		Periodo en semanas								
		S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Q/I = und	Exis. = 0									
T. s. = 1	S.s. = 0									
Necesidades Brutas		0	0	0	140	140	140	0	140	0
Entregas Pendientes					0	0	0	0	0	0
Disponibilidades					0	0	0	0	0	0
Necesidades Netas					140	140	140	0	140	
Ordenes Planificada				140	140	140	0	140		
Ordenes Libradas				140	140	140	0	140	0	

Los comentarios que haremos a la tabla anterior son:

- Las Necesidades Brutas se han completado con los resultados anteriores del Programa Producción.
- No hay Entregas Pendientes, ni Disponibilidades.
- Las Necesidades Netas por tanto coinciden con las Brutas.
- Las Ordenes Planificadas se sitúan una semana antes de las Netas debido al desfase introducido por el tiempo de suministro.
- Las Ordenes Libradas, que agrupan las cantidades en lotes, son por tanto las mismas que las anteriores, puesto que no hay agrupación en lotes para este producto.

La zona sombreada indica el desfase temporal existente entre el momento de la fabricación (S12) y el momento en que el producto estará disponible para el cliente (S13) Aunque sólo se ha hecho para esta semana, este desfase es aplicable a las semanas restantes.

Repitamos el procedimiento para el producto "Pata".

		Tipo de Producto: PATA									
		Periodo en semanas									
		S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	
Q/I = und	Exis. = 600										
T. s. = 1	S.s. = 100										
Necesidades Brutas		0	0	560	560	560	0	560	0		
Entregas Pendientes				0	0	0	0	0	0		
Disponibilidades.				500	0	0	0	0	0		
Necesidades Netas				60	560	560	0	560	0		
Ordenes Planificada			60	560	560	0	560				
Ordenes Libradas			60	560	560	0	560				

Los resultados son ahora los siguientes:

Las Necesidades Brutas proceden de las Ordenes Libradas del producto anterior. Es decir, si de la tabla anterior sabemos, que hay que producir 140 unidades de mesas en las semanas S12, que es el significado de las Ordenes Libradas, habrá que tener cuatro veces más de patas en esa fecha, justo las cantidades reflejadas en este apartado. Lo mismo para el resto de las semanas.

Las Disponibilidades ahora ascienden a 500 unidades, que proceden de la diferencia entre las 600 de existencias menos las 100 del stock de seguridad. Esto sólo es aplicable al primer periodo, pero no a los siguientes periodos, puesto que la Disponibilidad de 500 unidades queda agotada en esta semana S12.

Como antes, se ha sombreado las columnas correspondientes a las necesidades brutas (que representa la cantidad de patas necesarias para que la siguiente etapa del proceso proceda al ensamblado de 140 mesas) y las Ordenes Libradas correspondientes, pero adelantadas en el tiempo 1 semana (que es el momento de fabricación de las 560 patas)

El resto de los apartados no tiene ninguna aclaración que hacer con respecto a lo anterior.

Vemos la tabla de MRP para el producto tablero.

Q/l = und    Exis. = 100 T. s. = 1    S.s. = 50		Tipo de Producto: TABLERO									
		Periodo en semanas									
		S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	
Necesidades Brutas			140	140	140	0	140				
Entregas Pendientes			0	0	0	0	0				
Disponibilidades.			50	0	0	0	0				
Necesidades Netas.			90	140	140	0	140				
Ordenes Planificada.		90	140	140	0	0					
Ordenes Libradas.		90	140	140	0	140					

Los resultados de este cuadro son los siguientes:

Las Necesidades Brutas proceden de las Ordenes Libradas del producto mesa. Es decir, si de la tabla de MESA, anterior, sabemos, que hay que producir 140 unidades de mesas en las semanas S12, habrá que tener la misma cantidad de tableros en esa fecha, justo las cantidades reflejadas en este apartado. Lo mismo para el resto de las semanas.

Las Disponibilidades ahora ascienden a 50 unidades, que proceden de la diferencia entre las 100 de existencias menos las 50 del stock de seguridad. Esto sólo es aplicable al primer periodo, pero no a los siguientes periodos, puesto que la Disponibilidad de 50 unidades queda agotada en esta semana S11.

El resto de los apartados no tiene ninguna aclaración que hacer con respecto a lo anterior.

Ahora descendemos un nivel hasta el 2º y encontramos dos productos – materias primas – “Madera” y “Clavos”.

Hagamos el cuadro MRP de la madera.

Para ello debemos considerar que, como hemos dicho, la madera que se emplea en tablero y patas es la misma por lo que tendremos que agrupar las Ordenes Libradas que correspondería a Pata y a Mesa. La Necesidad Bruta se confecciona teniendo en cuenta las Ordenes Libradas de los productos que emplean la madera y el momento en que necesitan la madera

Por ejemplo: Las Necesidades Brutas de la tabla “MADERA”, correspondientes a la semana S11 proceden de la fabricación de 60 patas en esa semana, a 1

Kg. de madera por unidad, y la fabricación de 90 tableros a 10 Kg. de madera por unidad. Es decir.

$$60 \text{ unds. de patas} \cdot 1 \text{ Kg./unidad} + 90 \text{ unds. de tableros} \cdot 10 \text{ Kg./unidad} = 960 \text{ Kg}$$

El resto de las cantidades de Necesidad Bruta se calculan igual.

		Tipo de Producto: MADERA								
		Periodo en semanas								
Q/I = 5000    Exis. = 3000 T. s. = 1    S.s. = 1000		S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Necesidades Brutas			960	1960	1960	0	1960			
Entregas Pendientes			0							
Disponibilidades.			2000	1040	4080	4080	4080	2120		
Necesidades Netas.			0	920	0	0	0			
Ordenes Planificada.		0	920	0	0	0				
Ordenes Libradas.		0	5000	0	0	0				

La disponibilidad para el primer periodo es de 2000 Kg. (3000 Kg. – 1000 Kg.) por lo que las necesidades brutas de la semana S11 quedan cubiertas y sobra producto.

$$2000 \text{ Kg} - 960 \text{ Kg.} = 1040 \text{ Kg.}$$

Luego para este periodo no hay que encargar nada a fabricación y el remanente de 1040 Kg va a parar al almacén, por lo que figura como Disponibilidad en el periodo S12.

En el periodo S12 hay que tener asistido a una Necesidad Bruta de 1960 Kg., como la disponibilidad es de 1040 Kg. hay que comprar 920 Kg. que aparecen como Necesidad Neta en este periodo y como Ordenes Planificada en la semana S11.

Para este mismo periodo encargaremos madera y el proveedor nos servirá 5000 Kg. que figuran como Ordenes Libradas en este periodo. De los 5000 Kg. tomaremos 920 Kg. para el periodo S12, con lo que quedan 4080 Kg., como Disponibilidad para S13. El cálculo se repite para el resto de los periodos.

Queda para el alumno confeccionar la tabla para el producto “Clavo” con los datos de las Fichas del almacén “suministrados”.

Con ello hemos determinado las cantidades que se necesitarán y cuándo se necesitarán. A partir de estos datos se deberán cursar las SOLICITUDES DE MATERIALES, que en definitiva en una petición de compromiso para que los suministradores confirmen los datos anteriores.

Es necesario destacar lo siguiente.

- Como se deduce de lo expuesto, cada vez que cambiamos de nivel, el producto a planificar –producto “padre” – ha de ser hecho con anterioridad a su “hijo”. Esto quiere decir que un producto con múltiples niveles –producto complejo– deberá tener un horizonte de planificación mayor que otro con menos.
- Por tanto, a mayor complejidad del producto mayor horizonte de planificación y por tanto menor seguridad en los pronósticos y más dificultad en acoplar la producción a la demanda.

Una vez realizada la planificación de materiales, deberemos acometer la planificación de capacidades.

## 2.6 PLANEACIÓN DE CAPACIDADES (CRP)

Si en apartado anterior hemos buscado la disponibilidad de materiales, en éste trataremos de planificar la cantidad de recursos productivos –mano de obra y maquinaria– que serán necesarios para procesar los productos anteriores. Si la planificación de materiales es conocida como MRP – I, la planificación de capacidades se conoce como CRP.

El punto de partida para el cálculo de la planificación de recursos son los siguientes datos.

- La planificación de materiales MRP – I
- Los tiempos de ajuste y procesado de cada uno de los productos.
- Las hojas de ruta.
- La capacidad disponible para cada uno de los recursos.

Veamos cada uno de estos documentos.

- El procedimiento MRP-I que no requiere más explicaciones.
- Las hojas de ruta indican el camino del producto a lo largo de las secciones que lo manipulan.

Supongamos para nuestro ejemplo que la máquina empleada para cortar la madera de las patas y los tableros es la misma y que deseamos planificar este recurso.

- Los tiempos de procesado son los tiempos requeridos para procesar cada uno de los productos en cada una de los recursos utilizados.

En nuestro caso cada vez que se corta un lote de patas, o tableros es necesario proceder a un ajuste de la máquina, de manera que los tiempos de ajuste y unitarios de producción son.

#### RECURSO: MÁQUINA DE CORTAR MADERA

PRODUCTO	TIEMPO DE AJUSTE	TIEMPO DE PROCESO
Tablero	2 horas por lote	3 minutos por unidad
Pata	2 horas por lote	1 minuto por unidad

Ahora el tiempo de procesado tiene dos componentes. Una, la del tiempo de ajuste del proceso previo al tratamiento del producto. Este tiempo se da por lote producido, pues es cada vez que se produce un lote cuando se procede al ajuste de las instalaciones. Otra, la de tiempo de operación de cada una de las unidades que componen el lote. Este tiempo es mayor o menor en función del número de unidades que componen el lote, pero no depende del número de lotes producidos.

- La capacidad disponible, se refiere al tiempo que se puede emplear de cada uno de los recursos utilizados en operar los productos.

Conforme a estos datos, hagamos un análisis de capacidad en el periodo definido por el Programa Maestro de Producción para este recurso en concreto.



PLAN DE CAPACIDADES DE LA MÁQUINA DE CORTAR MADERA									
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Unidades de patas a procesar	0	60	560	560	0	560	0	0	0
Unidades de tableros a procesar	0	90	140	140	0	140	0	0	0
Tiempo de procesado de patas en minutos (1 min./und.)	0	60	560	560	0	560	0	0	0
Tiempo de procesado de tableros en minutos(3 min./und.)	0	270	420	420	0	420	0	0	0
Tiempo de ajuste por lote de patas en minutos (120 min.)		120	120	120	0	120	0	0	0
Tiempo de ajuste por lote de tableros en minutos (120 min.)	0	120	120	120	0	120	0	0	0
Total tiempos de procesado más tiempos de ajuste	0	570	1220	1220	0	1220	0	0	0
Capacidad disponible de este recurso en minutos	480	960	960	960	960	960	960	960	960
Sobrecargas en minutos	0	0	260	260	0	260	0	0	0

Esto indica que durante las semanas 12, 13 y 15 hay un exceso de trabajo, sobre la capacidad disponible de este recurso, correspondiente a 260 minutos de más. En consecuencia durante estas semanas no podrá hacerse estos trabajos. Lo cual nos deberá conducir a un replanteamiento de las operaciones o de la planificación.

Las posibles soluciones a adoptar para resolver estos cuellos de botella pueden ser algunas de las siguientes en orden de preferencia.

- Adelantar en el tiempo la cantidad de trabajo correspondiente a las sobrecargas; de manera que –por ejemplo– en las semanas 10, 11, o 14 podría cargar parte del excedente de trabajo de semanas posteriores. Esto conllevaría la necesidad de tomar alguna de estas decisiones.
  - De qué producto se adelanta el trabajo; ¿de patas? ¿de tableros? ¿de ambos?, en ese caso, ¿en que proporción?
  - Una vez tomada la decisión anterior hay que modificar la Planificación de Materiales para poder disponer de los materiales necesarios en las cantidades y fechas acordadas en el punto anterior.
  
- Si no fuera posible lo anterior, deberá procederse a modificar el Programa Maestro de Producción, pues en definitiva, todo lo hecho hasta ahora es consecuencia de una programación de productos finales adoptada con anterioridad y proceder a desarrollar una nueva etapa de planificación de materiales y capacidades.

Esta opción es con mucho la más costosa de las dos citadas.

- Subcontratar – siempre que esté admitido por la empresa – el equivalente en producto a las sobrecargas.

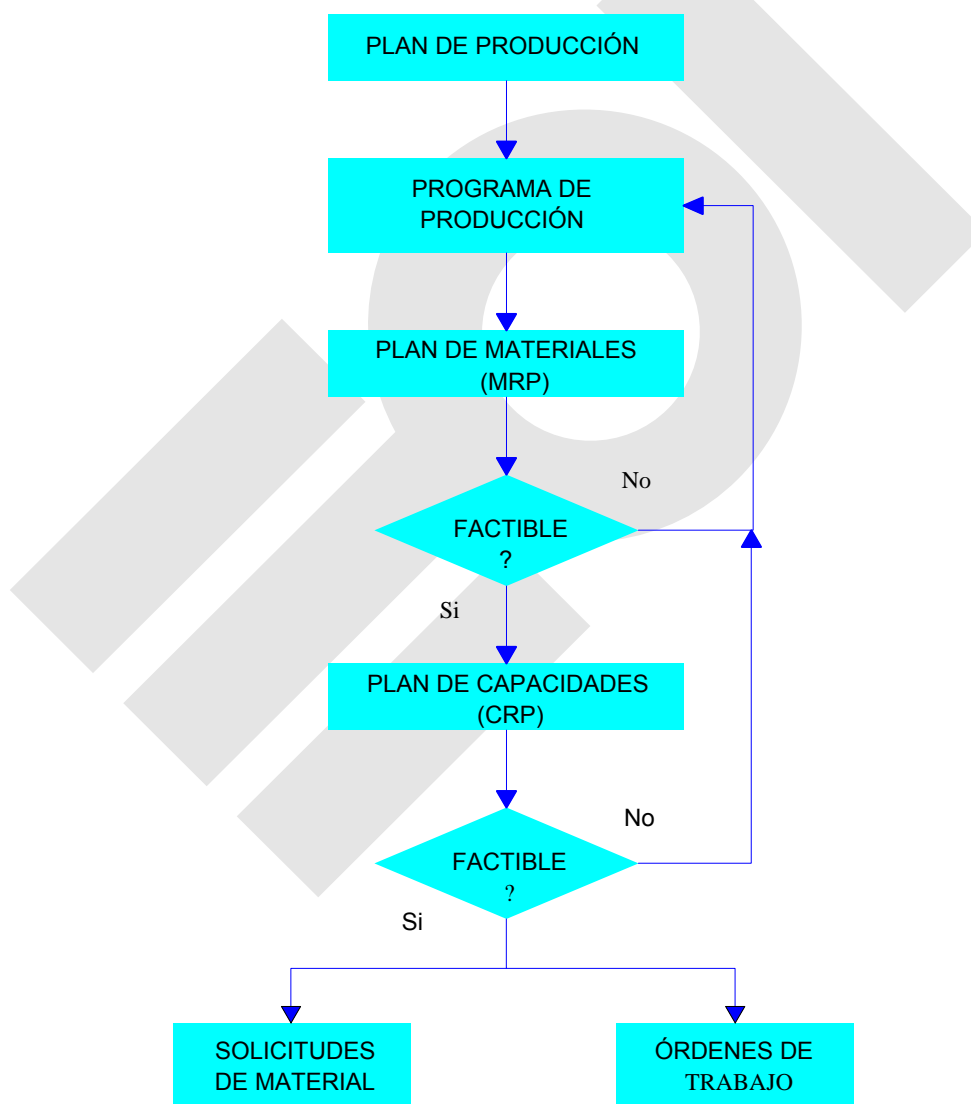
Cuando todas las sobrecargas de todos los recursos han sido eliminadas, entonces el proceso de planificación ha concluido.



## LA APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA A LA PRODUCCIÓN

### 3.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de planificación es en la mayoría de las empresas algo complejo, que requiere el manejo de múltiples datos y procedimientos de iteración, con cambios frecuentes de estos, por necesidad de cambios actualizaciones periódicas, sobre todo en empresas que fabrican una amplia gama de productos con múltiples opciones.



De aquí que el uso de ordenadores en el desarrollo de la planificación haya sido fundamental en la gestión del sistema de producción.

En el diagrama de flujo se indica cómo sería el proceso iterativo de planificación descrito con anterioridad.

Como se observará, el orden de las etapas de la planificación son las escritas con anterioridad, pero se han introducido dos bucles de retorno.

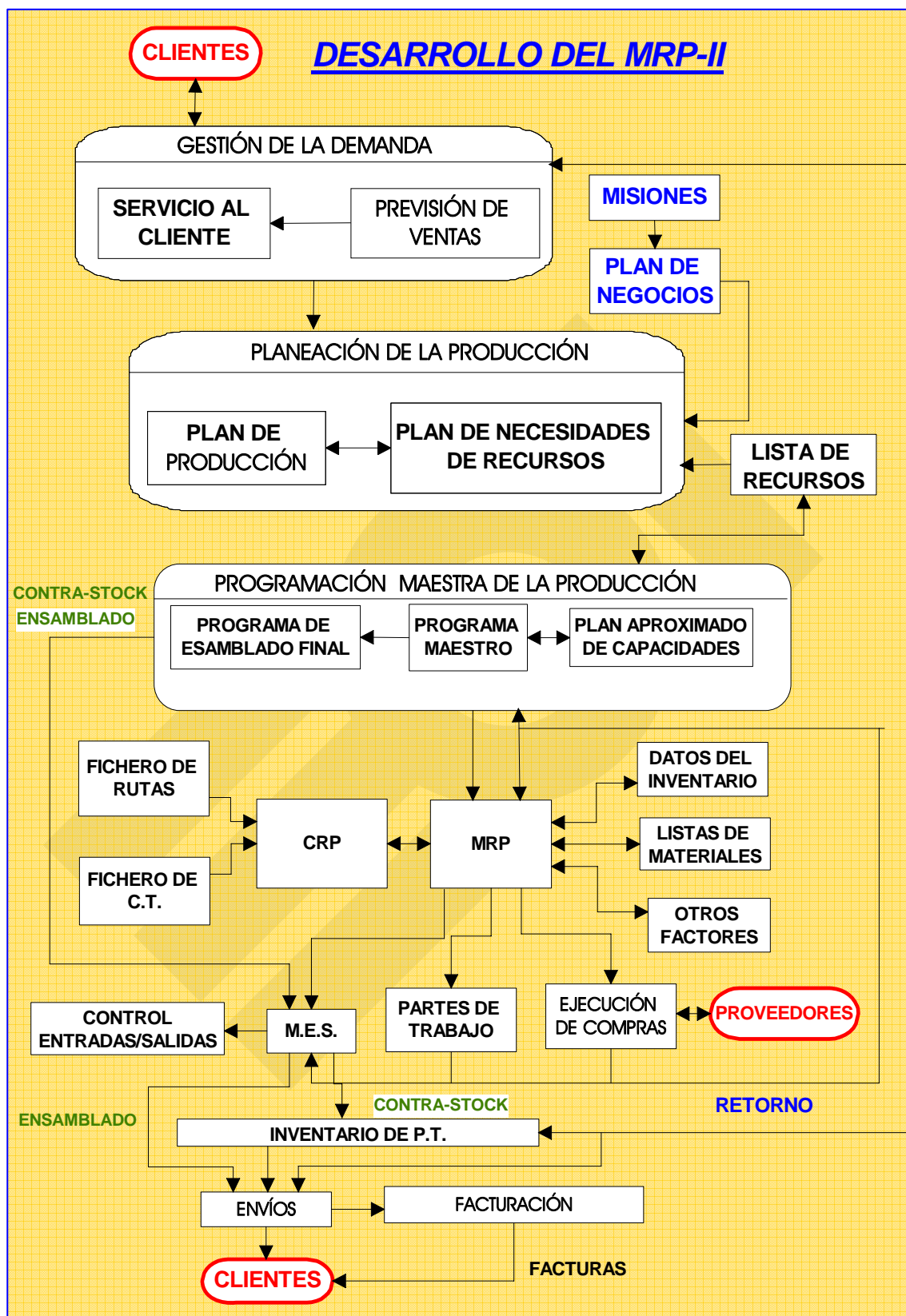
- El retorno que corresponde al Plan de Materiales, al concluir esta etapa de la planificación deberemos consultar a los proveedores de materiales –internos y externos– si las fechas y cantidades de los productos que deben entregar son aceptables (¿factibles?) si todo es correcto, pasaremos a la siguiente etapa, sino deberemos ajustar el Programa Maestro de Producción para acordar otras fechas y cantidades.
- El retorno que corresponde al Plan de Capacidades, tiene las mismas interpretaciones que el anterior, pero referido a la capacidad. En definitiva, si los recursos necesarios para procesar los materiales, que se han planificado en la anterior etapa, están disponibles (¿factibles?) continuaremos con el proceso, en caso contrario deberemos modificar la planificación de materiales, o el Programa Maestro de Producción y repetir todo lo hecho a partir de aquí.

