

## Logística y dirección de operaciones

# Una visión sobre su evolución convergente

*En los últimos años, la logística como disciplina ha adquirido un significado que la relaciona estrechamente con la gestión de producción. La primera se ocupa de la gestión global, eficaz y eficiente de las actividades requeridas para crear, mantener y controlar los flujos de materiales; la segunda, del diseño y dirección de operaciones, gobierno y control de los sistemas productivos, que pueden abarcar también, por supuesto, el flujo de materiales desde el proveedor hasta el cliente.*

**M**uchos autores se han preocupado por el concepto de producción, una de las funciones clave en la mayoría de empresas, dando definiciones bastante concordantes. Tradicionalmente se identifica producción con manufactura, es decir, con producción de bienes, consistiendo la transformación de las entradas en salidas en cambio de forma o de atributos; sin embargo el concepto es más general:

Salah E. Elmaghraby la define del siguiente modo: *...casi todas las actividades (excepto tal vez los actos de destrucción como la guerra y el genocidio) pueden llamarse producción. Por ejemplo, el transporte, que puede llevarse a cabo en dos dominios, espacio y tiempo, es producción. Por tanto podemos agrupar bajo el encabezamiento de producción actividades tan diversas como difusión de noticias, representación de una obra teatral, escritura de un libro y transmisión de electricidad.*

### Un repaso histórico

En el pasado, la gestión de la producción se ha preocupado esencialmente del control de las variables asociadas a las actividades de transformación, incluyendo paulatinamente aquellas orientadas a la obtención de los *inputs*, esencialmente los materiales. Centrándonos en los materiales cabe decir que el sistema productivo tradicio-

nal comprende el flujo de los mismos desde el proveedor hasta la entrada al almacén de productos terminados.

El concepto civil de logística aparece en los Estados Unidos a mitad de los años sesenta inspirándose, en parte, en ideas ampliamente extendidas en ambientes militares, donde tenía una larga tradición. En los ejércitos romanos existía la figura del logista, que era el intendente de abastecimientos. En 1837 el general barón Antoine Henri Jomini publica su libro *Précis de l'art de la guerre ou nouveau tableau analytique des principales combinaisons de la stratégie, de la grande tactique et de la politique militaire*, entendido en algunos ambientes como una respuesta al tratado de Clausewitz. Jomini define en su libro la logística como el arte práctico de mover los ejércitos.

Con posterioridad cristalizó, en el ámbito militar, la distinción entre la estrategia, que se interesa sobre qué hacer y define planes, la táctica, que se interesa en cómo hacerlo y define métodos y reglas, y la logística, que se interesa por el dónde, cuándo y con qué hacerlo y define los medios.

La forma que adquiere la logística empresarial en los años sesenta refleja los conocimientos existentes en este momento sobre gestión de stocks (esencialmente la fórmula EOQ o de Wilson) y sobre gestión de los transportes. La concep-

**Producción y sistema productivo**

**P**roducción es la transformación de unos bienes y/o servicios en otros bienes y/o servicios. Los últimos son los productos y los primeros, los factores de producción. Esta transformación está motivada por el hecho de que los productos tienen más utilidad que los factores. Aunque habitualmente identificamos producción con la manufactura de bienes o mercancías, también hay producción en aquellos casos en que el producto resultante consiste parcial o totalmente en servicios. En la sociedad post-industrial hacia la cual, según los autores, nos encaminamos, o a la que ya hemos llegado, la producción de servicios es mucho más importante que la producción de bienes en relación con la proporción de fuerza de trabajo total empleada.

La transformación se realiza en virtud de un proceso productivo que a partir de unas entradas (*inputs*) proporciona unas salidas (*outputs*). Aunque esta concepción del fenómeno es sobre todo un enfoque o una metodología de estudio, es sumamente útil. Utilizaremos la denominación de sistema productivo para designar el conjunto de elementos materiales y conceptuales que realizan la transformación (y que en sentido estricto forman parte de las "entradas"). Las entradas están compuestas esencialmente por trabajo humano, energía, materiales, y una parte importante de dinero invertido en maquinaria e instalaciones, sin desdeñar la información tanto en forma de conocimiento tecnológico (*know-how*) y tecnología propiamente dicha (ingeniería del producto y de los procesos) como de conocimiento gestional y de datos sobre la situación del entorno y del sistema productivo.