Este método de rectificar lo anterior hecho en función de los datos que se conocen es lo que se denomina en planificación “MRP en lazo cerrado” .

## 3.2 MRP – II Y ERP

Lo descrito anteriormente sólo cubre unos determinados aspectos de la producción. En la actualidad se necesita un mayor control y seguimiento de los productos y operaciones, esto ha hecho que se amplíe el campo del control informático sobre la producción y los programas existentes han evolucionado hasta conseguir un control casi total de la producción, como es el caso de denominado “Planificación de los Recursos de la Producción” (MRP -II) y el control de otras funciones de la empresa además de la producción “Planificación de los Recursos Corporativos” (ERP)

Un ejemplo de un diagrama de flujo de un control MRP-II se indica en la figura.



Como se observará ahora las relaciones interdepartamentales y los controles han aumentado, ello gracias a una mejora de los medios informáticos. Veamos someramente la composición de los bloques que integran el diagrama de flujo.

- Gestión de la demanda.

Este bloque tiene como misión determinar el servicio al cliente a través de quejas y reclamaciones. Debe constar de una base de datos que integre por cliente y producto los fallos detectados.

También compone este bloque un paquete estadístico de análisis de previsiones.

Como vemos estos datos interaccionan con el almacén de productos terminados y con el departamento de “Envíos” para controlar los datos de los clientes a los que van dirigidos los productos

- Plan de producción. Su misión es la de definir las políticas productivas, tal y como se ha explicado. A través de éstas se determina la gestión a medio plazo de los recursos en la empresa.

- Programación de la producción. A lo dicho con anterioridad hay que añadir que en este bloque y previo al desarrollo de Programa es necesario hacer un estudio de la capacidad del proceso productivo. Este estudio no se hace individualmente para cada recurso, sino por secciones o plantas. Es lo que se denomina “estudio aproximado de capacidad”. Su finalidad es la de detectar cuellos de botella antes de proseguir con el desarrollo del plan, de esta forma se evita detectar estos al final del proceso de planificación y tener que rectificar todo, con los consiguientes costes.

Si la producción corresponde a un proceso por ensamblado, entonces hay que aplicar el bloque denominado Programación del Ensamblado Final.

Es necesario destacar que la relación entre este bloque y el anterior es a través de los recursos y no de la demanda, tal y como se explicó.

- Bloques de planificación de materiales (MRP) y capacidades (CRP) Ya se ha explicado estos bloques como sus conexiones con otros como lista de materiales, rutas, centros de trabajo, etc.

- Bloques de ejecución y control del trabajo en el taller. Corresponden estos bloque a los sistemas de cómo o se organizan los trabajos en el taller, qué trabajos se hacen antes que otros, tomando como referencia parámetros tales como, terminar rápidamente una serie de trabajos, mantener los recursos ocupados, etc. Todo esto corresponde al módulo denominado Sistema de Ejecución de la Producción (MES)

Hay que advertir que este bloque aún presenta problemas en su implantación en las empresas, por lo que la mayoría de los paquetes informáticos lo omiten o no lo desarrollan en su totalidad.

Junto al módulo citado también está el denominado “Control de Entradas y Salidas”. Su misión es mantener un control sobre la carga de trabajo de cada centro de manera que no se acumulen trabajos en los centros.

- El resto de los módulos se refiere al control de almacenes, pedidos a proveedores, envíos a clientes y facturación.

Dada la gran cantidad de paquetes informáticos existentes al respecto y los avances de estas técnicas, lo descrito sólo puede tomarse como base para comprender sistemas más complejos.

Tal es el caso de los sistemas ERP, que añaden otros módulos a los ya descritos para controlar aspectos contables, financieros, de recursos humanos y comerciales.

Téngase en cuenta que el lado negativo de todos estos sistemas informáticos de control, es que para su correcto funcionamiento y para una aplicación rentable, necesitan que se les suministren y actualicen los datos sobre los que trabajan y esto cuesta esfuerzo y dinero.

# LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

## 4.1 ANTECEDENTES

El concepto de “Cadena de Suministro” hace referencia al control y seguimiento de todas las operaciones realizadas sobre el producto desde las materias primas hasta la entrega como producto terminado al cliente.

Muchas cadenas de suministro son simples, con pocas etapas de transformación y su gestión no requiere grandes esfuerzos. Pero en los últimos años el comercio electrónico (e-commerce) ha hecho que las cadenas de suministro se expandan con mucha rapidez, de manera que la complejidad puede aumentar por la cantidad de relaciones generadas entre los agentes (clientes + empresa + suministradores) y por la “mezcla” de productos (mix) que obliga a un tratamiento logístico diferente según los pedidos de los clientes.

La idea de llevar a cabo la gestión completa de la cadena de suministros surgió a finales de la década de los 90 como una evolución necesaria en la mejora del servicio al cliente y en la eficiencia en la empresa.

Se ha dicho que si la década de los ochenta supuso un amplio salto en la gestión y forma de ver de la calidad, en la década de los noventa las empresas se preocuparon de reformar –“reingeniería”– los procesos y procedimientos, la próxima década será la dedicada a mejorar la rapidez de las entregas.

La gestión de la cadena de suministros (SCM) consiste, esencialmente, en la gestión del flujo de materiales y del flujo de información. El objetivo perseguido es, que cualquiera de las empresa integrante de la cadena - intermediarios, minoristas, productores o suministradores - puedan acceder a los datos necesarios para tomar mejores decisiones de cara a aumentar el servicio al cliente.

Sin duda, cuando las necesidades y los suministros se sincronizan, todo los agentes del canal logístico ganan: los clientes consiguen antes el producto deseado, los mayoristas y minoristas venden el producto justo almacenado, los fabricantes utilizan mejor su capacidad y en general los costes disminuyen y aumenta la satisfacción.

Fabricar, o almacenar productos que no se venden, no añade valor, sino que origina costes.





sez de recursos para acometer un pedido, retrasos en los envíos, etc. Los usuarios podrán fijar a voluntad los niveles de activación de estas alarmas.

- **Visibilidad.** Se refiere a la cantidad de información a la cual puede acceder cualquiera de los agentes intervinientes en la cadena. Desde este punto de vista podemos distinguir dos tipos
  - Información horizontal, es aquella disponible para un mismo nivel de la cadena, por ejemplo, ventas de un producto determinado en clientes, cualesquiera que sean estos.
  - Información vertical, cuando la información procede de diversos escalones de la cadena, por ejemplo, un minorista que desea conocer en qué punto de la cadena se encuentra su pedido.

En este aspecto haremos referencia al horizonte de la información para indicar el número de escalones a los que puede acceder un agente de la cadena. Este horizonte puede estar restringido por razones técnicas –no todos los agentes tienen los medios para facilitar la información pedida por otros– o bien estratégicas, ciertos datos sólo se suministran a determinados agentes.

- **Procedimientos de aprobación.** Como consecuencia de la restricción de datos es necesario establecer métodos para que los agentes puedan información sobre planes, programas y situación ordenes.

Desde este punto de vista pueden establecerse acuerdos diversos entre los agentes.

- Acuerdos para un trabajo concreto. Los agentes intervinientes acceden y pueden introducir datos referidos solamente a esa orden, tales como, disponibilidad en inventarios, plazos de entrega, crear una orden de venta, etc.
- Acuerdos Interempresas. Obviamente es un método mucho mas amplio que el anterior, puede agrupar a varios departamentos de los miembros constituyentes de la cadena de suministro. Los puntos de colaboración pueden ser incontables, desde compartir la cultura y filosofía de los negocios, hasta aspectos concretos como la de desencadenar una serie de pedidos a proveedores cuando un minorista cursa una orden de venta.

Estos acuerdos serán diferentes según se planteen desde uno u otro lado de la cadena de suministros, siendo de destacar:

- Colaboración desde el lado de los proveedores. Este es el caso en el que una de las empresas – por lo general, la que realiza el producto - esté interesada en mejorar el flujo de materiales procedente de los proveedores, para lo cual les facilita datos sobre programas de producción, accesos a diversas partes del sistema productivo, o datos sobre gestión de inventarios, envíos, demanda de productos, etc.

El caso más frecuente en la industria surge cuando se desea que el proveedor gestione el inventario su producto en el inventario del comprador. En estos casos, se establecen las oportunas alarmas para que el proveedor esté al tanto de cuándo debe proceder a la reposición de sus productos en el inventario del comprador.

Esta situación conocida como Gestión del Inventario por el Vendedor (VMI) se explicará en un apartado por ser frecuente en la industria y el comercio.

- Colaboración del lado de la demanda. Ahora son los suministradores quienes desean mejorar sus planes sobre ventas, aumentar sus niveles de servicio, o reducir sus inventarios, etc., mediante la colaboración de los clientes.

Cualquier orden de compra cursada se refleja inmediatamente en el sistema de gestión de stocks, que procede a actualizar los niveles del inventario descontado la orden cursada.

Un paso más allá de esta colaboración consiste en permitir a los clientes la posibilidad de conocer la lista de “Disponibilidad para Comprometer” (ATP) o “Capaz para Comprometer” (CTP) Ambos conceptos, aunque no son iguales, hacen referencia a la proyección futura de la capacidad de producción del suministrador. De esta forma el propio cliente fija, según los recursos del proveedor, el momento de la entrega del pedido, o, si esto no fuera posible, puede crear sus propias alternativas sobre la entrega de la orden.

Incluso es posible, que el cliente facilite al proveedor una lista de requerimientos futuros. De esta forma, el proveedor procede a reservar la capacidad productiva necesaria para ejecutar dichos requerimientos y es el propio cliente el encargado de realizar, on-line, la programación de la producción, teniendo en cuenta las limitaciones dadas por el proveedor como mínima cantidad a producir, horarios de los recursos, tiempos de producción, etc.

- Colaboración con los proveedores de servicios logísticos. En este caso alguno de los agentes contrata a un proveedor de servicios logísticos (3PL) para llevar a cabo tareas de almacenamiento, transporte, empaquetado, etc.

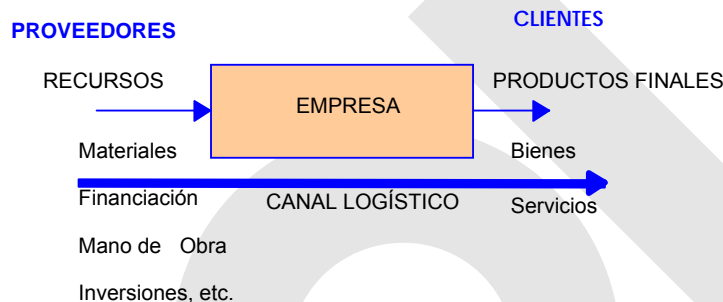
Compartir información entre las partes supone beneficios mutuos, que en el caso del subcontratado se traducen en una mejor gestión de sus tareas al disponer por adelantado de información sobre los clientes. En lo que respecta al contratista verá mejorar el servicio dado por el logístico.

En cualquier caso no cabe duda que en el futuro este tipo de colaboración será aún más estrecha, porque los medios técnicos lo permitirán y el mercado lo exigirá.

Veamos a continuación algunas herramientas para la mejor gestión de la cadena de suministros.

### 4.3 MISIONES DE LA LOGÍSTICA

La Logística en la empresa se configura como un servicio necesario para transferir bienes entre puntos de suministro y de consumo, que pueden ser internos a la empresa o externos, todo ello con la mayor calidad, en el mínimo tiempo y con los costes correctos.



Todo lo que atañe a este acarreo entre proveedores y clientes es lo que ha de hacer la Logística.

La definición de Logística podemos hacerla ahora: “Logística es el arte de gestionar eficaz y eficientemente el manejo y distribución del flujo de bienes existentes entre proveedores y clientes, cuales quieran que sean estos”.

Pero esta es una definición genérica que hemos de concretar. Para ello estudiemos las misiones por las que pasan los materiales desde sus fuentes - los proveedores - hacia su destino - los clientes y, para simplificar clasifiquemos estas etapas en tres:

- La primera clasificación son aquellas misiones que suponen transporte o movimiento o están relacionadas con ello.  
Dentro de estas misiones cabe destacar todo lo que tiene que ver con el abastecimiento, el manejo de productos dentro de la empresa, el empaquetamiento y modos y medios de transporte, así como el reparto o distribución.
- La segunda misión genérica está relacionada con la custodia y control de los productos, cualesquiera que sea su estado. Dentro de ésta hay que citar el mantenimiento de stocks y todas las operaciones relacionadas para un mejor control, tal como gestión de inventarios, localización de centros de

almacenamiento, manipulación de mercancías, codificación, mejora de las rotaciones, etc.

- La tercera y última se refiere a los servicios necesarios para gestionar el flujo de materiales, como tratamiento de ordenes de cliente o compra a proveedores, actualización de bases de datos de clientes y proveedores, planificación de materiales, etc.

Como se deducirá los cometidos de la Logística son amplios y distintos unos de otros, de manera que se corre el riesgo de caer en una disgregación de los cometidos, en los que cada parte busque una gestión independientemente de los objetivos generales de la empresa.

## 4.4 EL CANAL LOGÍSTICO

Antes de continuar veamos qué entendemos por Canal Logístico y cuáles son sus tipos y problemas.

Por canal logístico se entiende: “El conjunto de medios, operaciones y agentes necesarios para mantener el flujo de bienes entre proveedores y clientes”.

En realidad dentro del canal logístico coexisten dos tipos de flujos.

- Flujo de materiales, que como es obvio va desde el proveedor al cliente.
- Flujo de información, que circula al contrario que el anterior y que es el origen del primero.

La rapidez y eficiencia del primero es consecuencia en gran medida de la del segundo; de aquí que las técnicas actuales persigan entre otras cosas mejorar en lo posible dicho flujo, puesto que con poco esfuerzo se obtienen reducciones en tiempos y mejoras en calidad.

El elemento desencadenante del flujo de materiales es el que nos permite hacer la primera distinción en el tipo de canal:

- Flujo tipo “Pull”. También llamado de arrastre porque son los clientes los que desencadenan el flujo de bienes. Este tipo de canal tiene las siguientes características:
  - Desde el punto de vista comercial se emplea la estrategia de la publicidad como elemento motivador de la demanda.
  - Se utiliza para productos diferenciados de alto coste unitario, tales como vehículos.
  - Como el coste unitario es alto, los costes de mantener stocks de productos son elevados, por lo que no se suelen mantener

almacenadas un elevado número de unidades en los diversos centros de almacenaje que compongan el canal logístico.

- De lo anterior se deduce que la complejidad del canal logístico es menor que otros tipos, por lo que permite la gestión de una demanda mayor de productos, pero por el contrario se exige una mejor gestión en el flujo informativo, puesto que al no haber stocks excesivos los riesgos de ruptura son elevados.

Es necesario decir que este tipo de canal se adapta bien a las denominadas producciones J.I.T. y las tendencias actuales en la distribución van en ese sentido.

También es necesario decir, que otros productos como son los obsoletos y los que presentan periodos de caducidad muy cortos - tales como revistas o prensa escrita - se distribuyen a través de canales de este tipo.

Por último este tipo de canal se presta bien a la gestión de nominada de Postergación, o Aplazamiento, es decir no completar las operaciones finales del producto hasta que no se conozca la cantidad y tipo de demanda, caso típico de ciertos productos en la industria de la alimentación, como las “marcas blancas”, que permanecen en tal estado hasta que se etiquetan con los datos del cliente solicitante.

- Flujo tipo “Push”. Conocido también por flujo de empuje, porque es la empresa la que envía el producto a través del canal. Sus principales características son:
  - Desde el punto de vista de estrategia comercial se estimula la compra mediante técnicas de promoción y precio.
  - Se utiliza para productos poco diferenciados pero de coste unitario bajo, tal como azúcar, etc.
  - Como el coste unitario es bajo los stocks pueden ser elevados por lo que es usual encontrar múltiples puntos de almacenaje en el canal logístico.
  - Ello complica la gestión del canal en cuanto al flujo de materiales pero por el contrario simplifica el flujo de información.
  - Este tipo de flujo reacciona peor ante cambios en la demanda por lo que no se adapta a procesos J.I.T.

## 4.5 OBJETIVOS DE LA LOGÍSTICA

Dos son fundamentalmente los objetivos de la Logística:

- Conseguir unos costes compatibles con un servicio determinado.
- Dar un Servicio adecuado a lo solicitado por los clientes.

Veamos el caso de los costes.

### *Costes de la Logística.*

Dada la cantidad de cometidos y departamentos que operan en la función Logística no es posible conseguir un coste óptimo para el conjunto, mas bien al contrario puede suceder que la mejora de un departamento suponga el empeoramiento de otros.

Por ejemplo, supongamos que un departamento de Logística tiene a su cargo las funciones de Aprovisionamientos, Almacenes y Transporte.

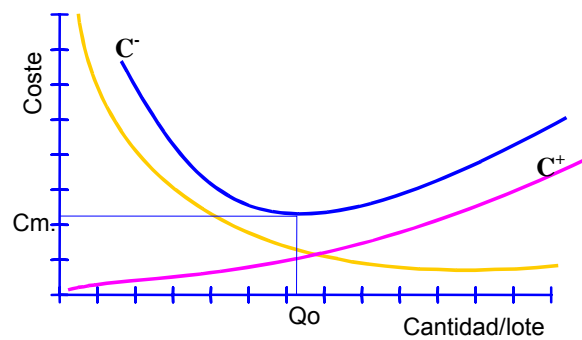
En este caso el coste del departamento de Logística viene determinado por:

$$\text{Coste Total logístico} = \text{Coste de los aprovisionamientos} + \text{Coste del almacenaje} + \text{Coste del transporte.}$$

El responsable de los Aprovisionamientos decide aumentar la cantidad por lote para obtener mayores descuento de los proveedores. Cabría esperar que el coste logístico disminuyera en esa cantidad, pero eso no sucede, porque con esa política de compras estamos aumentando los costes de almacenaje, de manera que el beneficio obtenido no será la totalidad de los descuentos del proveedor, e incluso podría suceder que hubiera perdidas.

El análisis de los costes se debe hacer comparando lo que sucede en con los costes afectados, en nuestro caso los dos citados, veamos cómo se comportan ambos costes:

- El coste de los productos comprados disminuye a medida que aumenta la cantidad por lote. En la figura se representa por  $C^-$ .
- El coste de almacenaje aumenta con la cantidad comprada por lote. En la figura se representa por  $C^+$ .

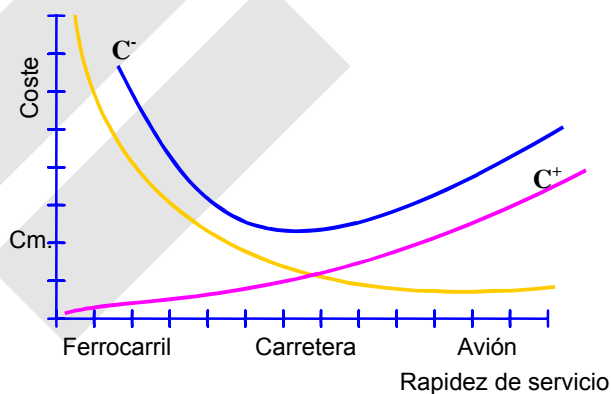


De la comparación de ambos costes se deduce que hay una cantidad concreta que hace el coste total de ambos departamentos -Abastecimientos y Almacén- sea el menor posible.

Esta manera de comparar costes de dos departamentos para ver cuál es la opción que hace el coste mínimo es lo que llamaremos Intercambios de Costes.

Esta misma situación puede darse con otros departamentos y otras variables, que no sean las cantidades compradas. A título de ejemplo veamos la aplicación de algunas de ellas.

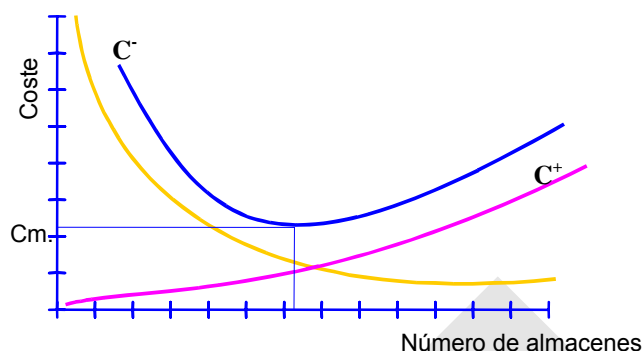
- Comparando los costes de transporte ( $C^+$ ), con los costes de los productos almacenados que están en tránsito ( $C^-$ ).



- Nivel de stocks comparando los costes de almacenar ( $C^+$ ), con los costes de ruptura ( $C^-$ ).



- Número de almacenes comparando los costes de almacenar ( $C^+$ ), con los costes de transporte ( $C^-$ ).



Como se puede deducir, la reducción de costes no se puede hacer de manera individual hay que hacerlo en conjunto, esto ha hecho que la gestión de todos los departamentos implicados sean gestionados por un sólo responsable bajo el campo de la Logística.

### *Nivel de Servicio*

Podemos definir Nivel de Servicio como:

La opinión que tienen los clientes de la empresa o departamento que realiza las labores logísticas.

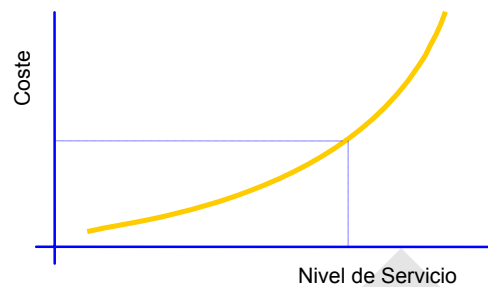
Esta es una definición teórica con poca aplicación práctica. Otras definiciones con utilidad en la práctica son las siguientes:

- El tiempo transcurrido entre la recepción de una orden y el suministro del material.
- El tamaño mínimo de la orden aceptada por el suministrador.
- El porcentaje de artículos de los que no hay existencias.
- El porcentaje de ordenes no suministradas.
- El porcentaje de artículos que llegan en perfectas condiciones al cliente.

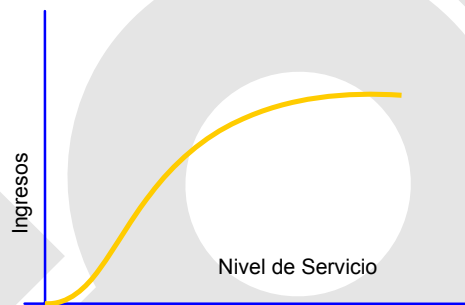
Existen muchas maneras de conocer el servicio al cliente las anteriores son medidas objetivas que no consideran directamente la opinión de estos. Otra forma es a través de las encuestas donde se pregunta a los clientes sobre determinados aspectos del servicio.

No todo servicio se puede dar a costa de cualquier precio. Se ha de buscar una adecuada combinación entre servicio y el coste que supone ese servicio. En

teoría los incrementos de servicio no corresponden a incrementos de coste proporcionales, por el contrario acciones para conseguir mejoras en el servicio requieren aumentos en los costes más que proporcionalmente.



Los ingresos también están sujetos a tasas decrecientes, en este caso, respecto a los aumentos o mejoras de servicio.



Algunos de los aspectos mejorables para conseguir aumentar el servicio a los clientes son:

- El plazo de entrega.
- La calidad de los productos.
- Información previa sobre los plazos de entrega.
- El precio de los artículos.
- Servicio posventa.
- Etc.

Consideremos el primero de ellos. El plazo de entrega es el intervalo de tiempo entre la orden de compra y la entrega del material. También puede conocerse como Tiempo de Suministro, Tiempo de Reposición y Ciclo de Pedido.

En realidad son los mismos conceptos, pero expresados desde puntos de vista diferentes; por ejemplo, un encargado de un almacén entenderá como tiempo

de reposición el tiempo transcurrido entre dos entradas sucesivas de producto en el almacén.

El plazo de entrega se suele dividir por razones prácticas y de gestión en otros intervalos de tiempo más cortos:

- Tiempo de tramitación: Tiempo transcurrido desde que se produce la orden hasta que el vendedor la recibe.
- Tiempo de procesado: Tiempo empleado en conseguir la autorización o conformidad de la venta, consultar la solvencia del cliente, preparar la documentación de transporte, etc.
- Tiempo de preparación: Tiempo empleado en proteger o agrupar la mercancía, es decir; en empaquetar y “paletizar” el producto, si fuera necesario.
- Tiempo de embarque: Tiempo que se emplea en el transporte de la mercancía.

En la actualidad y mediante técnicas de tratamiento de datos se intenta acortar el plazo de entrega, acortando a su vez los tiempos de tramitación y los tiempos de procesado.

Si representamos el plazo de entrega que tardamos en suministrar a los clientes, con la frecuencia que acontecen estos plazos, obtendremos una curva como la de la figura.

## 4.6 PARÁMETROS DE CONTROL DE LA SCM

Como medida de la eficiencia en la gestión de la cadena de suministros se pueden emplear los siguientes parámetros y ratios.

- Calidad de las entregas. Se mide por el porcentaje de envíos cuya calidad está conforme con lo programado.
- Tasa de fallos por líneas de pedido. Muchos clientes utilizan la misma orden para pedir varios productos o referencias. Cada referencia es a su vez una línea distinta –el nombre de línea de pedido procede de aquí: una referencia distinta, una línea distinta en la hoja de pedido– por tanto, la referencia, o línea, no cumplimentada se considera como fallo. Es usual utilizar este método de medición de servicio, porque el cliente desea recibir a la vez todo el material, ya que los envíos parciales no le sirven.

Por tanto, conforme a este parámetro, la medición correspondería al porcentaje de líneas no suministradas sobre el total pedido.

- Plazo de entrega de ordenes completas. Una forma de medir el plazo de entrega de la cadena de suministros consiste en calcular la media del tiempo empleado desde el pedido hasta la entrega y la desviación típica de éste.
- Tiempo de respuesta de la cadena de suministro. Mide la adaptación de la cadena de suministro al cambio de producto o al cambio en la cantidad. La medida consiste en calcular la media la desviación típica del tiempo empleado desde que el cliente cursa la orden, hasta que se prepara todo el proceso para elaborar el producto.
- Cobertura del inventario. Indica el número de días que puede seguir abasteciendo la cadena ante una parada de las fuentes de suministro. En una cadena bien gestionada este valor debe ser bajo
- Eficiencia de los medios de transporte. Se mide como el porcentaje de horas que se utilizan los medios de transporte frente al total de horas de trabajo.
- Variabilidad en los tiempos de suministro. Se mide con la desviación típica de los tiempos de suministro. Este parámetro es útil para calcular los niveles de stock de seguridad.

# LA GESTIÓN DE APROVISIONAMIENTOS

## 5.1 INTRODUCCIÓN

La función de Aprovisionamientos ha sido considerada por muchas empresa como una función secundaria dependiente, por lo general, de la Producción, que definía y marcaba la política a seguir.

Hoy día, por el contrario, los Aprovisionamientos han tomado carta de naturaleza y se han transformado en uno de las armas fundamentales en las empresas para conseguir importantes ventajas competitivas.

De una manera simplificada, aunque después ahondaremos en las razones, podemos decir que por muy buenos y costosos que sean los controles de calidad de una empresa, nunca obtendrá su objetivo si el producto adquirido carece de la calidad necesaria. Todo lo que haga en el producto carece de valor, por lo que es necesario una cuidada selección de proveedores.

Otro tanto se puede decir de los precios de venta de nuestros productos, y la repercusión de los costes de Aprovisionamiento, como es el caso del sector de la automoción. También de los plazos comprometidos con los clientes pueden verse afectados, si los retrasos en las entregas de nuestros proveedores son frecuentes, etc.

Podemos decir que para muchas empresas, sus esfuerzos en conseguir mejoras continuas, resultarán tarea baldía sin la colaboración de los proveedores. Su porvenir depende de una buena gestión de los Aprovisionamientos.

Esta idea ha sido tan asumida por las empresas del sector de la automoción, que han integrado dentro de sus propios procesos a sus proveedores más relevantes, compartiendo con ellos los propios avatares del mercado. Es lo que conocemos como “integración horizontal”.

## 5.2 RAZONES PARA UNA POLÍTICA DE APROVISIONAMIENTOS

Sin entrar en consideraciones de otro tipo, las razones por las que interesa a una empresa establecer una minuciosa política de Aprovisionamientos se basan en el peso económico que éstas tienen en comparación con otras partidas de la producción. Para analizar esto que acabamos de decir, tomemos dos si-

tuaciones –una de ellas con una reducción del 10% en las partidas correspondientes a los costes de Aprovisionamientos– correspondientes a los balances de cuatro empresas, A, B, C y D y comparemos entre ellos para sacar las conclusiones pertinentes.

	SITUACIÓN INICIAL				SITUACIÓN -10% DE COSTE DE MATERIALES			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Ventas	100	100	100	100	100	100	100	100
Costes de materiales y servicios	70	30	60	60	63	27	54	54
Otros costes	25	45	37	39	25	45	37	39
Beneficios	5	25	3	1	12	28	9	7
Activo	20	100	25	25	20	100	25	25
Margen comercial (%)	5	25	3	1	12	28	9	7
Rentabilidad (%)	25	25	12	4	60	28	36	28

(Aclaremos que la Rentabilidad se calcula dividiendo los Beneficios sobre el Activo y que el resultado del Margen Comercial corresponde a la división de las Ventas sobre el Activo).

Establezcamos ahora las comparaciones entre las cuatro:

- Si comparamos la situación de inicial de la empresa A con su situación posterior y lo mismo que para la empresa B, observaremos que
  - Al inicio, ambas tienen la misma rentabilidad.
  - La partida correspondiente a Aprovisionamientos -“Coste de materiales y servicios”- es mucho menor en el caso de la empresa B.
  - Una disminución del 10% en esta partida origina un aumento inapreciable en la rentabilidad de B, pero, en las mismas condiciones, aumenta en más del 200% para la empresa A.
  
- Repitamos la comparación para las empresas C y D.
  - Ahora las dos tienen la misma cifra de compras, pero el margen comercial de D es, inicialmente, menor.
  - La rentabilidad de C es tres veces mayor para C que para D.
  - Una disminución de los costes de Aprovisionamientos del 10% para ambas hace que la rentabilidad de D pase a ser 28% - se ha multiplicado por 7 –y la rentabilidad de C pase a 36– se ha multiplicado por 3.

De estas comparaciones sacamos las siguientes y definitivas conclusiones.

1. La gestión del departamento de Aprovisionamientos es tanto más importante, cuanto mayor sea la cifra de compras en comparación con la cifra de ventas (se deduce del apartado “a”).
2. La gestión del departamento de Aprovisionamientos es tanto más importante, cuanto menor sea el margen comercial de la empresa (se deduce del punto “b”).
3. (Esta conclusión se deriva de las anteriores). La gestión del departamento de Aprovisionamientos es tanto más importante, cuanto menor sea la capacidad de la empresa de repercutir eventuales incrementos de precio de los bienes y servicios adquiridos en sus precios de venta. (En términos más cercanos a la Economía diríamos que la rigidez de la elasticidad precios de compra/precios de venta determina la importancia de la gestión. A más rigidez mayor importancia).

Es evidente que este análisis no lo es todo y que existen otros condicionantes que disminuyen la importancia de estos. Por ejemplo: la calidad, la solvencia de un proveedor, el precio unitario, etc.

### 5.3 TIPOS DE APROVISIONAMIENTOS

La clasificación de aprovisionamientos se puede hacer de múltiples maneras, por ejemplo, posibilidad de almacenar o no los productos, si son sustituibles por otros, si se pueden fabricar, disponibilidad, por el volumen de pedido o por su importe, compras continuas o rutinarias, etc. Veamos algunas otras.

- Por su impacto sobre el beneficio y el riesgo de suministro.
  - Básicos. Aquellos cuyo impacto sobre el beneficio es alto, pero su riesgo de suministro es bajo. Su disponibilidad debe ser alta.
  - Estratégicos. Su impacto sobre el beneficio es alto y el riesgo de suministro es también elevado. Las relaciones con los proveedores son fundamentales, por lo que la selección de estos debe ser minuciosa.
  - No críticos. Impacto sobre el beneficio bajo y riesgo de suministro también bajo. Su abastecimiento no presenta ningún problema.
  - Cuellos de botella. Su impacto sobre el beneficio es bajo, aunque su riesgo de suministro es alto.
- Por el tipo de gestión de las existencias.
  - Por punto de reposición. Cuando los pedidos se cursan al cliente conforme a un cierto nivel de existencias que llamamos punto de pedido.

- Por programación. Las entregas se acuerdan con el proveedor según una cadencia temporal.
  - Pedido abierto. No se establecen condiciones previas, o de cantidad, o en momentos de entrega, incluso en tipos de material, ni costes, formas de pago, etc.
  - Especulativos. Se cursan por que existen condiciones especiales que motivarán una ganancia futura de dinero, o un ahorro de costes. De los aprovisionamientos especulativos, merece la pena destacar los denominados “aprovisionamientos en mercados de futuro”, que después haremos mención con más detalle.
- Por la cantidad de suministradores.
    - Único. Compra de un producto o gama de productos a un solo proveedor. Existen inconvenientes claros de utilizar una sola fuente de suministro.
      - Dependencia.
      - Ausencia de competencia entre proveedores. Imposibilidad de comparar las condiciones de entrega.
      - Consecuencias graves por fallos en el suministro o en la calidad.

A pesar de estos inconvenientes, presenta unas indudables ventajas que después comentaremos más detenidamente.
    - Múltiples. Varios proveedores intervienen en el suministro. El inconveniente más destacable es la complejidad en la gestión, pero también puede haber problemas de calidad y además se reducen las economías de escala. Como ventaja tiene la de unos suministros más seguros e independencia y competencia entre los proveedores.
    - Dual. Crea una situación intermedia mezcla de las anteriores. La ventaja que tiene es poder comparar entre dos proveedores y asegurar mejor los suministros sin tanta dependencia como en el caso primero.
  - Por el precio.
    - Precio fijo en firme. Determina un único precio para todas las entregas. Es el método que mejor resulta para el comprador por la tendencia alcista de los costes de producción – suponemos que el entorno económico es siempre y permanentemente inflacionista – y que no requiere esfuerzo a la hora de la revisión.
    - Precio fijo con revisión. El precio es modificable en función de una fórmula polinómica, que contempla los incrementos en los costes de producción de ciertos recursos usados por el proveedor.
 

Los recursos cuyos datos económicos se toman para construir la fórmula no son todos, sino los que más influyan en el coste del producto.

Como ejemplo tomemos la fórmula de revisión siguiente:



$$P_t = P_0 \left( a + b \frac{m_t}{m_0} + c \frac{S_t}{S_0} \right)$$

Las variables y parámetros de esta fórmula significan lo siguientes:

$P_t$  = Es el precio revisado t fechas posterior al momento de la firma.

$P_0$  = Es el precio en el momento de la firma del contrato.

$m_0$  y  $m_t$  = son los costes de las materias primas en los momentos de la firma del contrato y a la revisión del contrato, respectivamente.

$S_0$  y  $S_t$  = son los costes de la mano de obra directa en los momentos de la firma del contrato y de la revisión, respectivamente.

a, b y c = son parámetros de ponderación de los costes. Los valores de estos tres parámetros están expresados en porcentaje, por lo que  $a + b + c = 100\%$ .

Supongamos que los valores de los parámetros, expresados en tanto por uno son:

$$a = 0,2 \quad b = 0,3 \quad c = 0,5$$

Esto significa que los costes de la materia prima suponen el 30% del coste total; los costes de la mano de obra ascienden al 50% del coste total y el resto de los costes ascienden al 20% del total.

Supongamos que el precio de compra es  $P_0 = 15000$  pta. y que cuando se firmó el contrato los costes de la mano de obra eran de 2500 pta./hora y de materia prima, 1200 pta./Kg.

El precio revisado un año después está en función de los costes de la mano de obra y de las materias primas en ese momento. Supongamos que estos costes son ahora 2800 pta./hora y 1300 pta./Kg. respectivamente.

El precio será:

$$P_t = 15000 \times \left( 0,2 + 0,3 \frac{1300}{1200} + 0,5 \frac{2800}{2500} \right) = 16275 \text{ pta.}$$

- Precios fijos con renegociación. Es un sistema útil cuando no se tiene experiencia con proveedores o cuando se considera que el proveedor puede bajar costes. La renegociación entraña un descuento y este punto lo trataremos después.

Existe un hecho que condiciona el coste el valor de la mano de obra directa que interviene en la producción de un artículo, denominado "Efecto experiencia", a tener en cuenta por el comprador, para renegociar y reducir los precios de los aprovisionamientos adquiridos a un proveedor en grandes cantidades de productos, cuya fabricación requiere gran cantidad de horas de mano de obra directa.

El efecto experiencia relaciona la habilidad de la mano de obra directa con los ahorros de tiempo de fabricación. De alguna manera los tiem-

pos de fabricación decrecen exponencialmente a medida que el trabajo se repite, lo que supone que, al final, en un gran pedido se produce una reducción considerable del coste de la mano de obra. Lo cual debe ser aprovechado por el comprador para renegociar precios. Veamos un ejemplo de aplicación teniendo en cuenta este efecto.

Antes de comenzar es necesario decir que la consideración del efecto experiencia en la mano de obra se expresa en porcentaje de reducción del número de horas, cada vez que se duplica el número de unidades realizadas; por ejemplo, un porcentaje de reducción del 80%, significaría que los costes unitarios -expresados en horas de trabajo- evolucionarían de la siguiente manera:

1ª unidad	10 horas.
2ª unidad	8 horas.
4ª unidad	6,4 horas.
8ª unidad	5,12 horas
16ª unidad	4,10 horas

Veamos un ejemplo de aplicación:

Hace tres meses compramos un lote de piezas de 10.000 unidades a 3000 ptas./unidad.

Los costes de mano de obra directa fueron de 1500 ptas./pieza y conocemos que existe una fuerte reducción, estimada en el 80%, de mano de obra directa como consecuencia del efecto experiencia.

Suponiendo que el proveedor mantenga su margen de beneficios y que los otros costes del producto no se vean alterados ¿cuánto se debería pagar por un lote de 30000 unidades más?

Puesto que los costes de mano de obra directa son los únicos que se reducirán como consecuencia del efecto experiencia, veamos en cuanto se reducen:

Las primeras 10.000 unidades han tenido un coste medio de 1500 ptas./unidad.