El sistema productivo propiamente dicho está inmerso en un sistema más general, la organización (empresa, universidad, hospital, etc.), y precisa para su pleno desenvolvimiento de otras actividades, procesos y sistemas (tecnológicos, comerciales, contables, financieros, etc.) no tan directamente ligados al proceso de transformación entradas/salidas.

ción logística de estos años se centra en considerar globalmente, integrándolas en un sistema, las actividades destinadas a ordenar el movimiento de los productos acabados desde el final de la línea de producción hasta el punto de utilización o de consumo, integrando las gestiones de stocks, transportes, almacenamientos, acondicionamientos o transformaciones ligeras, etc. La finalidad primordial de este enfoque reside en el hecho de que las medidas aptas para obtener mejoras de eficiencia en cada actividad considerada aisladamente pueden neutralizarse entre sí,

conduciendo a un resultado global nulo o negativo, mientras que la visión de conjunto puede llevar a medidas que resulten en aumentos reales de eficiencia. En general, en lugar del nombre de logística se prefería utilizar el de gestión de la distribución física (*physical distribution management*).

Pocos años más tarde se produce, mimética y simétricamente, la era de la gestión de materiales (muchos jefes de compras o de aprovisionamiento pasan a denominarse jefes de materiales), orientada a ordenar el flujo (aprovisionamiento, transportes y alma-

cenos) de materia prima, componentes y materiales de procedencia exterior necesarios para la producción.

Finalmente, y como resultado de la extensión del enfoque global o sistémico al conjunto de los movimientos de materiales, llega la era de la logística integral, basada en la idea de servicio al cliente y orientada a ordenar los flujos de materiales desde el proveedor hasta el consumidor.

**Las múltiples definiciones de logística**

Existen muchas definiciones de logística en la literatura, con sus aciertos y desaciertos. En nuestra concepción: la logística se ocupa de la gestión global, eficaz y eficiente de las actividades requeridas para crear, mantener y controlar los flujos de materiales (materias primas, piezas de procedencia exterior, piezas semielaboradas, subconjuntos y productos) desde el proveedor hasta el punto de consumo o utilización. El objetivo perseguido es alcanzar al mínimo coste o con la máxima eficiencia unos niveles de servicio predeterminados.

La gestión indicada presupone la consideración adecuada del flujo de información que la permite, el análisis de los procesos de decisión oportunos y el establecimiento de la organización idónea, así como la coordinación con otros niveles, acciones, procesos y aspectos empresariales. La logística es, antes que una disciplina, función, actividad o departamento, un enfoque globalista a compartir por diversas disciplinas, funciones, actividades y departamentos.

A pesar del acuerdo casi universal, salvo matices, sobre el significado de la logística, es fácil comprobar que en muchos ambientes sigue asociándose a su primera concepción: la distribución física de productos.

Al considerar íntegramente el flujo de materiales desde el prove-

L

D

T

347 / ABRIL 2000

61

## Actividades logísticas

Las actividades que son objeto del interés de la logística son las siguientes:

- realización de previsiones
- gestión de pedidos
- planificación maestra
- expedición de productos de los depósitos al consumidor
- gestión de stocks de productos acabados
- manutención en los depósitos de distribución
- transporte de la planta a los depósitos
- acondicionamiento y embalaje
- programación de la fabricación
- gestión de los stocks y almacenes de fábrica de piezas y subconjuntos fabricados
- control de la obra en curso
- suministro a línea
- transporte interplantas de semielaborados
- control de las fases de elaboración exterior
- gestión de los almacenes de materias primas y componentes de procedencia exterior
- transporte de materias primas y componentes del proveedor a la planta