Producir las siguientes 10.000 unidades supone duplicar la producción y en consecuencia reducir los costes al 80%, es decir a 1200 ptas./unidad.

Producir 20.000 unidades más, hasta las 40.000, será cuadruplicar la producción primera y por tanto reducir los costes iniciales en el 64%, es decir a 960 ptas./unidad.

Por tanto el precio medio de producir 30.000 unidades (10.000 + 20.000) será:

$$\frac{1200 + 960}{2} = 1080$$

(Puntualizamos que estos son cálculos aproximados. Un cálculo más exacto requeriría tener en cuenta el verdadero comportamiento de la curva de experiencia)

El coste de la mano de obra se ha reducido en 420 ptas. (de 1500 a 1080 ptas./unidad), quiere decir que este debería de ser el descuento solicitado al proveedor.

- Precios fijos con incentivos. Es un método complicado cuando no se conoce con certeza el precio objetivo. Tiene utilidad para incentivar la eficiencia operativa del proveedor. Consiste en establecer un precio límite máximo, un precio objetivo y una fórmula de reparto en los ahorros de coste obtenidos.

Por ejemplo: Supongamos que en un artículo se ha fijado un precio objetivo de adquisición de 10000 ptas./unidad. De este precio el coste y beneficio del producto obtenidos por el proveedor son respectivamente:

Coste	8.000 ptas.
Beneficio del proveedor	2.000 ptas.
Total	10.000 ptas.

Supongamos que hemos acordado con el proveedor que los ahorros en coste nos lo repartimos al 50% y fijamos un tope máximo en el precio a pagar por el cliente de 11.500 ptas. en el caso de que los costes aumenten en lugar de disminuir.

Si se ahorran 500 ptas. en el coste, el precio que pagaría el comprador sería:

Coste	7.500 ptas.
Beneficio Inicial del proveedor	2.000 ptas.
Ahorro de costes (50% de 500)	250 ptas.
Total	9.750 ptas.

Si el coste del proveedor sube a 10.000 ptas., el precio que pagaría el comprador sería:

Coste	10.000 ptas.
Bº Inicial del proveedor	2.000 ptas.
Ahorro de costes (50% de -2000)	- 1.000 ptas.
Total	11.000 ptas.

La tabla refleja los resultados obtenidos para diversos ahorros.

COSTE PARA EL VENDEDOR	BENEFICIO INICIAL	INCREMENTO DEL B° POR AHORRO DE COSTES	PRECIO A PAGAR
Más de 11000	-	-	11500
11000	2000	- 1500	11500 (Tope)
10500	2000	- 1250	11250
10000	2000	- 1000	11000
9500	2000	- 750	10750
9000	2000	- 500	10500
8500	2000	- 250	10250
8000	2000	0	10000 (Objetivo)
7500	2000	250	9750

- Precio del mercado. En productos tales como materias primas y otros fijados por mercados muy competitivos, las condiciones resultantes para el precio de compra serán las que en un momento determinen la ley de la oferta y la demanda.

En estas situaciones, si somos conscientes que los precios bajarán en el futuro, conviene protegerse con compras en los denominados “Mercados de Futuros”, o bien negociar el pago diferido. En caso contrario habrá que cerrar la compra en las condiciones de ese momento.

- Precios a coste. Se utiliza cuando no es posible contratar a precio fijo en alguna de sus variantes. Tiene el inconveniente para el comprador de que ha de verificar las mediciones finales para cerciorarse del importe total.

En la contratación de servicios puede ser un método, cuando no se está seguro de cuánto representará en total la cantidad del recurso contratado. Por ejemplo, la contratación de fuerza laboral para limpiar un local al precio de coste por hora, más un cierto porcentaje, como beneficio para el suministrador.

Admite variantes, como la expuesta con anterioridad, que permiten establecer ciertos incentivos al suministrador por ahorro de costes.

## 5.4 LOS APROVISIONAMIENTOS COMO ESTRATEGIA

### 5.4.1 ABASTECIMIENTOS EN MERCADOS DE FUTURO

Una de las decisiones que se toman en abastecimientos de productos sujetos a precios determinados por leyes de oferta y demanda consiste en recurrir a mercados de futuros.

Es necesario decir que los precios fijados de esta manera son, en esencia, aleatorios y por tanto, muy cambiantes y de difícil pronóstico. Por lo que puede suceder, que un cambio adverso en el precio suponga grandes pérdidas en la sola adquisición de ellos.

Por lo general se trata de productos que tienen una gran demanda en los mercados mundiales: materias primas, minerales, crudo, gas natural, metales con poca elaboración, productos agrícolas básicos, trigo, cacao, pasta de papel, frutas de gran consumo, etc. Esta situación de gran demanda y mercados transparentes hace que el mercado opere con gran eficiencia y los precios oscilen en uno u otro sentido conforme a la demanda.

Tal sería el caso de una empresa que compra una cierta cantidad de pasta de papel, cuyo coste asciende a 2000 millones de pta. y como consecuencia de una bajada de precio del 5% en un día habría perdido 100 millones. Estas situaciones pueden estabilizarse, tanto en las bajadas, como en las subidas, realizando compras o ventas en mercados de futuros.

Un mercado de futuros es un mercado especulativo en el que se comercian contratos -nunca productos- con el propósito de comprar o vender dicho producto a precios futuros. Naturalmente, el no saber qué precios regirán en el mercado en el futuro, supone un riesgo que es aprovechado para introducir un margen de intermediación.

Al vencimiento del contrato se ejecutará éste al precio fijado. Obviamente, si el precio fijado es inferior al de mercado en ese momento, el poseedor del contrato pierde dinero y al contrario gana.

Para comprenderlo veamos un ejemplo.

Supongamos que a fecha actual, 7 de enero, deseamos comprar 800 toneladas de chapa de cinc al precio de 1.000 euros la tonelada. A esta chapa la sometemos antes de su venta a un proceso de protección contra intemperie mediante galvanizado, supongamos que este coste de galvanizado, más los costes de mano de obra, mas los costes comerciales ascienden a 700 euros la tonelada. De manera que si se vendiera en esta fecha el precio de venta estaría en 1.700 ptas. la tonelada. Esta compra es para satisfacer un pedido que ha de entregarse el 1 de junio.

Si el precio del cinc se mantiene en el futuro, el coste por tonelada a facturar al cliente será 1700 euros. Si en el momento de la venta el precio de mercado del cinc es de 800 euros, resultará que el precio a cobrar será en este caso de 1500 euros, por lo que hemos dejado de ingresar en la operación 200 euros por tonelada como consecuencia del descenso de la materia prima. Por supuesto, si el precio del cinc aumenta ingresaremos más dinero de lo esperado.

Para evitar estos problemas recurriremos a la siguiente solución. El mismo día que se adquiere el cinc para galvanizar, es decir, el 7 de enero, se vende un contrato a una empresa para suministrar el 1 de junio –fecha de entrega del pedido– 800 toneladas de chapa de cinc (no añadimos ninguna operación) al precio actual de 1000 euros la tonelada (insistimos que los mercados de futuros no trabajan con productos, sino con contratos, por lo que no se vende el producto, sino un contrato)

Un poco antes del 1 de junio, se comprará un contrato para suministrar 800 toneladas de cinc al comprador del contrato que vendimos el 7 de enero. Si el precio del cinc que rige el 1 de junio es de 800 euros la tonelada, el resultado será que hemos ganado 200 euros en la transacción del contrato y hemos perdido en la venta de la chapa galvanizada, compensando las pérdidas de la venta del producto objeto de nuestro negocio.

Como se deduce de la descripción de las transacciones, existe la posibilidad de compensar pérdidas, aunque también se verían compensadas las posibles ganancias en el caso de subida de precio. Lo cual es correcto, si entre los deseos del departamento de compras no está la especulación.

#### 5.4.2 ABASTECIMIENTOS PARA PRODUCCIONES J.I.T.

Los tipos de producción J.I.T. se han puesto en vigor por su alta eficiencia en el aprovechamiento de los recursos. Esta eficiencia se consigue eliminando lo que se denomina “despilfarro de recursos”, es decir: la calidad debe ser perfecta, para evitar reprocesar o tirar el producto; los tiempos muertos, esto es sin producción, deben eliminarse; los stocks causan costes, por que deben reducirse en lo posible, sólo se debe tener lo imprescindible; etc.

Bajo estas consideraciones, el departamento de abastecimientos debe acordar con los proveedores suministros en cantidades que no originen stocks, es decir, ajustadas a las producciones; por lo que, si no se quiere crear stocks, el proveedor debe proceder a suministrar según se consume, casi continuos.

Sin embargo, los suministros en pequeñas cantidades - para evitar formar stocks - y con mucha frecuencia - para evitar los tiempos muertos por paradas- tienen el grave inconveniente de los costes de los transportes. Eso exige que los desplazamientos sean de alguna manera reducidos al máximo posible.

La única manera de no incurrir en altos costes de transporte y poder suministrar pocas unidades con mucha frecuencia es la proximidad geográfica, algo necesario cuando pretendemos abastecernos de esta manera.

Claro está, no existe proveedor que corra con los costes de transporte, o con la posibilidad de montar su empresa cerca del cliente para cumplir las condiciones anteriores, si no hay contraprestaciones por parte del cliente.

Por otra parte, la calidad es otra condición que, indispensablemente, se ha de cumplir en el J.I.T. Piénsese como podemos abastecernos en pequeñas cantidades de un proveedor y sin mantener stocks, cuya calidad hace que un alto porcentaje de las unidades recibidas sean inservibles.

Todo lo que hemos expuesto nos debe hacer pensar que las relaciones con estos proveedores se salgan fuera de lo que solemos considerar como “tradicionales”, es decir, que los proveedores no se seleccionan solamente por el precio y el plazo de entrega.

Las condiciones que deben cumplir los abastecimientos en tales casos son:

- La fuente de suministro es un solo proveedor. En principio esto puede generar incertidumbre en los cumplimientos de condiciones y en la rigidez de los lazos que nos atan a ambos. Pero tiene la ventaja de que la calidad, el precio, las entregas, etc. son más controlables en el caso de una sola fuente de suministro que en el caso de varias.

- Los acuerdos de suministro se realizan por muchos años. Hay plazos acordados de diez, quince o más años. Es indudable, que si los suministros han de realizarse en cortos periodos con cantidades pequeñas, los proveedores se ven obligados a optimizar sus costes de transporte, por lo que suelen montar una fábrica cerca del comprador, o bien alquilan almacenes próximos al comprador conjuntamente entre varios proveedores.

Esto supone inversiones elevadas con largos periodos de amortización, lo cual requiere, a su vez, garantías sobre largos periodos de suministro y sobre los consumos que comprometerá el comprador.

- Las relaciones con el proveedor son muy estrechas. Esto es lo que se ha dado en llamar “integración horizontal”. La base de esta relación está en el común interés del proveedor y el comprador en que el mercado responda. Si así sucede, será beneficioso para ambos.

Si un proveedor suministra productos caros, con mala calidad o si dilata sus plazos de entrega, el comprador fabricará un producto más caro con peor calidad y con un mayor plazo de entrega. Por lo que ambos también están interesados en que los costes, la calidad y los plazos sean los que el mercado requiere.

- El comprador debe prestar el mayor apoyo técnico al proveedor. El comprador es el que mejor conoce el mercado, por tanto tiene una información de

primera mano que ha de pasar al proveedor, si quiere que este responda en la línea de lo que exige el mercado.

Es pauta común que el comprador ceda todo tipo de información tanto sobre el producto como el proceso al suministrador.

- Cuando la distancia entre proveedor y comprador es grande, se recurre a asociaciones de proveedores, que pagan conjuntamente los costes de los transportes entre centros.

El paradigma de lo descrito está en la industria del automóvil. La proximidad es tal, que con frecuencia se suele ver, como la cadena de montaje de un fabricante de vehículos pasa, en una de las fases del montaje, por la fábrica de un proveedor, para que incorpore sus productos en cada una de las unidades producidas.

#### 5.4.3. ABASTECIMIENTOS EN “RESPUESTA EFICIENTE AL CONSUMIDOR” (ECR)

La “Respuesta Eficiente al Consumidor” es un método de gestión de abastecimientos utilizado en el sector del gran consumo. De alguna manera, podríamos decir que la ECR es a la distribución, lo mismo que el JIT es a la fabricación.

Como es bien sabido, el sector del gran consumo es uno de los más competitivos en la actualidad. Las denominadas grandes superficies y últimamente las tiendas de “alto descuento” (Hard Discount) trabajan con márgenes comerciales muy estrechos, hasta el punto de que en España ha sido necesario establecer por ley la prohibición de vender a pérdidas. Sin embargo, las rentabilidades de estas empresas son tan altas.

Como ya veremos en el próximo capítulo, la rentabilidad de cualquier empresa puede calcularse como el producto de dos factores, según se muestra en la fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = \text{Margen Comercial} \times \text{Rotación}$$

La práctica usual en este tipo de empresas, que desean obtener una alta rentabilidad, consiste en bajar el margen todo lo posible para hacer la venta más atractiva, pero para no perjudicar la rentabilidad, deben compensar aumentando la rotación.

Es necesario decir que la rotación depende de la cantidad de existencias que tenga la empresa en sus almacenes; el comportamiento de la rotación es tal que, a menor cantidad de existencias mayor rotación y, por tanto, mayor rentabilidad. Resumiendo, que si se quiere aumentar la rentabilidad, las empresas de distribución deben disminuir las existencias.



Pero un nivel bajo de existencias conlleva fallos en las ventas, o que una cierta cantidad de clientes se marchen sin producto, es decir, se vende menos. Lo cual no es deseable para la empresa.

Como vemos, estamos ante dos decisiones (almacenar menos, o más) cuya influencia en la rentabilidad es siempre adversa. Si almacenamos más disminuimos la rentabilidad como consecuencia de la disminución de la rotación, si almacenamos menos disminuimos la rentabilidad como consecuencia de la bajada de las ventas.

La solución que han tomado las empresas consiste en aumentar la eficiencia en la gestión de los abastecimientos. Como en el caso anterior, los suministros han de ser en pequeñas cantidades para no almacenar mucho y así aumentar la rotación, y realizar entregas frecuentes para evitar pérdidas por falta de producto.

Aunque este caso y el anterior se parecen en su planteamiento, los métodos difieren en cuanto a la forma de solucionarlos. En estos casos los abastecimientos se hacen conforme a las siguientes pautas:

- No hay acuerdos estratégicos. Los contratos se firman a corto o medio plazo. Como mucho, en algunos casos, las obligaciones establecidas en estos contratos determinan relaciones más profundas, aunque no llegan a los casos del JIT, tales serían los acuerdos para producir y adquirir productos con “marcas blancas”.
- La cantidad y dispersión geográfica de los centros de venta, impide que sus proveedores monten centros de producción o almacenes en las proximidades. Por lo general, los abastecimientos de los diversos centros de venta se centralizan en un almacén, denominado Plataforma, al que suministran los proveedores, geográficamente distantes.
- Las revisiones de los acuerdos se hacen sobre la base de precio y demanda del mercado y no sobre intereses comunes de mercado. El precio del producto se fija mediante negociaciones que incluyen numerosos puntos, denominados Plantilla y a los que se debe atener el proveedor para conseguir el suministro.
- Al contrario que en el J.I.T., en los que el intercambio de información era básico para lograr una coordinación entre proveedor/comprador, aquí no se facilita ninguna información desde comprador a proveedor sobre datos de mercado, etc.
- La eficiencia en la gestión de los suministros - es decir, como conseguir costes competitivos suministrando cantidades pequeñas - se obtiene por medio de la agilización de los pedidos, más que por la mejora de las entregas. En muchos casos la solicitud de producto al proveedor se hace de for-

ma inmediata al consumo, a través de los lectores de códigos de barras, cuando el cliente sale por el punto de venta.

- Las frecuencias de las entregas suele ser una vez al día o pocas veces a la semana (La empresa de distribución DIA suministra a sus asociados producto a diario y tiene una renovación media – rotación – de sus almacenes de más de 200 veces al año).

Podemos decir, que la diferencia entre el anterior sistema y éste, radica en que en el primero, el proveedor es un aliado al que hay que ayudar y, aquí, es un competidor al que hay que presionar.

## 5.5 LOS DESCUENTOS

Son las disminuciones en el importe total acordado debido al cumplimiento de ciertas condiciones o acuerdos. Los descuentos no sólo pueden ser monetarios, también pueden consistir en liberar al comprador de ciertos cometidos relacionados con la mercancía: como transportes, embalajes, manipulaciones, almacenamientos, propagandas, créditos. Veamos algunos tipos de descuentos.

- Descuentos por cantidad. Es el descuento más usual. Su base de aplicación se encuentra en las economías de escala, es decir, reducir los costes de producción como consecuencia de las cantidades solicitadas. Pueden ser hechas en función del número de unidades o bien del importe monetario.
- Descuento por volumen de compras. Es similar al anterior, si bien en este caso se acumulan las cantidades a lo largo de un periodo de tiempo - un año – y se establece una escala de manera que el comprador sienta una motivación en la adquisición de más unidades. Como en el caso anterior puede acordarse su cálculo por unidades o por importe monetario. Una aplicación práctica de este descuento sería:
  - Si en un año el volumen de compras no supera las 10.000 unidades, el precio será de 2.500 pta./unidad.
  - Si supera las 10.000 unidades, el precio será de 2.350 pta./unidad.
  - Para más de 20.000 unidades, el precio será de 2.200 pta./unidad.
- Descuento por “rappel” de compras. Es también un descuento que tiene en cuenta las economías de escala. Difiere un poco de lo anterior.
  - Si se compran hasta 10.000 unidades/año, el precio será de 2.500 pta./unidad.
  - Desde 10.001 unidad hasta 20.000 unidades el precio de estas unidades será de 2.350 pta./unidad.
  - Para más de 20.000 el precio de estas unidades será de 2.200.

La diferencia con lo anterior es la siguiente:

En el caso b, si el comprador adquiere 23000 unidades todas le resultarán a 2200, por lo que en total pagará 50.600.000 pta. En el caso c, si el comprador adquiere 23000 unidades, las primeras 10000 le resultaran a 2500, las siguiente 10000 unidades le resultarán a 2300 y únicamente las restantes 3000 le resultarán a 2200, por lo que en total pagará 55.100.000 pta.

- Descuentos financieros: Descuento por pronto pago. Tiene como finalidad incentivar al pago rápido de las facturas para que el vendedor consiga ahorros en el coste de descuentos bancarios, préstamos, eliminación de riesgos de impagados etc.
- Descuentos comerciales: Descuentos estacionales. Son los descuentos motivados por cambios de tendencias, promociones de temporada etc. No son frecuentes en el campo industrial, aunque sí en el de la distribución.
- Otros descuentos: Se pueden pensar tantos tipos de descuento como situaciones se den para incentivar una determinada actitud del comprador. Otros tipos de descuentos son: por eliminación de existencias, por “no reventa” del producto, por exportación, etc.

## 5.6 VALORACIÓN DE PROVEEDORES

Los aspectos más valorados de un proveedor son

- Calidad.
- Servicio
- Precio

### *Medidas de valoración de la calidad*

La calidad se mide usualmente por el número de unidades que cumplen el estándar establecido, aunque también es posible llevar a cabo otras medidas.

- Número de unidades, o porcentaje de unidades, lotes, o valor monetario aceptados o rechazados. Por ejemplo:
  - De 10.000 unidades compradas 9982 han sido aceptadas.
  - El mismo índice expresado en porcentaje será:

$$\frac{9982}{10000} = 99,82\%$$

Estas operaciones se efectuarían de la misma manera si en lugar de unidades tomáramos el valor monetario o el número de envíos.

- Índice del coste de la calidad, que es el importe total de comprar en valor monetario una cantidad determinada de producto aceptable. La diferencia entre este índice y uno similar citado en el punto anterior como “el importe total de unidades aceptadas” es que aquí nos referimos al coste de esa compra.

Por ejemplo: Cada 1000 ptas. de producto aceptado que compramos, nos suponen 1250 ptas. de coste total (importe incluido).

- Número de problemas de calidad de diversos tipos asociados con un suministrador particular.
- Frecuencia y gravedad de los defectos de calidad.

### *Medidas de valoración del servicio*

Para el cálculo del servicio tendremos en cuenta dos aspectos de las entregas: la puntualidad en los tiempos de entrega y la exactitud en las cantidades de los productos. Desde este punto de vista podremos valorarlo de las siguientes maneras.

- Tiempos de entrega
  - Entregas a tiempo, o retrasadas, o adelantadas de fecha, bien en calculado como valor absoluto –como diferencia de fechas– o en porcentaje. Para ello tomaremos cualquiera de las siguientes magnitudes: número de unidades, pedidos, envíos, o valor monetario. Respecto a la fecha que tomamos como referencia para determinar esta valoración de los proveedores, podemos establecer la fecha de entrega comprometida o la fecha de recepción en almacenes.

Veamos a continuación cómo calcular en porcentaje lo dicho anteriormente

$$\text{Valor del Servicio en porcentaje} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de entregas en fecha}}{\text{N}^\circ \text{ de entregas totales}} \times 100$$

- Cálculo de un coeficiente que tenga en cuenta la importancia de los retrasos o adelantos. Este coeficiente se calcula de la forma siguiente

$$\text{NET} = \frac{\text{Puntos recibidos}}{100}$$

NET. Es un valor resultante de la operación anterior que nos define la puntualidad en las entregas y que denominaremos “Nivel de Entregas a Tiempo”. Cuanto más próximo esté a 1, mejor respuesta del proveedor.

Puntos recibidos. Corresponde a una puntuación definida subjetivamente, que tiene en cuenta las desviaciones en tiempo y que corresponde a la siguiente escala.

RETRASO (ADELANTO) DE ORDENES	PUNTOS
A tiempo (hasta 3 días de adelanto)	100
1 o 2 días tarde (4 a 6 días antes)	80
3 a 5 días tarde (7 a 15 días antes)	50
6 a 10 días tarde (16 días antes)	30
Mas de 10 días tarde	0

- Variabilidad de los tiempos de suministro. Su finalidad es similar a la anterior, se trata de determinar la puntualidad de las entregas. Como veremos en el próximo módulo, es una medida interesante, porque nos va a determinar los niveles de stocks de seguridad que es necesario mantener en nuestros almacenes. Una de las formas de calcular esta magnitud es a través de lo que denominamos “Desviación Absoluta Media”, cuyo cálculo es:

TIEMPO DE ENTREGA ACORDADO (DÍAS)	TIEMPO DE ENTREGA CUMPLIDO (DÍAS)	DIFERENCIA (SIN SIGNO)
12	10	2
12	14	2
12	13	1
12	12	0
12	16	4
12	11	1
Total		10
Desviación Absoluta Media (DMA) =		$\frac{10}{6} = 1,67$

Cuanto mayor sea la DMA peor calificación tendrá el proveedor.

- Cantidades

Los cálculos son similares a los anteriores, sólo que ahora tomaremos como referencia las desviaciones entre las cantidades recibidas y las comprometidas.

- Desviaciones entre la cantidad recibida y la comprometida. El cálculo se puede hacer como valor absoluto –diferencia entre las cantidades– o en porcentaje. Puede efectuarse el cálculo tomando unidades, o envíos, o lotes. Por ejemplo veamos el cálculo en el caso de tomar el porcentaje de envíos.

$$\text{Valor del Servicio en porcentaje} = \frac{\text{Nº de entregas completas}}{\text{Nº de entregas totales}} \times 100$$

- Cálculo de un coeficiente que tenga en cuenta la importancia de las diferencias de cantidades. Este coeficiente se calcula de la forma siguiente

$$NEC = \frac{\text{Puntos recibidos}}{100}$$

NEC. Es un valor resultante de la operación anterior que nos define la puntualidad en las entregas y que denominaremos “Nivel de Entregas en Cantidad”.

Puntos recibidos. Hace referencia a una puntuación adjudicada subjetivamente conforme a la siguiente escala.

DESVIACIÓN DE LA CANTIDAD EN PORCENTAJE	PUNTOS
Dentro de margen	100
± 5 por ciento de desviación	80
± 6 a ± 10 por ciento	50
± 11 a ± 20 por ciento	30
Mas de ± 20 por ciento	0

- Variabilidad de las cantidades. Como antes se trata de conocer la exactitud en las cantidades entregadas de los proveedores. Calcularemos la variabilidad por medio de la Desviación Absoluta Media.

CANTIDADES ACORDADAS (UNIDADES)	CANTIDADES RECIBIDAS (UNIDADES)	DIFERENCIA (SIN SIGNO)
1500	1470	30
1800	1730	70
1500	1590	90
2400	2410	10
1800	1690	110
1800	1790	10
	Total	320
Desviación Absoluta Media (DMA) =		$\frac{320}{6} = 53,3$

Cuanto mayor sea este resultado peor serán las entregas del proveedor.

### Valoración del precio

Sobre este aspecto de la valoración de un proveedor deberemos considerar en lugar de – o además de – el precio otras incidencias económicas como el coste, los esfuerzos en la persecución de las entregas, descuentos, etc. Veamos cuáles de ellos se pueden utilizar.

- Precio unitario de los productos.
- Coste unitario de los productos hasta situarlos en estanterías del almacén.
- Coste de la gestión de los pedidos como porcentaje del coste total.
- Tipos de descuentos y cantidad total ahorrada.

#### *Otras medidas de la valoración*

A parte de las básicas citadas podremos hacer uso de otros aspectos menos corrientes, que si bien son difíciles de valorar, pueden tener su incidencia a la hora de la selección de un proveedor.

- Situación Financiera. La dependencia de un proveedor con situación financiera precaria, condiciona a la vez nuestro futuro.
- Aseguramiento de la calidad. Que tenga asegurada la calidad mediante la norma ISO 9000 correspondiente.
- Modernidad de las instalaciones. Incide en la calidad final del producto.
- Eficiencia en la producción. Es indicativo de que en un futuro podremos negociar una disminución en el precio.
- Aceptación en la normalización de entregas. Las paletas deberán ser las normalizadas, al igual que los códigos de barras, o cualquier otro tipo de protección física e de identificación deberá ser el acordado o el normalizado en la industria o el comercio.
- Eficacia en el departamento de ventas. Ahorraremos costes de gestión en cada compra.
- Fácil intercambio de información. La adopción de sistemas de intercambio de datos de uso común en el comercio como el INTERCAMBIO ELECTRÓNICO DE DATOS (EDI) o en la industria del automóvil como el ODETTE es imprescindible y facilita la gestión de pedidos: menos errores, mayor rapidez, pedidos normalizados y menores costes.
- Grado de automatización de los almacenes. Como antes este dato representa agilidad en la tramitación de pedidos.
- Existencia e importancia de un departamento de I+D. Denota continuidad de la empresa y posibilidad de ofrecer en el futuro un producto de más calidad y precio.
- Facilidad en el seguimiento de pedidos. Dar información frecuente sobre el estado de los pedidos facilita la planificación y al disminuir la incertidumbre ahorra costes de stocks.

- Colaboración para resolver problemas técnicos. Indica capacidad técnica y flexibilidad.

Estas son algunos de esas características que resultan de interés para cualquier departamento de compras. Existen otras más, pero es fácilmente comprensible, que no todos los proveedores de los productos necesarios deberán someterse a un análisis concienzudo y bastará simplemente con una comparación del precio o del plazo.

## 5.7 COMPARACIÓN ENTRE PROVEEDORES

Si en lugar de utilizar un determinado aspecto de un proveedor empleamos varios de ellos y deseamos elegir al mejor suministrador de un posible grupo, nos encontraremos que la elección es difícil, porque puede no haber un claro vencedor. Lo razonable es que mientras uno, o varios, superan a otros en un aspecto, son inferiores si consideramos otro aspecto diferente. Debemos analizar de manera conjunta para cada proveedor todas las cualidades consideradas.

A este respecto es usual establecer índices “sintéticos”. Es decir, supongamos que sometemos a estudio tres ofertas de otros tantos proveedores, en las que consideraremos la calidad (C), el precio (P) y el plazo de entrega (T) como factores importantes de las entregas. Según nuestro criterio la calidad es el aspecto más importante, después el precio y luego el plazo. También consideramos que el precio es la mitad de importante que la calidad (relación 2 a 1 a favor de la calidad) y el plazo es la cuarta parte de importante que la calidad y, por tanto, la mitad que el precio (relación 4 a 1 y 2 a 1, respectivamente).

Conforme a estos criterios, siempre subjetivos, podríamos aplicar la siguiente fórmula al conjunto de los proveedores.

$$\text{Índice de selección} = 4 \times C + 2 \times P + T$$

Los valores de C, P y T han sido determinados, previamente, según lo ya descrito en el punto anterior y, como hemos resaltado, las ponderaciones, o pesos, 4, 2 y 1 son arbitrarias, pero iguales para todos los intervinientes. El proveedor que mayor puntuación obtenga será el que gane el contrato.

Aquí hemos considerado tres factores, pero, perfectamente, es ampliable a cuantos se quieran, sin más que aumentar el número de sumandos y adjudicarles un peso.

En algunos casos estas ponderaciones suelen sumar 100, de manera que, por ejemplo, en el caso anterior la ponderación de la calidad podría ser 50; el precio, 35 y el plazo, 15 puntos, en lugar de 4, 2 y 1, respectivamente. Pero el uso de esta



manera de ponderar, o la anterior, es al final irrelevante de cara a la selección del proveedor, siempre que se utilice el mismo sistema para todos.

Veamos alguno de estos índices sintéticos.

### EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR XXX

Fecha \_\_\_\_\_

Puntuación: 15,7

CRITERIOS SOBRE EMPRESA (Ponderación de estos criterios = 20 sobre 100)	VALORACIÓN (ND = No disponible)				
		Excelente (4)	Bien (3)	Adecuado (2)	Pobre (1)
Situación financiera		4			
Certificada ISO 9000	ND				
Servicio Posventa				2	
Proximidad		4			
Comunicaciones EDI		4			
Facilidad de investigación					1
<b>Total = 12 + 2 + 1 = 15</b>		<b>12</b>		<b>2</b>	<b>1</b>
Valoración de los criterios Empresa = $0,2 \times 15 = 3$					
CRITERIOS SOBRE SERVICIO (Ponderación de estos criterios = 25 sobre 100)	VALORACIÓN				
		Excelente (4)	Bien (3)	Adecuado (2)	Pobre (1)
Entregas a tiempo			3		
Condiciones de las entregas			3		
Reposición del producto inservible				2	
Facilidad de manejo de las mercancías		4			
Pedidos servidos completos				2	
Actualidad de catálogos			3		1
<b>Total = 4 + 9 + 4 + 1 = 18</b>		<b>4</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Valoración de los criterios Empresa = $0,25 \times 18 = 4,5$					

CRITERIOS SOBRE CALIDAD Y PRECIOS (Ponderación de estos criterios = 40 sobre 100)	VALORACIÓN				
		Excelente (4)	Bien (3)	Adecuado (2)	Pobre (1)
Rechazos de producto		4			
Coste de la gestión			3		
Coste del producto en almacén			3	2	
Empaquetado				2	
Garantía				2	
Total = 4 + 6 + 6 = 16		4	6	6	
Valoración de los criterios Empresa = 0,4 x 16 = 6,4					
CRITERIOS SOBRE OTROS ASPECTOS (Ponderación de estos criterios = 15 sobre 100)	VALORACIÓN				
		Excelente (4)	Bien (3)	Adecuado (2)	Pobre (1)
Atención de las reclamaciones		4			
Periodicidad de visitas de los vendedores			3		
Respuesta de las peticiones de ofertas			3		
Seguimiento de las órdenes				2	
Total = 4 + 6 + 2 = 12		4	6	2	
Valoración de los criterios Empresa = 0,15 x 12 = 1,8					

Total Valoración de la empresa = 3 + 4,5 + 6,4 + 1,8 = 15,7 puntos.

### CUMPLIMIENTO DE ENTREGAS (DELIVERY DEPENDABILITY)

Es otro tipo de índice sintético, cuya traducción es “Cumplimiento en las Entregas”. La fórmula que determina el cálculo es.

$$DD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (w_i \times f(Q_{ij}) \times Q_{ij} \times d_{ij})$$

El significado de cada factor en esta fórmula es:

- DD. Es la valoración total del “Cumplimiento de las Entregas”.
- i. Es un subíndice indicativo del producto adquirido a un mismo proveedor.

- $j$ . Es un subíndice indicativo del periodo de tiempo en que se efectúa la entrega.
- $w_i$ . Es el peso o ponderación otorgado para el artículo  $i$ .
- $f(Q_{ij})$ . Es un valor que cambia en función del siguiente criterio. Toma el valor 0 cuando el pedido del artículo  $i$  está a tiempo en periodo  $j$ . Toma el valor 1 cuando el artículo  $i$  se retrasa en el periodo  $j$ .
- $Q_{ij}$ . Cantidad pedida del artículo  $i$  para entregar en el periodo  $j$ .
- $d_{ij}$ . Número de periodos de retraso del artículo  $i$  en el periodo  $j$ .
- $m$ . Número de artículos comprados al mismo proveedor.
- $n$ . Número de periodos incluidos en el estudio.

Ejemplo: A un determinado proveedor le compramos tres productos A, B y C. Las entregas se hacen por periodos quincenales, de manera que conforme a un estudio que ha durado cuatro meses (aproximadamente 8 quincenas) los resultados han sido los siguientes:

- Del producto A se han entregado a tiempo 6 remesas de 1000 unidades, las otras dos de 1000 unidades, correspondientes a los periodos 3° y 5°, han sufrido un retraso de 2 y 1 quincena, respectivamente.
- Del producto B se han entregado todas a su tiempo.
- Del producto C se han entregado tarde tres remesas de 1500 unidades, correspondientes a los periodos 1°, 4° y 5°, que han sufrido un retraso de 1, 3 y 2, respectivamente.

Dada la importancia que da la empresa a sus productos considera que la ponderación de A es 0,5; la ponderación de B, es de 0,2 y la de C, es de 0,3.

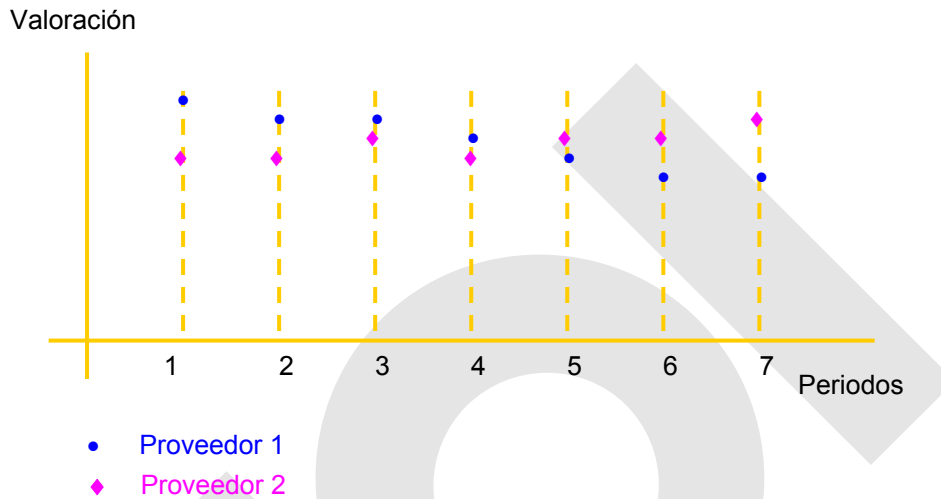
El índice DD será:

- Producto A (valor de  $w = 0,5$ )  
 Periodo 3° y 5° :  $0,5 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 2 + 0,5 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 1 = 1500$ .  
 Sólo se contabilizan los retrasos, puesto que si las entregas están a tiempo  $f(Q_{ij})$  es cero.
- Producto B (valor de  $w = 0,2$ ).  
 Siempre es cero, porque no hay retrasos.
- Producto C (valor de  $w = 0,3$ ).  
 Periodos 1°, 4° y 5°:  $0,3 \cdot 1 \cdot 1500 \cdot 1 + 0,3 \cdot 1 \cdot 1500 \cdot 3 + 0,3 \cdot 1 \cdot 1500 \cdot 2 = 2700$ .

- Total productos.  $DD = 1500 + 0 + 2700 = 4200$ .

### Seguimiento de la evaluación

Que en un momento determinado un proveedor sea el mejor valorado no quiere decir que eso suceda en el futuro. Interesa por tanto analizar cómo es la evolución de cada uno de los proveedores. Para lo que, periódicamente, registrare-



mos los datos de la evaluación.

Como se observará el proveedor 2 ha mejorado sus entregas, mientras que el proveedor 1 ha evolucionado al contrario. Estos gráficos pueden ser buenos a la hora de la negociación, entre otras cosas permite estimular a los proveedores y mejorar la competencia.

# LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

## 6.1 INTRODUCCIÓN

Inventarios en producción son, el conjunto de todos aquellos productos que, independientemente de su grado de acabado y su finalidad, se utilizan o son el resultado de los procesos productivos fabriles.

Los inventarios en la producción tienen una doble misión: Por una parte, permiten conocer y controlar el estado de aquellos bienes que forman parte del proceso, útiles, maquinaria, moldes, envases, materias primas, etc. Por otra, sirven como elemento de estabilización entre la capacidad productiva y los requerimientos de los clientes, por tanto constituyen un factor en las estrategias de la empresa, de aquí que unas decidan tener inventarios, siguiendo una cierta política y otras no.

Desde esta última perspectiva hay que considerar, que en la empresa existen objetivos en conflicto en cuanto a los inventarios. De una parte, los financieros prefieren mantener los niveles bajos, porque ello libera capital para otros usos. De otra, comercial y producción desean altos niveles de inventarios, porque ello asegura la continuidad del suministro a los clientes y de la producción.

Sin embargo existen varias razones para mantener un inventario.

- Protegerse contra las incertidumbres. Bien sea el caso de que no exista seguridad en el comportamiento de la demanda o bien en el cumplimiento de los plazos de entrega de los proveedores.
- Aprovecharse de las economías de escala. Frecuentemente resulta económico producir en cantidades determinadas. Por otra parte las compras de materias primas posibilitan un ahorro en el coste unitario del producto, por descuentos. En cualquier caso el sobrante debe ser almacenado.
- Por necesidades del proceso. Es el caso de la producción de ciertos productos alimenticios como queso, jamones, etc., que necesitan un tiempo de curado.
- Dar mejor servicio al mercado. Puesto que demanda y oferta en muchas ocasiones no son coincidentes en el espacio – lugar geográfico – ni en el tiempo, una forma de atender mejor al mercado es disponer cierta cantidad de producto para evitar la espera de producto por parte de los clientes.

## 6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS

Los inventarios pueden clasificarse conforme a los siguientes criterios:

- Por las clases de productos almacenados:
  - Inventarios de materias primas.
  - Inventarios de productos en curso o en proceso.
  - Inventarios de módulos o subconjuntos.
  - Inventarios de productos terminados.
  - Inventario de envases y embalajes.
  - Inventarios de desechos y sobras.
  - Inventarios de productos consumibles.
  - Inventarios de materiales para mantenimiento y operación.

Esta clasificación no es de mucha utilidad en la gestión de inventarios, por lo que haremos a continuación otra de más empleo logístico.