- gestión de stocks de materias primas y componentes de procedencia exterior
- cálculo de necesidades
- aprovisionamiento

A la relación anterior se pueden añadir también un cierto número de decisiones estratégicas en las que la logística participa:

- localización de una nueva planta
- definición de los estándares de servicio a la clientela
- cambio de la estructura de precios por zonas geográficas
- definición de los territorios de ventas
- negociación de los contratos de compras a largo plazo con los proveedores importantes
- introducción de una nueva línea de productos
- reorganización de los procedimientos de gestión de stocks
- reorganización de los procedimientos de gestión de pedidos
- elección de un modo de transporte
- localización de un depósito.

edor hasta el usuario o consumidor, la logística debe tener presente el flujo a través del sistema productivo propiamente dicho. Por ello el sistema logístico o productivo ampliado comprende las actividades asociadas al mantenimiento de dicho flujo en el ámbito comprendido desde el proveedor hasta el usuario o consumidor final. A esta concepción se opone la estructura organizativa habitual en la que las actividades productivas están bajo la responsabilidad de un director de producción y las de distribución, de un director comercial del mismo rango, lo que acaba por establecer una frontera en el flujo de materiales. En lo que sigue consideraremos básicamente el sistema productivo, aunque la extensión de las ideas al sistema logístico es inmediata.

### Dirección de diseño y dirección de operaciones

Una forma conveniente de clasificar el conjunto de problemas de

gestión de los sistemas productivos (ampliados o no) es la que utiliza como referencia las dos mayores categorías de decisiones involucradas: las relacionadas con el diseño, planificación y construcción de sistemas destinados a producir cierto bien y/o servicio, y las relacionadas con el funcionamiento y control del sistema. A *grosso modo*, las decisiones a plazo medio-largo y las decisiones a plazo medio-corto. Esta clasificación no deja de tener cierta ambigüedad, como ya resulta patente en las denominaciones, ni produce una separación neta de los temas a causa de la jerarquización de los plazos si no en forma continua, sí en más niveles de los retenidos y a causa de la interferencia de unos niveles con otros (un problema de diseño, por ejemplo la modificación del producto, interfiere con un problema de funcionamiento, en este caso la fabricación de dicho producto).

Llamaremos a las primeras decisiones de dirección de diseño y a

las segundas, de dirección de operaciones. En este texto nos centraremos en las segundas.

La labor de producción suele involucrar un gran número de actividades que deben contemplarse al mismo tiempo, bien porque se ejecutan simultáneamente, bien porque la situación temporal de las mismas está dentro de un intervalo razonablemente corto de tiempo y ello implica posibles interrelaciones.

Dichas actividades afectan a un número también elevado de recursos de diversos tipos. Por otra parte, gran cantidad de restricciones, principalmente de tipo tecnológico, condicionan la organización de las actividades y la utilización de los recursos. Diversos grupos humanos, con escalas de valores no totalmente concordantes, se ven afectados por la realización de las actividades. Finalmente, y no como aspecto menos importante, la dinámica cambiante del entorno y del propio sistema productivo hace

que las solicitudes a producción y la disponibilidad de los recursos vayan modificándose en el tiempo.

Todo ello contribuye a que el trabajo de los responsables de la función producción sea extremadamente complejo, especialmente en unos tiempos en los que los clientes exigen mayor calidad, menores plazos, más variedad y personalización, y menor precio. Por tanto podemos considerar que la dirección de operaciones es un tema importante y complejo. Su plasmación en el diseño, construcción e implantación de un sistema integrado de gestión productiva o logística en una empresa, acostumbra a ser uno de los proyectos industriales más difíciles de desarrollar con éxito hasta su término.

La finalidad marcada a la dirección de operaciones es la de contribuir a alcanzar los objetivos fijados al sistema logístico (que son la traducción de los objetivos generales de la empresa al área de producción y distribución) en la forma más eficiente posible, mediante la adopción de las políticas, estrategias, decisiones y acciones oportunas. Generalmente los objetivos del sistema logístico estarán centrados en aspectos de cantidad, calidad, plazos y coste, mientras que la eficiencia se referirá al consumo

de recursos.