- La función que ejercen.
  - Inventarios de seguridad. Tienen una triple función: absorber las imprecisiones en la demanda; prevenir los retrasos en los plazos de entrega de los proveedores y evitar los retrasos en la producción.
  - Inventarios Cíclicos también llamados Inventarios de Trabajo. Se refieren a la producción o compra en lotes para aprovechar las economías de escala, son utilizados frecuentemente por cualquier agente logístico: productores, mayoristas y minoristas.
  - Inventarios especulativos. Cubren un amplio espectro de los stocks entre otros entran dentro de estos: Aquellos destinados a cubrir cambios regulares en el comportamiento de la demanda o la producción. Por ejemplo: paradas por mantenimiento o vacaciones, puntas estacionales de la demanda, etc.

Otros como el anterior, se emplean en cubrir cambios previstos en la demanda o en la producción, pero no con carácter regular, sino mas bien con un carácter de oportunidad. Por ejemplo: huelgas, subidas de precio, productos con plazos de entrega muy largos o muy variables.

Finalmente los Inventarios de desacoplamiento los que se mantienen para independizar unas operaciones de otras o evitar esperas durante los procesos de producción.
  - Inventarios en transporte, también se llaman Inventarios “Pipeline”. Se refiere a los productos que están en tránsito entre proveedor y empresa, o empresa y cliente, también se les conocen como inventarios de distribución.

- Inventarios de estimulación, los emplean los minoristas y tenderos para estimular la venta. Es un caso que requiere tratamiento diferenciado de los anteriores.
- Por la gestión de la demanda:
  - Inventarios para la producción. Se refieren estos inventarios a los que corresponden a productos intermedios y materias primas – no se incluyen los productos finales - Se denominan también inventarios con demanda dependiente, porque conocida la demanda del producto final, la demanda del resto de los productos está determinada según la lista de materiales. Por tanto, la demanda es siempre conocida en cantidad y momento. La única aleatoriedad que puede surgir en la gestión corresponde a los suministros, por fallos en la entrega de cantidad, calidad, o plazo de suministro.  
  
Debe de quedar claro que la gestión de los productos que conforman estos inventarios se ha de hacer siempre según lo expuesto en la planificación de materiales. Otra forma de gestión puede ser más costosa e ineficiente.
  - Inventarios para la venta. Corresponden a los inventarios de productos finales. Se conocen también por inventarios con demanda independiente, esto es la demanda de un producto no genera –salvo en casos excepcionales– la demanda de otros. La aleatoriedad en la gestión de estos inventarios procede, principalmente, de la demanda y también de los suministros de acuerdo a lo indicado en los almacenes de producción.

### 6.3 OBJETIVOS DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

Los criterios para evaluar la gestión de inventarios son los siguientes:

- Nivel de servicio. Es una medida de la disponibilidad de artículos en un inventario. Hay múltiples maneras de expresar el concepto de Nivel de Servicio.  
  
Una manera de entenderlo consiste en comparar la cantidad de veces que un cliente se lleva el producto necesitado del almacén, frente a las que no.  
  
Otra vertiente un poco diferente a la anterior consiste en comparar el número de unidades suministradas por el almacén con las no suministradas.  
  
Todo ello se traduce en varias maneras de especificar numéricamente el nivel de servicio. En algunos casos se puede indicar en unidades físicas, en otros en pesetas, en otros en porcentajes de veces que la demanda no es suministrada a tiempo, etc. Es posible que para cada tipo de inventario se tenga que encontrar un valor que exprese el nivel de servicio. Algunas de estas expresiones más corrientemente empleadas son:
  - Medidas en valores absolutos.

- Ordenes suministradas del total de órdenes programadas.
  - Artículos suministrados del total programado.
  - Días de operación sin pérdidas de abastecimiento a los clientes.
  - Tiempo medio de suministro.
  - Variabilidad en los tiempos de suministro.
  - Etc. Hay una amplia gama de valores que completan esta medida.
- Medidas en porcentajes.
- Porcentaje de periodos con existencias sobre el total de periodos operados.
  - Porcentaje de servicios por año.
  - Porcentaje de unidades suministradas sobre el total solicitado.

En cualquier caso la medida del servicio dado por un inventario debe contar con las siguientes premisas:

- Si los datos que queremos utilizar están disponibles.
- Si los resultados son significativos para las decisiones que queremos tomar.
- Si los resultados están relacionados con la productividad, beneficios u otra medida del rendimiento económico.

## 6.4 LOS INVENTARIOS PARA LA VENTA

Como ya hemos apuntado en apartados anteriores, los almacenes de venta al público tienen como características principales.

- Sólo trabajan con productos finales, aunque esto suponga que son las materias primas para otras empresas
- La demanda de cualquier producto no es, en principio, conocida con exactitud.

La gestión en estos almacenes consiste en determinar la cantidad que hay que reponer y el momento de reponer esta cantidad y el modelo de reposición de existencias adoptado.

### 6.4.1 MODELOS DE REPOSICIÓN DE EXISTENCIAS

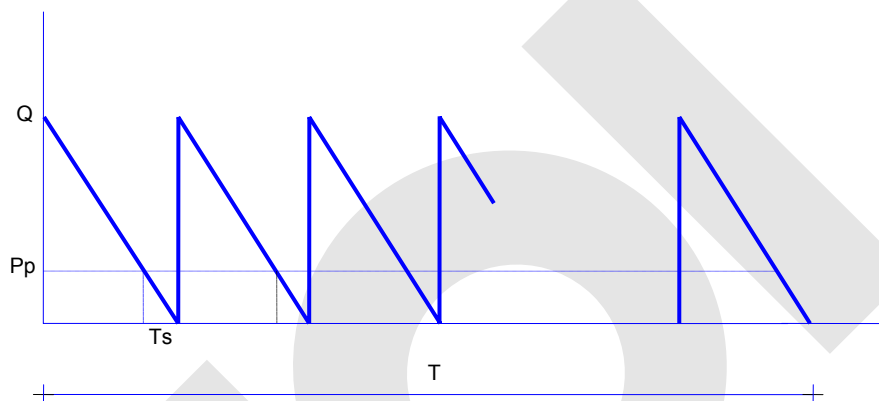


Básicamente hay dos formas de reponer existencias en los almacenes de venta al público, Cualquier otra forma derivaría de ellas:

- Inventarios Permanentes o Perpetuos.

En este método se establece un nivel de existencias denominado punto de pedido ( $P_p$ ) y las ordenes de reposición se cursan cuando las existencias caen por debajo de ese valor.

En la figura se simboliza con una línea en “diente de sierra” para indicar el nivel de existencias en función del tiempo y la línea horizontal a puntos que indica en Punto de Pedido. A su vez, cuando se alcanza el  $P_p$  se lanza una orden de reposición que llega al cabo de un tiempo  $T_s$



La exigencia de conocer en todo momento las existencias para saber si hay que cursar la orden de compra, es lo que hace que el sistema se denomine de esta manera.

Esto suele ser un inconveniente en aquellos inventarios donde el conocimiento frecuente de las existencias es de difícil práctica. Lo que hoy no parece ocasionar trastornos, puesto que la mayoría de los almacenes tienen informatizada su gestión.

Frente a ese inconveniente hay una gran ventaja, que es la de un mejor control de existencias y por tanto un mayor nivel de servicio.

En la actualidad una gran mayoría de los almacenes emplean este método de gestión.

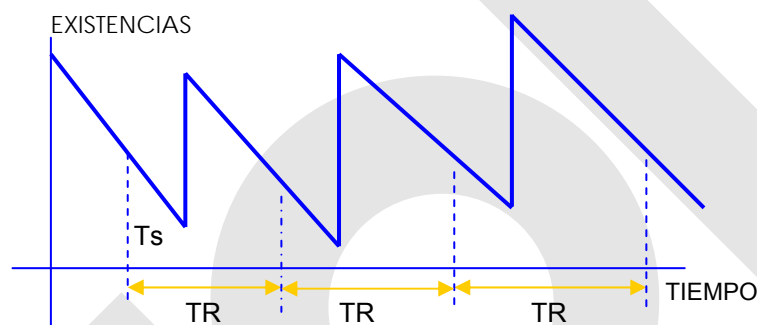
Este método presenta dos variantes:

- Reposición con cantidades fijas. La cantidad solicitada a los proveedores para reponer existencias es siempre la misma. Como veremos hay ciertos criterios basados en fórmulas matemáticas, que permiten establecer esta cantidad.
- Reposición con cantidades variables. Alcanzado el punto de pedido se cursa una orden por una cantidad que es la diferencia entre un nivel máximo de existencias - fijado de antemano y que puede estar determinado por la capacidad física del almacén o de las estanterías, etc. - y

el nivel que tuvieran las existencias en el momento de cursar la orden. Este sistema se llama también del “Máximo-Mínimo”.

- Inventarios periódicos. Las ordenes de reposición se cursan a intervalos de tiempo preestablecido, siempre fijos, que se denominan tiempos de revisión de existencias (TR) y que también se pueden determinar por medios matemáticos, sin importar la cantidad que existe en el inventario y que en principio se desconoce. El modelo se muestra en la figura:

Como antes el “diente de sierra” simboliza el estado del nivel de existencias en el tiempo cuando se alcanza el tiempo de revisión denominado TR se lanza un pedido y cuando concluye el tiempo de suministro  $T_s$  se recibe el orden y se reponen las existencias.



La cantidad por la que se cursa la orden de reposición, es la misma que la que corresponde a las salidas habidas durante cada intervalo de tiempo.

Dado el carácter periódico de la reposición, el método de control ha sido llamado por el mismo nombre.

Comparativamente con el anterior, tiene la ventaja de no ser necesario el conocer las existencias para realizar las ordenes de compra, lo que supone ahorro de esfuerzos, si no se cuenta con una gestión informatizada.

Sin embargo, dado que no se controlan las existencias, se corre el riesgo de desabastecer a la demanda.

Este método tiene cierta utilidad en aquellos casos en los que los elementos almacenados tienen una fecha de caducidad, por lo que a fechas fijas se ha de reponer la totalidad de los productos, cualquiera que sea la cantidad almacenada de estos.

También permite la planificación de la compra de varios artículos diferentes a un mismo proveedor para aprovechar descuentos o mayores repartos en los costes de transporte.

Hay variantes que combinan aspectos de ambos métodos - punto de pedido y tiempo de revisión - se llaman “Sistemas Híbridos”.

El primero de estos se lleva a cabo de la siguiente manera: La orden de reposición se cursa por dos posibles causas, cuando las existencias caen por debajo de un nivel prefijado - como el primer caso - o si transcurrido un

tiempo, también prefijado, las existencias no han bajado del anterior nivel - como en el segundo.

Con este sistema se disminuye la inseguridad en las existencias originada por un control periódico "puro", puesto que se está obligado a un control permanente. Ello redundará, como en el caso primero, en una menor necesidad de existencias de seguridad. Se utiliza también para aquellos productos con baja demanda y largos periodos de reposición, tales como equipos para repuestos.

El segundo sistema híbrido es una variante del anterior; brevemente: la reposición del almacén se efectúa cuando las existencias han caído por debajo del nivel de reposición. La comprobación de si las existencias están o no por debajo de ese nivel se hace periódicamente a intervalos temporales prefijados. Cuando se cursa un pedido se hace siempre hasta completar una cantidad máxima.

Este método se emplea cuando el coste de la rotura del inventario es sensiblemente menor que las pérdidas ocasionadas por la obsolescencia del producto. Tal es el caso de productos como fruta, farmacéuticos, ropa de moda, etc

## 6.5 LOS INVENTARIOS DE SEGURIDAD

En la mayoría de los casos la gestión de almacenes se enfrenta con una demanda irregular de la que sólo conoce su comportamiento histórico. Este tipo de demanda sucede en los almacenes de productos finales, como los de venta al público, etc., donde no se conoce con exactitud cuándo ni en qué cantidad se demandará un producto.

Para estudiar la forma de gestionar estos almacenes, tomemos el modelo de reposición del inventario por punto de pedido explicado antes.

Una vez sobrepasado el punto de pedido, el gestor se enfrenta con la decisión de ordenar al proveedor una cierta cantidad de producto para reponer las existencias, pero se encuentra con el problema de qué no conoce con exactitud cuántas unidades ha de reponer porque la demanda futura cambia aleatoriamente.

Se ha de advertir que la respuesta del proveedor, es decir: el plazo de entrega también puede cambiar, aunque para no complicar la exposición lo consideraremos por ahora constante y conocido, con posterioridad analizaremos otros casos más generales.

Esta cantidad solicitada para reponer las existencias puede ser insuficiente, si los clientes demandan otra mayor que lo esperado; por el contrario, si demandan menos,, se acumularán existencias en el almacén.

Ninguno de los dos casos es deseable, pero deberemos evitar que suceda lo primero y atenuar lo segundo, fundamentalmente por dos razones: porque la ausencia de stock, o ruptura del stock, es un coste a veces excesivo para la empresa y porque la esencia de los almacenes es tener producto suficiente para abastecer la demanda.

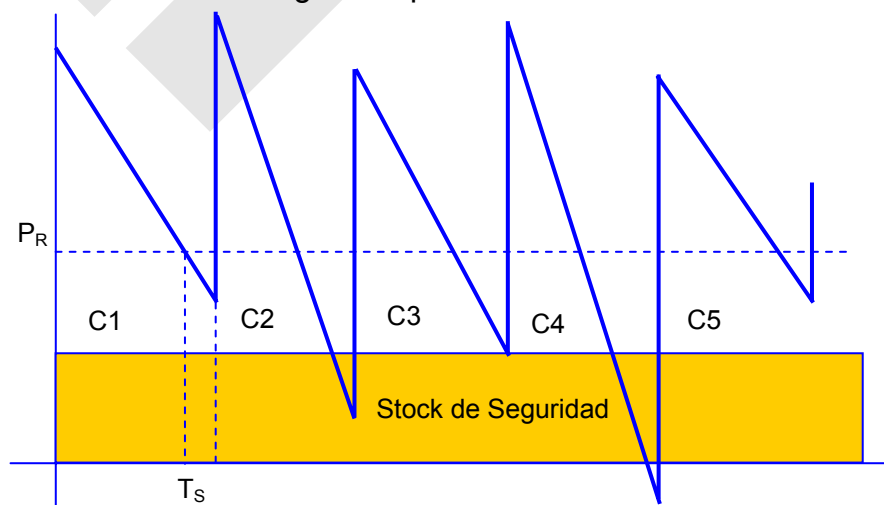
Por otra parte una acumulación de stock como consecuencia de una diferencia entre las cantidades repuestas y las solicitadas por los clientes también supone un coste a evitar, aunque sea menor que la ruptura.

Puesto que en ningún caso conoceremos con exactitud la demanda futura; alcanzado el punto de pedido sólo podremos establecer la cantidad de reposición de acuerdo con cierto porcentaje de veces de que no suceda la ruptura (o por el contrario de que suceda, pues todo es lo mismo)

Es decir, supongamos que de un análisis de los datos históricos de venta se deduce que en el 90% de las ocasiones la demanda no ha superado la cantidad de 200 unidades por día de un cierto producto. Si el tiempo de suministro del producto es de 1 día y almacenamos 200 unidades para ese día, la probabilidad de que se supere el stock de 200 unidades es del 90%.

En cualquier caso nunca estaremos seguros de que las peticiones de los clientes sucedan tal y como esperábamos, ésta inseguridad en el futuro es lo que determina, que para evitar el coste de la ruptura, se establezca un stock que permita absorber las puntas inesperadas de la demanda.

Esta situación se indica en la figura. Se han representado cinco ciclos. En el ciclo C1 las existencias han sido suficientes para abastecer a la demanda e incluso han quedado por encima del stock de seguridad; lo mismo ocurre en el ciclo C5; en el ciclo C3, quedaron justo al nivel del stock de seguridad; el C2, se utilizó parte del stock de seguridad para atender una demanda superior a la esperada; finalmente el ciclo C4 muestra una situación de ruptura, en la que no fue suficiente el stock de seguridad para atender a la demanda.



Tomemos como demanda media  $\bar{d}$  durante el tiempo de suministro – por ejemplo, 200 unidades/día.

El tiempo de suministro sea  $T_s$  – por ejemplo 3 días.

El punto de reposición que como media deberemos fijar para atender durante  $T_s$  días una demanda de  $\bar{d}$  unidades/día será:

$$Pr = \bar{d} \cdot T_s$$

Donde: Pr es el punto de reposición, en el ejemplo numérico 200 unidades/día · 3 días = 600 unidades.

Para determinar el stock de seguridad que queremos, es requisito previo fijar el porcentaje de ciclos que no queremos fallar en los suministros al cliente. A esto se le denomina NIVEL DE SERVICIO.

El Nivel de Servicio se mide entonces por la siguiente fracción.

$$NS = \frac{\text{Ciclos sin fallo}}{\text{Ciclos Totales}}$$

Por ejemplo, en el caso de la figura anterior, sólo hay un ciclo en el que se ha fallado frente a un total de cinco, por tanto hay cuatro aciertos luego el nivel de servicio es.

$$NS = \frac{4}{5} = 0,8 = 80\%$$

No es posible no fallar nunca -o acertar siempre, que es lo mismo- puesto que eso exigiría un coste excesivo, ya que para acertar siempre se necesitarían unas existencias de seguridad capaces de cubrir la mayor demanda esperada, aunque después no sean necesarias la mayor parte de las ocasiones.

Deberemos por tanto fijar un valor porcentual de veces que abastecemos a los clientes. Por tanto el nivel de servicio marca una probabilidad de suministro y a medida que aumenta la cantidad de producto almacenado aumenta el nivel de servicio, porque aumenta la probabilidad de suministro.

Para calcular el stock de seguridad es necesario conocer el comportamiento histórico de la demanda y a continuación aplicaremos la fórmula siguiente.

$$S.S. = k \cdot \Delta$$

Donde: k es un coeficiente obtenido de una tabla en función del Nivel de Servicio y  $\Delta$  es un valor obtenido de la historia de la variable y que se conoce como Desviación Absoluta Media (DAM)

(La Desviación Absoluta –DA– es la diferencia entre un valor y su previsión, omitiendo el signo. La Desviación Absoluta Media es la media de las Desviaciones Absolutas)

Nivel de Servicio en %	50	75	80	85	90	95	98	99	99,9
k	0	0,84	1,05	1,3	1,6	2,06	2,56	2,91	3,85

Veamos un ejemplo de aplicación de lo anterior:

Ejemplo. Supongamos que los datos históricos - sucedidos en el pasado - de la demanda de un cierto producto por parte de los clientes son:

Supondremos que el Tiempo de suministro es de 1 semana

SEMANA	PREVISIÓN	REALIDAD	DA
1	3.000	2.910	90
2	3.000	3.030	30
3	3.500	3.100	400
4	3.500	3.200	100
5	3.500	3.030	470
6	3.000	2.990	10
7	3.000	2.890	110
8	3.000	3.000	0
9	3.100	3.090	10
10	3.100	3.090	10
Total	31.700	30.330	1.230

En la tabla se han recopilado dos tipos de datos: uno, la previsión que fue hecha en el pasado; otro, la realidad que entonces aconteció. Además un tercer grupo de datos corresponde a la Desviación Absoluta, cuyo resultado es el valor de la previsión menos el valor de la realidad, sin considerar el signo cuando sea negativo.

De aquí calculamos la Desviación Absoluta Media.

$$DAM = 1230/10 = 123.$$

Si queremos un nivel de servicio del 90%, es decir que de 100 ciclos 10 no se fallarán como consecuencia de una equivocación en la previsión, el coeficiente  $k$  obtenido de la tabla es de 1,6 , luego el stock de seguridad necesario para cumplir este nivel de servicio corresponde a:

$$S.S. = 1,6 \cdot 123 = 197 \text{ unidades.}$$

Como se puede deducir a mayor dispersión –diferencia entre realidad y previsión– en la demanda mayor desviación absoluta y por tanto mayor stock de seguridad.

Un stock de seguridad representa unos costes para el almacén que permanecen durante el tiempo que se mantiene el stock, puesto que es una inversión atada para evitar desabastecimientos de los clientes.