En algunas circunstancias, pocas, podremos traducir la medida en que se alcanzan los objetivos en unidades monetarias (por ejemplo asociando un coste a la distancia entre los resultados alcanzados y los resultados ideales) y análogamente el consumo de los recursos realizado para lograr dichos resultados lo podremos también traducir en un coste. En dicho caso podremos definir formalmente la finalidad de la dirección de operaciones como la minimización del coste global, respetando las restricciones impuestas por el sistema físico, las políticas de la empresa, etc.

Más generalmente no será posible reducir todos los objetivos del sistema productivo o logístico a una medida monetaria simple. Algunos objetivos se traducirán en el mantenimiento de unos indicadores representativos dentro de ciertos límites preestablecidos; se comportarán en forma similar a restricciones adicionales. Debemos describir, en este caso, la finalidad de la dirección de operaciones como la minimización del coste correspondiente al consumo de recursos y a la satisfacción del resto de objetivos (los que permitan su traducción a coste), respe-

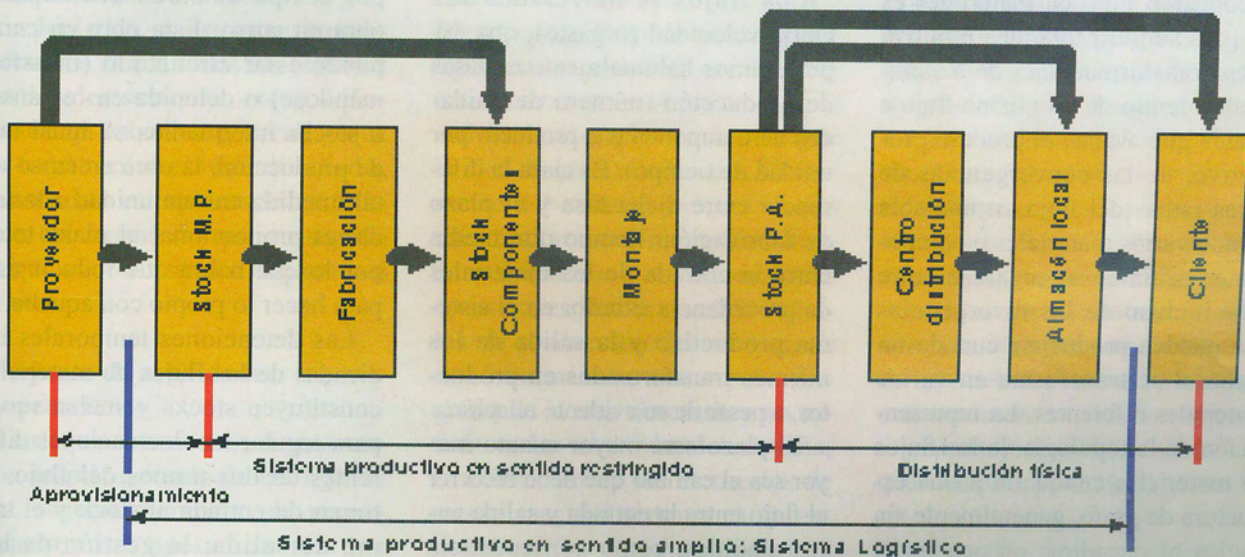
tando las restricciones de todo tipo: adicionales, estructurales, políticas, etc.

**Núcleo de la dirección de operaciones**

La dirección de operaciones, tal como se ha indicado en el apartado anterior, tiene por objeto la planificación y el control de las actividades del sistema productivo (o sistema físico). Para aclarar los conceptos puede ser interesante considerar primero la estructura de dicho sistema físico.

Un esquema genérico, pero útil, del sistema físico es el representado en la figura, que se centra en el flujo de materiales desde el proveedor hasta el cliente, y las distintas fases que lo componen.