A la hora de valorar el nivel de servicio se tendrá que fijar esta inversión y contraponer el coste que supone no abastecer a una proporción de clientes, con los costes de mantener un elevado inventario de seguridad.

A este respecto hay que considerar, que grandes aumentos de stock de seguridad conducen a incrementos de niveles de servicio decrecientes, de manera que un nivel de servicio 100% en teoría no podría asegurarse jamás con cualquier volumen de existencias. Cada vez tiene menos interés desde el punto de vista económico mantener un elevado stock de seguridad para asegurar el suministro a los clientes.

Si en lugar de un tiempo de suministro de 1 semana tuviéramos un tiempo de suministro de  $T_s$  semanas la fórmula anterior –por razones estadísticas, cuya exposición se sale fuera del objeto de este curso– sería:

$$S.S = k \cdot \Delta \cdot \sqrt{T_s}$$

Que es una fórmula más general que la anterior.

Si en lugar de considerar la demanda como magnitud incierta fuera el tiempo de suministro el incierto y la demanda constante y conocida; se debería mantener un stock de seguridad para absorber las diferencias por la imprecisión de los suministradores.

De manera que ahora consideraremos como magnitud aleatoria el tiempo de suministro, por tanto el stock de seguridad será:

$$S.S = k \cdot \Delta \cdot D$$

Pero ahora la desviación absoluta media se obtiene de los datos históricos de los tiempos de suministro y D es la demanda, siendo las restantes pautas de cálculo como las anteriores.

En cualquier caso el punto de reposición será:

$$P_R = \bar{d} \cdot T_s + \text{StockSeguridad}$$

A este punto de reposición se le denomina también PUNTO DE REPOSICIÓN ESTADÍSTICO.



# EL CONTROL DE LA GESTIÓN DE LOS INVENTARIOS

## 7.1 LOS COSTES DE LA GESTIÓN DE STOCKS

Para estudiar los costes de un inventario deberemos referirnos previamente al periodo dentro del cual se van a estudiar, lo haremos durante un cierto intervalo de tiempo, que llamaremos Periodo de Gestión y , como regla general se toma un año.

Como ya hemos dicho, denominamos Demanda al conjunto de peticiones que llegan al almacén, cualquiera que sean su procedencias. Tiempo de suministro es el intervalo de tiempo transcurrido desde que la orden es cursada al proveedor hasta que las mercancías están en las estanterías del almacén. Tiempo de reaprovisionamiento es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos reposiciones consecutivas.

Si todas las variables son conocidas, se dice que la gestión se hace en condiciones de certeza. Si se conoce su comportamiento histórico pero no su comportamiento futuro, la gestión es en condiciones de riesgo. En la realidad se suelen dar ambos casos, más frecuentemente el segundo que el primero, pero por simplificación inicial supondremos conocidas todas las variables.

Los costes que se han de considerar en un inventario son los siguientes.

- Coste de la adquisición. Es el coste del producto puesto en las estanterías del almacén. No consideraremos el caso de descuentos por volumen de compras o por rápeles, el coste incluirá los embalajes, si no hay retorno y el proveedor los cobra, impuestos, etc.

Este coste se puede representar por la siguiente fórmula.

$$C. A. = Pr \cdot D$$

Donde:

$Pr$ , es el precio unitario del producto considerado. Si el producto fuera fabricado en la propia organización este precio debería ser cambiado y considerar el coste de fabricación cf.

D, es la cantidad comprada durante el periodo de gestión T.

- Coste de cursar órdenes de compra, o coste de reposición. Este coste engloba todos aquellos gastos realizados por la empresa para conseguir el producto.

Este coste engloba las gestiones hechas para la selección de los proveedores, gastos de papeleos y llamadas telefónicas, controles para verificar la calidad y cantidad del producto, etc.

Ya veremos que el conocimiento exacto de este coste no es fundamental, por lo que puede ser determinado de manera aproximada sin perjudicar la bondad de los resultados.

- Coste de mantener el producto almacenado. Lo denominaremos también Coste de Mantenimiento. Este coste agrupa todos los originados por el almacenaje como coste del espacio ocupado; de energía, si fuera necesario, de pérdidas o roturas, pólizas de seguros, etc.

Por lo general, hay una componente de este coste que es la más importante, por lo que se asume que el resto son inferiores a esta y no se consideran. Esta componente es debida al coste de oportunidad del dinero invertido en el producto almacenado.

Este coste tiene un carácter de coste de oportunidad y vendrá determinado por el interés monetario que la empresa debe pagar en el mercado. De aquí que venga expresado por la fórmula.

$$C. M. = Q \cdot i \cdot Pr \cdot T$$

Donde:  $i$  es el interés del dinero y  $Pr$  el precio de una unidad, o su coste de fabricación dependiendo de que nos refiramos a unidades compradas fuera o fabricadas dentro y  $Q$  la cantidad almacenada durante un tiempo  $T$ .

- Coste de Ruptura. Es el coste originado por la carencia de productos en el almacén. Este coste es de difícil valoración, porque la carencia de producto cuando lo solicita un cliente, puede originar la pérdida de la venta o también la pérdida de un cliente y esto no puede valorarse.

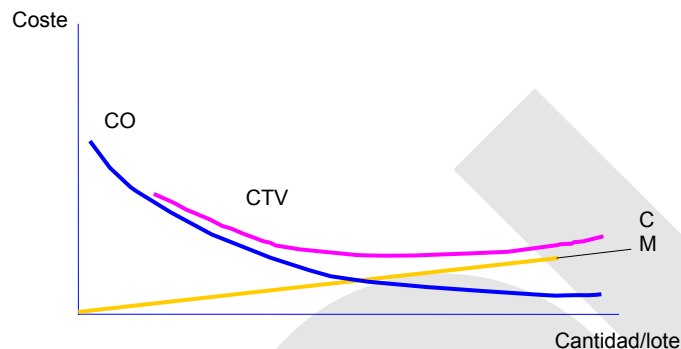
En definitiva estos costes puede agruparse en dos categorías: Los que disminuyen con la cantidad comprada, o producida, por lote. A este grupo pertenecen los siguientes: el coste de ordenar, ya que si aumenta la cantidad comprada en cada lote, menos lotes se cursarán. También se incluye el coste de ruptura.

El otro grupo lo forman los costes que aumentan con la cantidad. Dentro de este último se incluye el coste de mantenimiento.

El coste de adquisición no pertenece a ninguno de los dos grupos, porque se cursen los pedidos que se cursen la cantidad comprada a lo largo del periodo de gestión es siempre la misma.

Si representamos ambos costes obtendremos unas curvas como las de la figura.

Como se observará aparecen dos costes, uno, creciente y otro, decreciente.



El resultado es un coste total, denominado Coste Total, que presenta un coste mínimo. Se trata pues de determinar cuál es la cantidad comprada por lote que hace mínimo el coste total expresado por la suma de las tres componentes anteriores.

$$CT = C. A. + C. O. + C. M.$$

Como se observará no se ha considerado la ruptura por estar en condiciones de conocer en su totalidad las variables que intervienen en la gestión, de aquí que no se produzcan rupturas. Veamos ahora como se determina este tamaño del lote que hace mínimo el coste.

Para determinar la cantidad por lote que hace mínimo el coste de la gestión del almacén, supondremos que la gestión del almacén se hace por punto de pedido y que se aplicarán las condiciones dichas con anterioridad.

Tal y como se ha definido en puntos anteriores, en estos métodos de reposición alcanzado el punto de pedido  $P_p$  se lanza una orden de compra, que llega al almacén  $T_s$  días después.

Analicemos las tres componentes del coste para un almacén como el que representa la figura anterior.

En primer lugar el coste de adquisición, CA.

$$CA = Pr \cdot D$$

A continuación el coste de ordenar, CO.

$$CO = s \cdot f$$

f, es el número de reposiciones del almacén durante el periodo de gestión T. Si D es la demanda o cantidad total almacenada durante el periodo T y Q es la cantidad con que se reponen las existencias del almacén cada vez que se cursa una orden, el número de reposiciones se puede escribir también.

$$f = \frac{D}{Q}$$

Por lo que el coste de ordenar también se puede expresar como.

$$CO = f \frac{D}{Q}$$

El coste de mantenimiento en el almacén es:

$$CM = i \cdot Pr \cdot Im \cdot T$$

Donde: Im es el stock medio. Recuérdese que el coste de mantener una unidad, era  $i \cdot Pr$ , ahora mantenemos una cantidad que es variable con el tiempo, con forma de diente de sierra, por lo que habrá que buscar una cantidad equivalente a esta, que llamaremos stock medio y que equivale a:

$$Im = \frac{1}{2} Q$$

Por lo que el coste de mantener una cantidad variable, que inicialmente es Q durante un tiempo T, que es el de gestión será:

$$CM = \frac{1}{2} Q \cdot Pr \cdot i \cdot T$$

Ahora podremos expresar la fórmula del coste total de un inventario:

$$CT = PrD + s \frac{D}{Q} + \frac{1}{2} Q \cdot Pr \cdot i \cdot T$$

A partir de la fórmula del coste podríamos calcular por medios matemáticos cuál ha de ser el valor de Q que hace que el coste total sea el menor valor de todos. Este valor de Q es conocido como Cantidad Económica y corresponde a la fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot D}{i \cdot Pr \cdot T}}$$

Sí la reposición es en periodos fijos, la determinación matemática del periodo económico se hace de manera análoga a lo anterior. Para ello se sustituye en la fórmula del coste total la cantidad Q por el tiempo  $tr$ , que es el tiempo de reaprovisionamiento, teniendo en cuenta la igualdad entre las siguientes relaciones:

$$f = \frac{D}{Q} = \frac{T}{tr}$$

$$Q = \frac{tr}{T} D$$

Que sustituyendo en la fórmula del coste queda:

$$CT = PrD + s \frac{T}{tr} + \frac{1}{2} D \cdot tr \cdot i \cdot Pr$$

Por lo que el valor óptimo del tiempo entre reposiciones es:

$$tr = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot T}{D \cdot i \cdot Pr}}$$

Considerando como antes el tiempo T de un año y la tasa i anual la fórmula anterior sería.

$$tr = \sqrt{\frac{2s}{D \cdot i \cdot Pr}}$$

La cantidad Q que habría que ordenar cada  $tr$  periodos viene determinada por.

$$Q = \frac{D}{tr} = \frac{D}{\sqrt{\frac{2s}{DiPr}}} = \sqrt{\frac{2sD}{iPr}}$$

Esta es justo la cantidad económica del apartado anterior. Quiere decir esto que el coste mínimo es, lógicamente, siempre igual cualquiera que sea el método de reposición.

Ambos sistemas son por tanto el mismo siempre que existan estas condiciones indicadas anteriormente.

## 7.2 PARÁMETROS DE MEDIDA DE LA GESTIÓN DE LOS INVENTARIOS

Muchas de las decisiones que se toman sobre inventarios se refieren, necesariamente, a la gestión de productos individuales: niveles de servicios, lotes de compra o de producción, método de almacenamiento, etc.

Sin embargo la mayor parte de las decisiones económicas de la empresa se toman sobre la totalidad de los inventarios. Por lo que es necesario analizar algunos de los métodos que nos permiten conocer la marcha de la gestión de la totalidad de los inventarios.

- Los inventarios como un activo de la empresa.

Desde el punto de vista contable los inventarios forman parte del Activo Circulante de la empresa. Un balance adecuado de una empresa debe presentar un cierto equilibrio entre el activo circulante y el exigible a corto plazo, de manera que la mayor parte del activo circulante esté financiado por el exigible a corto y la restante lo esté por el pasivo a largo plazo.

La proporción entre qué parte del activo circulante se financie con exigible a largo y cuál lo sea con el exigible a corto depende del tipo de empresa y de su gestión, pero una buena medida sería que los stocks de seguridad sean la parte de los inventarios financiadas con el exigible a largo.

- Rotación de los inventarios.

Es uno de los medidas más importantes y que mejor expresan la permanencia de los materiales en el almacén y en consecuencia la renovación de estos.

Su valor no es necesariamente bueno o malo pues depende el tipo de negocio, aunque es muy deseable un valor elevado, pues ello es indicativo de una inversión media baja y por tanto un bajo coste financiero.

La rotación del inventario viene dada por la relación:

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Coste de la Venta}}{\text{Inventariomedio}}$$

Ambos valores, Coste de la Venta, e Inventario medio se expresan en magnitudes monetarias y se calculan, generalmente, con los datos obtenidos durante un año de gestión.

Uno de los inconvenientes que presenta esta medida es el conocimiento del denominador de la fracción anterior. Como sabemos el nivel de un inventario es cambiante de manera permanente, por lo que solo tiene sentido hablar de inventario medio.

El seguimiento de la rotación de los inventarios ha de hacerse artículo por artículo y es necesario para saber de manera orientativa cómo es la gestión de estos.

La rotación expresa las veces que se renueva el inventario medio por periodo, generalmente un año.

La inversa de la rotación  $\frac{1}{R}$  representa el tiempo medio de permanencia de un producto en el almacén. De manera que si la rotación es 4 veces/año, la permanencia del producto en almacén es de  $\frac{1}{4}$  año, o un trimestre.

- Rentabilidad.

La rentabilidad de cualquier inversión, se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Valor de la Inversión}}$$

Pero en nuestro caso tomaremos el Valor de la inversión como el Valor de los productos almacenados, es decir, el Inventario medio expresado en valor monetario.

Por otra parte, si en la fórmula anterior efectuamos la sencilla operación matemática de multiplicar y dividir por el mismo valor (en nuestro caso Coste de venta) tendremos la siguiente expresión.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Coste de Venta}} \cdot \frac{\text{Coste de Venta}}{\text{Inventario medio}}$$

La primera fracción se conoce como: "Porcentaje de Margen Comercial" y la segunda fracción es la "Rotación".

Luego:

$$\text{Beneficio} = \text{Margen Comercial} \cdot \text{Rotación}.$$

- Clasificación ABC.

No es un sistema de comprobación de la eficiencia de la gestión, sino un método de clasificación, o segmentación para facilitar la gestión de los stocks de productos de un almacén.

No todos los artículos almacenados presentan una problemática igual para la empresa.

Se trata de establecer qué partes del inventario deben ser consideradas antes que otra.

La división ABC establece tres zonas o partes, en función de ciertos porcentajes basados en el número de artículos y otros datos como: inversión total, demanda anual, plazos de entrega, etc.

Idealmente, para el caso de que consideremos la inversión total y el número de artículos como bases para determinar estas zonas, el cálculo de esta división es el siguiente:

El 80% de la inversión del inventario corresponde a el 20% de los artículos. El 95% de la inversión corresponde al 50%. El 100% de la inversión corresponde al 100% de los artículos.

La representación gráfica de estos porcentajes, que no tienen por que ser exactamente los indicados, corresponde a una curva, denominada de Pareto, que permite conocer de una manera rápida cada una de estas tres zonas.

Los elementos que pertenecen a la clase A serán, lógicamente, los que requieran más atención.

Los de la zona B tendrán una importancia secundaria frente a los de la A, aunque requieran un cierto control, que puede ser realizado mediante ordenadores.

Los elementos pertenecientes a la zona C son los más numerosos aunque representen el menor volumen monetario. Estos artículos no requieren un control excesivo y en ciertos casos basta con mantener un stock lo suficientemente grande para que no existan problemas de rupturas.

Cada clasificación tiene una manera peculiar de gestión que posteriormente se expondrá.

En algunos casos esta clasificación no es suficiente y hay que distinguir no sólo por el importe monetario de su demanda anual, si no por otros parámetros como pueden ser su repercusión en la demanda en caso de carencia en el stock.

Bajo este punto de vista los elementos almacenados pueden clasificarse en:

- Críticos: aquellos que no pueden faltar en el stock.
  
- Alta prioridad: Son esenciales, pero se puede permitir cierta ruptura en stock.



- Media prioridad. Necesarios, pero ocasionalmente pueden faltar.
- Baja prioridad. Deseables, pero se permite su falta en los almacenes.

Esta clasificación tiene relación con los plazos de suministro, pero también es necesario hacer clasificaciones ABC sobre beneficio por artículo si el negocio es de venta directa o para conocer como aprovechamos los productos, etc.



# LA 8 LOS INVENTARIOS PARA DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO

## 8.1 INTRODUCCIÓN

Por lo general los productos se fabrican en lugares distantes de los puntos de consumo. por otra parte, los mercados cada vez más competitivos exigen suministros frecuentes con cortos plazos de entrega. Estas condiciones obligan a una rápida respuesta manteniendo stocks cerca de los puntos de consumo. Determinar la cantidad de stock y su localización dentro de la red logística es algo que atañe a la distribución del producto.

La cantidad de almacenes de distribución esta relacionada con otras variables; para un mismo Nivel de Servicio una disminución en el número de centros de distribución acarreará un aumento en la red de transporte y al contrario. Cuál debe ser por tanto el número de centros de distribución, es una decisión relacionada con los costes de transporte.

En los almacenes de distribución, los productos almacenados pueden ser de diversos tipos:

- Productos finales.
- Repuestos para la asistencia técnica.
- Materiales para embalaje y transporte.

Estos almacenes conforman los nudos de la red logística, aunque hay otros inventarios también considerados de distribución que corresponden a los inventarios en tránsito.

Desde el punto de vista de su función en la distribución los almacenes se clasifican en:

- Almacenes de planta o de factoría cuyo cometido es mantener los productos finales para su inmediata distribución.
- Almacenes de campo, tienen como misión acercar los productos a los diversos puntos de consumo. Tal y como se ha dicho, el número de ellos y su situación depende de diversos factores tales como el producto, su duración o caducidad, la densidad de la demanda y su poder adquisitivo, las políticas

comerciales con agentes comerciales, etc., todo ello considerando el coste óptimo resultante de equilibrar una política de distribución con pocos almacenes de campo y altos costes de transporte o, por el contrario optar por una gran cantidad de puntos de almacenamiento y reducir los medios de transporte.

Por la función logística que cumplen, estos almacenes se subdividen a su vez en:

- Almacenes de consolidación. Utilizados para agrupar cargas procedentes de diversos proveedores que irán a un almacén central, o plataforma.

Existen múltiples ejemplos de este tipo de almacenes. Casos como las plataformas utilizadas por las Centrales de Compra, en el sector de la distribución comercial para hacer llegar el producto a las empresas a las que abastece. También los centros de consolidación utilizados por los fabricantes de vehículos para agrupar los productos de diversos proveedores que luego se utilizan en una determinada parte del proceso JIT.

- Almacenes de fraccionamiento. Al contrario que la función desarrollada por los anteriores, estos almacenes se ocupan de dividir las cargas procedentes de un solo proveedor para hacerlas llegar a múltiples usuarios.

Como en el caso anterior son frecuentes los almacenes que operan de esta forma y su existencia es usual en los centros logísticos tales como puertos, aeropuertos, nudos de ferrocarril, y otras zonas de actividades logísticas.

Los almacenes de campo se clasifican a su vez, por su localización geográfica en regionales, locales, etc., dependiendo de la amplitud de la zona cubierta por cada uno de ellos.

- Los stocks en tránsito son los productos que en un determinado momento se transportan. En ciertos casos estos almacenes deambulantes se emplean para cumplir funciones de fraccionamiento y consolidación.

La conveniencia de disminuir los costes fijos de la distribución ha hecho que la propiedad de algunos almacenes de distribución no sea en su totalidad de la empresa, dependiendo de dicha situación los almacenes pueden ser:

- Almacenes privados o propios, cuando los activos (nave, estanterías, medios de manipulación, etc.) empleados y la gestión corresponden a la misma empresa.
- Almacenes semipúblicos, cuando los activos están alquilados, pero la gestión es propia.

- Almacenes públicos, cuando ambas cosas: activos y gestión se hallan alquiladas.