El flujo de materiales se inicia en los proveedores, de los que parten la materia prima y todos los materiales de procedencia exterior, y a través de la fase de aprovisionamiento se encaminan hacia el sistema productivo, en donde inicialmente constituyen el stock de materia prima. Esta materia, a través de diversas transformaciones, que denominamos fabricación, se convierte en componentes y piezas que alimentan el stock correspondiente. Se ha indicado el aprovisionamiento directo a dicho stock



Flujo de materiales tipo en un sistema productivo

L

D

T

347 / ABRIL 2000

## Dirección de operaciones: tres enfoques

desde los proveedores de aquellos componentes precisos para la fase posterior de transformación, pero que no son elaborados en la fase fabricación.

Esta nueva transformación, que denominamos montaje, permite pasar de los componentes a productos terminados, que alimentan el correspondiente stock. Los productos terminados constituyen el nivel último de transformación física en el sistema productivo y constituyen los bienes que solicitan los clientes.

El flujo de materiales se prolonga con el recorrido desde el sistema productivo hasta los clientes, que puede constar de un solo tramo, entrega directa, o bien de varios, si existen varios escalones de distribución. En el esquema se han representado dos escalones o niveles intermedios entre el stock o almacén de productos terminados y el cliente, los centros de distribución y los almacenes locales. Aunque los sistemas reales pueden diferir del esquema indicado, por existir más o menos niveles de aprovisionamiento, de fabricación, de montaje o de distribución, por ejemplo, éste es lo suficientemente característico como para servirnos de referencia.

## Flujo de materiales

El concepto flujo de materiales es útil para adquirir una idea intuitiva de las transformaciones de los materiales dentro de un mismo flujo a medida que avanza el proceso productivo, de las convergencias de varias ramas del flujo en una sola cuando varios materiales o componentes distintos se engarzan entre sí, e incluso de las divergencias que pueden producirse cuando un material se transforma en varios materiales diferentes. La representación de la topología de los flujos de materiales conducirá a una estructura de grafo, generalmente sin bucles ni circuitos, en ocasiones tan simple como un árbol, que mostrará la composición producti-

La dirección de operaciones se interesa por todos los elementos operativos (transportes, almacenajes, fabricaciones y montajes) del sistema logístico, comprendidos desde la adquisición de las materias primas y los materiales de procedencia exterior hasta la entrega de los productos terminados a los clientes. Designaremos estos elementos operativos genéricamente como operaciones. Existen tres tipos de enfoque elemental posible al considerar la problemática de las operaciones:

- el enfoque flujo de materiales a través del sistema
- el enfoque conjunto de actividades u operaciones de proceso que transforman los productos al ser realizadas simultánea o sucesivamente
- el enfoque utilización de la capacidad limitada de los recursos productivos y de distribución del sistema

La dirección de operaciones debe tener en cuenta estos tres enfoques, que están, como es obvio, altamente correlacionados. La dirección de operaciones es la gestión simultánea del flujo de materiales, de las actividades de proceso y de la capacidad de los recursos, estableciendo un equilibrio adecuado entre los tres aspectos gestionales en función de los objetivos de la empresa. Es peligroso primar un enfoque respecto a los demás, pues puede hipertrofiarse un aspecto de las operaciones en detrimento de los otros, y por tanto suboptimizar, abandonando la eficiencia global en aras de una eficiencia local. Desde un punto de vista conceptual, no obstante, cada uno de los enfoques nos permite hacer aflorar características y problemas específicos que pueden ser enriquecedores en esta presentación.

va de los productos de la empresa (se trata del concepto *Lista de Materiales*).

Los flujos se moverán a una cierta velocidad (o gasto), que expresaremos habitualmente en tasas de producción (número de unidades de componente o producto por unidad de tiempo). Es clara la diferencia entre dicha tasa y el plazo de fabricación, tiempo que media entre la entrada de los materiales de procedencia exterior en el sistema productivo y la salida de los mismos transformados en productos, a pesar de su evidente relación.

El plazo será mayor cuanto mayor sea el camino que debe recorrer el flujo entre la entrada y salida antes aludidas, como consecuencia de la tradicional *espacio igual a velocidad por tiempo*. Este espacio

a recorrer está ocupado mayoritariamente por materiales a medio transformar en productos, es decir, por el tipo de stock denominado obra en curso. Esta obra en curso puede estar circulando (transformándose) o detenida en remansos o stocks intermedios. A igual tasa de producción, la obra en curso total, medida en una unidad adecuada, es proporcional al plazo total, por lo que habrá que reducir éste para hacer lo propio con aquella.

Las detenciones temporales indicadas de los flujos de materiales constituyen stocks y suelen servir para regular las fluctuaciones diferentes de dos tramos del flujo, el tramo de entrada al stock y el tramo de salida; la gestión de los stocks intermedios implica la gestión de los flujos, y viceversa.

L  
D  
T

347 / ABRIL 2000

El flujo de materiales sugiere, adicionalmente, la conexión estrecha entre las diferentes fases del sistema productivo y la repercusión de las decisiones adoptadas en una respecto al comportamiento y prestaciones obtenidas en las demás. Por ejemplo, para obtener una cierta tasa en el flujo de salida de los productos terminados será preciso imponer una tasa adecuada, tanto en los flujos de entrada de materiales de procedencia exterior como en las diversas ramas del flujo interno del sistema productivo. Esta imposición puede resultar de un encadenamiento formal de los flujos (tal como el procedimiento Kanban), de una planificación centralizada (tal como el procedimiento MRP o DRP), o de otros métodos de regulación menos explícitos (como algunos procedimientos de gestión de stock clásicos).

En cualquier caso, las repercusiones que pueden producirse aconsejan que los aspectos de gestión en cada fase se establezcan teniendo en cuenta su influencia en las fases anteriores y siguientes, o lo que es lo mismo, que la dirección de operaciones contemple globalmente el conjunto de los problemas adoptando un enfoque sistémico. Esta es la razón última de que empleemos habitualmente los términos sistema de dirección de operaciones o sistema de gestión logística, puesto que promovemos el que todos los aspectos gestionales sean elementos o piezas de un esquema general, y que se hayan concebido, diseñado, construido e implantado en función del mismo (lo que no significa que se construyan e implanten a la vez).

**Conjunto de actividades u operaciones**

El enfoque operaciones de proceso nos acerca, a través de las ligaduras, especialmente las de precedencia entre operaciones, a los conceptos utilizados en la planificación de proyectos. El proceso de

fabricación o ruta de fabricación es la sucesión de operaciones (similar en idea al esquema representado mediante un grafo PERT o ROY) necesarias para pasar de los materiales a los productos. La estructura de convergencias y divergencias deberá ser similar a la existente en la lista de materiales, por lo que en la práctica la ruta global se describe por tramos o rutas parciales conteniendo las operaciones que significan una transformación con cierta entidad dentro del proceso productivo. Componiendo todos los grafos PERT de las rutas parciales obtendríamos el grafo PERT del proceso de fabricación, y eventualmente, si asociáramos duraciones a los arcos, su camino crítico que nos indicaría el tiempo operatorio mínimo estrictamente necesario para fabricar un producto partiendo de cero.

Las operaciones consumen tiempo de proceso, y las diferentes actividades que concurren a un resultado común deben armonizarse (para que los caminos subcríticos no se conviertan en críticos). Un alto nivel de eficiencia exige la coordinación y sincronización de las operaciones a través de programas en los que se establezca la temporización de las mismas.