Esta clasificación no es excluyente, sino que por el contrario, usualmente, un almacén de distribución hace a la vez varias funciones descritas y pueden coexistir en el mismo edificio partes alquiladas o privadas, etc.

## 8.2 LA GESTIÓN DE LOS ALMACENES DE DISTRIBUCIÓN

Otra clasificación, que por su importancia trataremos por separado, se refiere al modelo de gestión de las reposiciones de cada almacén de la red logística. Esta clasificación corresponde a:

- Gestión tipo pull o de “extracción”; en estos casos cada almacén de la red logística es autónomo en su gestión y efectúa los pedidos de reposición en el momento y por la cantidad que le parece oportuno. Por tanto, los niveles de stock de seguridad, los puntos de pedido, las previsiones de la demanda y otras variables son competencia de cada almacén.
- Gestión tipo push o de “empuje”; la gestión de varios almacenes se centraliza en uno de ellos, que por lógica tendrá una importancia comparativamente mayor dentro de la red. Es el almacén central el que determina las políticas de abastecimiento de los que de él dependen.

Cada método tiene sus ventajas e inconvenientes, en el caso de la gestión pull la mayor autonomía permite una mejor adaptación de los costes de los inventarios a la realidad de la distribución en la zona a la que pertenece. Por el contrario supone trasladar toda la variación de la demanda de cada almacén a los almacenes centrales, que recibe aleatoriamente en cantidad y momento las peticiones de los almacenes dependientes.

Esto hace que el control del stocks del almacén central sea más difícil, lo que conduce a unos mayores niveles de inventarios para suplir esta gestión ineficiente.

Las variables -no estratégicas- que se controlan en los almacenes de distribución, cualquiera que sea el método de gestión, son.

Nivel de stocks cíclicos y stocks de seguridad.

- Control de las reposiciones: puntos de reposición, tiempos de revisión y tiempos de suministro.
- Amplitud del surtido de los productos (tipos de producto y variedades)
- Localización geográfica del surtido.

### 8.3 GESTIÓN TIPO “PULL”

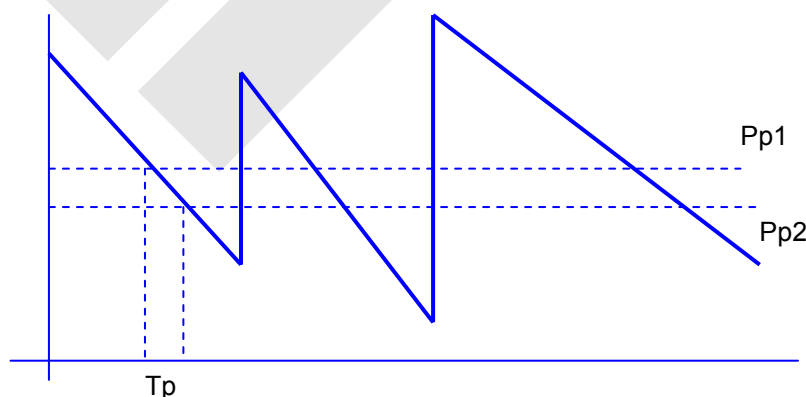
Como ya hemos dicho, el problema de los almacenes de una red de distribución es que acumulan la aleatoriedad de la demanda de los almacenes a los que abastece.

Para comprender mejor qué influencia tiene esto en la gestión de un almacén, supongamos dos almacenes que se abastecen de otro central. Cada uno de estos dos periféricos intentará protegerse con un cierto stock de seguridad, conforme a sus estudios. A su vez el almacén central se protegerá con otro stock de seguridad, calculado según la demanda de los dos periféricos. En definitiva, que ahora habrá tres stocks de seguridad, mientras que si el almacén central tuviera acceso a la información de la demanda de mercado que soportan los periféricos, posiblemente con un solo stock de seguridad sería suficiente.

Para paliar esta situación en las redes pull se emplean diversas correcciones a los métodos ya descritos del punto de pedido. Algunos de ellos son:

- Doble punto de pedido. Todos los almacenes de la red de distribución establecen dos puntos de pedido; uno de ellos, calculado por la manera tradicional según lo ya descrito, teniendo en cuenta el tiempo de suministro previsto; el otro, corresponde a un punto de previo aviso y su cálculo se determina considerando la demanda durante el tiempo de suministro y el tiempo de producción del lote, tal como se indica en la figura de la página siguiente.

El primer punto de pedido Pp1 permite conocer al almacén central la situación del stock de cada almacén dependiente, de esta manera el almacén central trasladará a la fábrica el pedido de para reponer las existencias, por lo que se recibirá en el almacén central  $T_p$  días después, justo en el momento de que el almacén dependiente alcance el punto de pedido Pp2, el almacén central procederá al envío del lote al almacén regional y por tanto



llegará al almacén regional  $T_s$  días después según lo previsto.

Este sistema evita excesivos stocks de seguridad y permite reaccionar al almacén central y a la fábrica con un margen de anticipación mayor ante cualquier ruptura de stock de los almacenes dependientes.

- Sistema de reposición de ventas. Este método consiste en informar al almacén de quien se depende de las ventas realizadas durante un cierto periodo. De esta manera el almacén central puede prever la marcha de los stocks de los almacenes dependientes y crear su propio stock de seguridad para evitar la ruptura.

En cualquier caso la gestión “Pull” tiene la ventaja de no crear una dependencia estrecha entre los almacenes, pero tiene el inconveniente de ser más insegura en la determinación de los niveles de stock necesarios.

## 8.4 LA FÓRMULA DE LA RAÍZ CUADRADA

Mediante esta fórmula podemos determinar los niveles de stocks necesarios en una red de distribución en función del servicio dado por un almacén central.

Si  $S_L$  es el stock mantenido en un almacén local de los que hay  $n$  en una red de distribución y  $S_c$  es el stock de un almacén central del que dependen los  $n$  almacenes locales, la relación entre ambos stock, para el mismo nivel de servicio, es:

$$S_c = \sqrt{n}S_L$$

De esta manera podemos determinar cuántos almacenes locales son necesarios en una red de distribución. Por el contrario podemos determinar también cuál será el máximo coste de transporte que podemos admitir, si reducimos el número de stocks de una red de distribución.

La aplicación de esta fórmula es posible en el caso de no existir interferencias entre las zonas de reparto asignadas a cada almacén local y que el número de clientes por zona dependientes de cada almacén local sea aproximadamente el mismo para todos ellos, condiciones que suelen ser frecuentes en la realidad. De cualquier manera nos permite tener un cierto grado de conocimiento de qué ocurre si se aumenta o disminuyen los puntos de almacenamiento en una red.

## 8.5 GESTIÓN TIPO “PUSH”

Como ya hemos dicho en estos métodos de gestión el momento y cantidad de la reposición de existencias de cada uno de los almacenes de la red, se determina

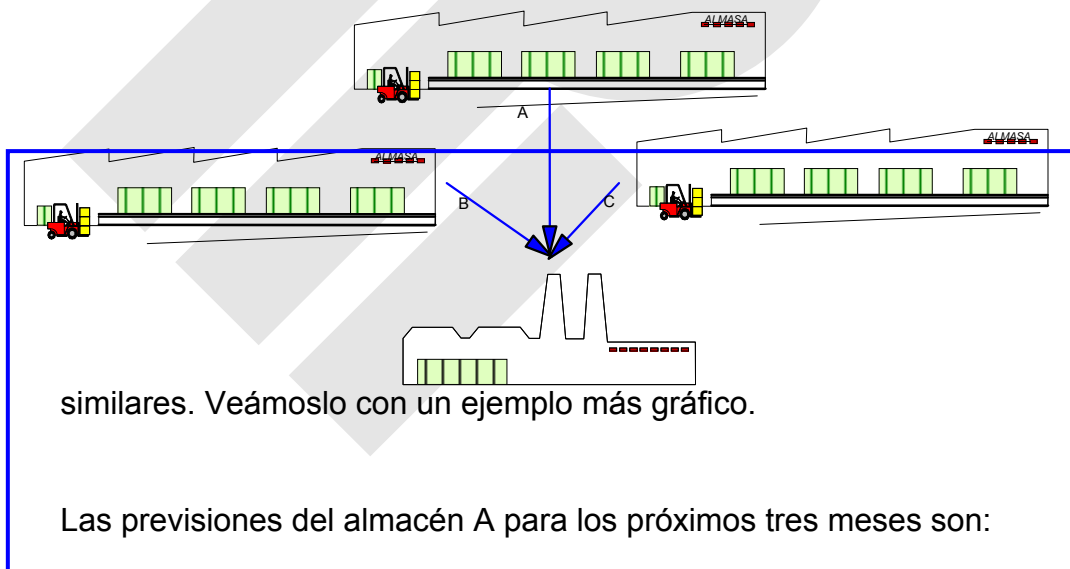
según criterio del almacén central, de esta manera se evitan situaciones imprevistas que supongan rupturas del stock. Las ventajas de los controles de empuje son varias, todas ellas provienen del control centralizado. Una de estas ventajas es una mejor planificación de las necesidades futuras de productos, lo que redundará en una menor cantidad de existencias en toda la red de distribución y en consecuencia un menor coste de la distribución, para un mismo nivel de servicio. Por esta misma facilidad de planificación se adaptan mejor que otros sistemas a los procesos productivos “Justo a Tiempo”.

En muchos casos no es posible ejercer el control centralizado de la gestión sobre todo cuando no se tiene la propiedad de los almacenes de distribución o no se poseen productos dominantes en el mercado. De manera que para una gran parte de productos de consumo, como los de conveniencia.

Los métodos de gestión de “empuje” más utilizados son:

- Método “DRP” (DISTRIBUTION REQUIREMENTS PLANNING). Este método se basa en el encadenamiento de necesidad de producto que ocurre en una red de distribución cuando se produce un pedido de un cliente. De esta manera se contabilizan con antelación las necesidades futuras de cada uno de las almacenes periféricos para ir agregándolas en el almacén central.

Su aplicación se basa en las mismas técnicas que el MRP (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING), por lo que los conceptos empleados son



Mes	1	2	3
Demanda	100	-	120

Las previsiones del almacén B para este mismo periodo de tiempo son:

Mes	1	2	3
-----	---	---	---

Demanda	50	30	50
---------	----	----	----

Las previsiones del almacén C son:

Mes	1	2	3
Demanda	70	80	-

En total las previsiones de la fábrica o almacén central serán la suma mes a mes de cada una de las necesidades previstas de los almacenes.

Mes	1	2	3
Demanda	220	110	170

La técnica DRP también tiene en cuenta otros factores como el tiempo de suministro de la fábrica a cada uno de los almacenes y los stocks de seguridad que hay que mantener en cada almacén. Como se ha dicho el desarrollo completo del DRP es similar a la Planificación de materiales MRP.

Veamos a continuación un desarrollo del proceso empleado en el DRP



ALMACÉN: A EXISTENCIAS: 300 unds. STOCK DE SEGUR.: 100 unds. T. SUMINISTRO: 1 s. Cantidad/Pedido: 150	<u>PERIODO DE PLANIFICACIÓN</u>							
	S-25	S-26	S-27	S-28	S-29	S-30	S-31	S-32
<b>Necesidades Brutas</b>			100	80	150	120	100	120
<b>Pedidos Pendientes</b>					40			
<b>Disponibilidad</b>		200	200	100	20	60	90	140
<b>Necesidades Netas</b>					90	60	10	
<b>Pedidos Programados</b>				90	60	10		
<b>Pedidos Cursados</b>				150	150	150		

ALMACÉN: B EXISTENCIAS: 500 unds. STOCK DE SEGUR.: 150 unds. T. SUMINISTRO: 1 s. Cantidad/Pedido = 400 unds.	<u>PERIODO DE PLANIFICACIÓN</u>							
	S-25	S-26	S-27	S-28	S-29	S-30	S-31	S-32
<b>Necesidades Brutas</b>			850	900	1030	1000	900	900
<b>Pedidos Pendientes</b>					40			
<b>Disponibilidad</b>		350	350	300	200	10	210	110
<b>Necesidades Netas</b>			500	600	790	990	690	790
<b>Pedidos Programados</b>		500	600	790	990	690	790	
<b>Pedidos Cursados</b>		800	800	800	1200	800	800	

ALMACÉN: C EXISTENCIAS: xxx STOCK DE SEGURIDAD: xxx T. SUMINISTRO: xxx Cantidad/Pedido: 300	<u>PERIODO DE PLANIFICACIÓN</u>							
	S-25	S-26	S-27	S-28	S-29	S-30	S-31	S-32
<b>Necesidades Brutas</b>			...	...	...	...	...	...
<b>Pedidos Pendientes</b>								
<b>Disponibilidad</b>		...	...	...	...	...	...	...
<b>Necesidades Netas</b>			...	...	...	...		
<b>Pedidos Programados</b>		...	...	...	...	...		
<b>Pedidos Cursados</b>		300	600	0	300	600		

ALMACÉN: A CENTRAL EXISTENCIAS: 800 STOCK DE SEGURIDAD: 300 T. SUMINISTRO: 1 Cantidad/Pedido: 400	<u>PERIODO DE PLANIFICACIÓN</u>							
	S-25	S-26	S-27	S-28	S-29	S-30	S-31	S-32
<b>Necesidades Brutas</b>		1100	1400	950	1650	1550	800	0
<b>Pedidos Pendientes</b>								
<b>Disponibilidad</b>		500	200	0	250	200	250	250
<b>Necesidades Netas</b>		600	1200	950	1400	1350	550	
<b>Pedidos Programados</b>	600	1200	950	1400	1350	550		
<b>Pedidos Cursados</b>	800	1200	1200	1600	1600	800		

- Método del mismo tiempo de reposición. Se basa en reponer las existencias de todos los almacenes locales con iguales intervalos de tiempo. Por ejemplo, supongamos que la situación de los almacenes anteriores es la descrita en el cuadro. Las necesidades semanales son la previsión de consumo para cinco semanas. Las existencias en el almacén de la fábrica ascienden a 143 unidades:

ALMACÉN LOCAL	STOCK DE SEGURIDAD	EXISTENCIAS	NECESIDADES SEMANALES					NECESIDADES DIARIAS
			1	2	3	4	5	
A	10	35	20	20	20	20	20	20/5=4
B	15	42	35	35	35	35	35	7
C	7	22	15	15	15	15	15	3
Total	32	99	70	70	70	70	70	14

Unidades totales en el sistema = 143 + 99 = 220 unidades.

Necesidades diarias descontando el stock de seguridad =  $\frac{220 - 32}{14} = 15$  días

Stock máximo para el almacén A = 4 · 15 + 10 = 70 unidades.

Stock máximo para el almacén B = 7 · 15 + 15 = 120 unidades.

Stock máximo para el almacén C = 3 · 15 + 7 = 52 unidades.

Reposiciones cada 15 días:

- Almacén A = 70 - 35 = 35 unidades.
- Almacén B = 120 - 42 = 78 unidades.
- Almacén C = 52 - 22 = 30 unidades.

Mediante esta otra técnica es posible aprovechar el mismo viaje para reponer las existencias de los almacenes, por lo que representa un ahorro en transporte.

#### ▪ Método mixto de gestión

Las indudables ventajas del método DRP lo hacen atractivo para la gestión de suministros en la red logística, no obstante no siempre se puede emplear una técnica de este tipo, pues como hemos dicho la dependencia de la gestión de los almacenes locales se hace imprescindible para su aplicación. En esos casos se puede crear un sistema mixto de manera que aquellos almacenes cercanos a los minoristas y que por lo general son independientes aplicaremos obligatoriamente los métodos de arrastre y para el resto, siempre que la gestión pueda considerarse como dependiente.

## 8.6 EL INVENTARIO GESTIONADO POR EL VENDEDOR (VMI)

Este es un caso frecuente tanto en la industria como el comercio, que sirve para poner de manifiesto la colaboración entre agentes de distinto nivel en la cadena de suministros.

El proveedor no solamente suministra los artículos, sino que también gestiona el inventario de aquellos bienes indicados por el cliente. Esto supone decidir en todo momento qué tipo de artículos, en qué cantidades y cuándo deben reponerse en el stock del cliente.

No es una práctica nueva y en algunos casos se ha conocido como “inventario gestionado por el proveedor”, o “reposición continua” (CR). Desde luego ha sido una técnica usual en la producción J.I.T., sobre todo cuando la distancia entre proveedor y fabricante hacían inviable los suministros continuos. En estos casos se acuerda la disponibilidad de un almacén con las existencias suficientes para el consumo del fabricante y gestionado por el proveedor.

Sistemas CR también son usuales en el sector de la gran distribución. Ciertos productos de alta demanda como derivados del pan, bebidas refrescantes y cervezas, pastas y productos de alimentación de uso frecuente utilizan estos métodos para reponer las existencias. En cualquiera de los casos citados la lectura del código de barras en el punto de venta (POS) provoca una llamada mediante la red informática al ordenador del proveedor, que anota la nueva necesidad y controla las existencias. Periódicamente éstas se reponen por parte del proveedor.

Cualquier sistema VMI se basa en tres aspectos: el flujo de información como elemento básico (sin él no es posible el sistema), el flujo de productos, o materiales (consecuencia del anterior) y los acuerdos de relación (regulan y normalizan la relación entre las partes)

Quizás uno de los aspectos más difíciles de superar sea el último citado. Como se ha apuntado los acuerdos deben ir en dos sentidos.

- Normalización de información (códigos de barras, códigos de transmisión, EDI, o Internet, controles de calidad, etc.) Normalización de medios logísticos y productos (tipo de transporte, dimensiones de los paquetes y soportes, pallets, etc.)
- Regulación de la información: Quién es el propietario del inventario, cuándo se transfiere el título de propiedad. Qué niveles de stock son admisibles. Qué accesos tienen las partes a la información originada (téngase en cuenta que en una “gestión de inventario en escasez” – Lean Inventory – es imprescindible realizar unas previsiones de consumo fiables, para lo cual el proveedor debe conocer la venta con exactitud)

Otro aspecto a considerar es cuándo es apropiada una gestión VMI. Es evidente que este sistema es aplicable a cualquier empresa que desee mejorar sus niveles de inventario sin perjudicar los niveles de servicio, pero la aplicación es tanto más necesaria, cuanto que sea elevado el número de clientes y estos se

encuentren dispersos, así como exista un amplio catálogo de productos que tengan una elevada demanda.

Las ventajas que este sistema reporta a ambas empresas son:

- Para el cliente.
  - Menores niveles de inventario.
  - Mayor rotación.
  - Mejores tasas de servicio (menores rupturas)
- Para el suministrador.
  - Menores costes de producción (programación más fácil y predecible)
  - Calidad más adecuada al mercado.
  - Mejor información sobre las tendencias del mercado (se consigue información de primera mano)
- Para ambas partes.
  - Mayor grado de competitividad al aumentar la eficiencia de los agentes de la cadena logística (costes, servicio, flexibilidad)
  - Se comparten riesgos (esto es un acicate para la mejora mutua –el camino hacia la excelencia– que no se da cuando se opera de manera independiente)

## BIBLIOGRAFÍA

- Sistemas de Planificación y Control de la Producción.  
Vollmann, Berry y Whybark  
Editorial Irwin, Ed. Tercera.
- La Meta.  
Eliyahu M. Goldratt.  
Editorial Díaz de Santos.
- La Teoría de las limitaciones y sus consecuencias para la contabilidad de gestión.  
Eric Noreen et. alli.  
Editorial Santos.
- El sistema de producción Toyota.  
Yasuhiro Monden.  
Editorial Price Waterhouse
- Business Logistics Management  
Ronald H. Ballou.  
Prentice-Hall International Editions.
- ERP, Tools Techniques and Applications for Integrating the Supply Chain.  
Carol A. Ptak.  
APICS Series on Resources Management. Falls Church. Virginia. USA.
- Control de la producción y los inventarios. Principios y Técnicas.  
George W. Plossl.  
Prentice-Hall