**Gestión de recursos**

El enfoque gestión de recursos está ligado necesariamente con las restricciones impuestas por la capacidad limitada de los mismos y por la idea de cuello de botella. El elemento del sistema productivo que más limitaciones marque al flujo de materiales o a la realización de operaciones definirá la tasa máxima de producción del sistema. Si esta tasa máxima está a poca distancia de la tasa necesaria para satisfacer los objetivos del sistema, la utilización de los elementos de menor tasa del sistema es un aspecto crítico de la gestión. Los cuellos de botella pueden ser intrínsecos al sistema productivo (lo

que paradójicamente puede simplificar la gestión) o bien tributarios del programa productivo (variedad de productos) que se desea realizar. En cualquier caso la máxima (utilizada como provocación por E. Goldratt en su *Teory of Constraints* y anteriormente en OPT) *una hora perdida en un recurso crítico es una hora perdida para el sistema productivo, una hora perdida en un recurso no crítico no repercute necesariamente en el sistema* constituye una verdad universal que no siempre es asumida por los responsables de producción.

La evolución del entorno del sistema logístico y de las solicitudes que transmite al mismo, a la que se ha aludido ya, exige la evolución del propio sistema logístico así como de su sistema de gestión. Por consiguiente, nunca podrá considerarse definitivamente establecido ni el uno ni el otro. Un concepto asociado, que ha adquirido creciente difusión en los últimos años, es el correspondiente a la denominada a veces mejora continua.

El sistema productivo y su gestión deben estar sometidos a una perpetua evaluación para detectar las disfunciones y puntos débiles, y determinar las acciones de cambio que lo vayan conduciendo hacia un sistema ideal, tal vez inalcanzable, pero paulatinamente más cercano. Posiblemente como reacción al conformismo de ciertas mejoras de poca trascendencia, se ha contrapuesto a la mejora continua la reingeniería, definida como la reestructuración de raíz de procesos importantes con el fin de alcanzar mejoras cuantiosas. No entraremos en la batalla de los nombres. Nuestra convicción es la de que deben ponerse en cuestión continuamente todos los supuestos, ideas, procedimientos, etc., ya que siempre es posible mejorar.

**Planificación de operaciones**

La planificación de operaciones tiene por objeto realizar la distri-

bución de los recursos productivos (y logísticos en general), en principio escasos o limitados, entre las diferentes actividades productivas y logísticas que compiten por los mismos, con el fin de cumplir los objetivos fijados por la empresa al sistema logístico producción/ventas. Su resultado se materializa habitualmente en un Plan Maestro o Director de Producción factible, que indica directamente (en la mayoría de los casos) las cantidades de productos terminados a producir en cada uno de los intervalos del horizonte de planificación. Dicho plan estará asociado a un Plan Maestro de Ventas, y en su caso a un Plan Maestro de Stocks de Productos Terminados que los conecta. Puesto que para poder garantizar la factibilidad del plan maestro de producción deberán haberse adoptado decisiones relativas a la asignación de recursos, asociada a la relación de cantidades de productos está la de las modalidades precisas de utilización de los recursos críticos para obtener dicha producción.

La planificación se alimenta de lo que genéricamente hemos llamado aquí informaciones comerciales, y que puede asimilarse a lo que denominaremos previsión de la demanda, a la que se añaden los datos disponibles sobre la cartera de pedidos existente. De acuerdo a las políticas fijadas por la dirección, y basándose en las disponibilidades de recursos críticos, se adoptan las decisiones oportunas en cuanto a la cantidad de productos terminados a fabricar en cada uno de los intervalos. Normalmente se utiliza un horizonte de un año, dividido en doce intervalos de un mes. La frecuencia de actualización del plan suele ser mensual. El plan maestro puede reflejar sensibles diferencias respecto a la demanda tal como la define la información comercial:

Si existen stocks de productos terminados como regla comercial para un mejor servicio, el departa-

## Toma de decisiones

En general puede considerarse en todo sistema de gestión de producción una jerarquía de decisiones (con diversas frecuencias de revisión en el tiempo) a varios niveles, que permitan reducir la variedad y por tanto aumentar la facilidad de control. Un modelo de referencia muy útil nos permite establecer tres niveles jerárquicos de toma de decisiones, de acuerdo con lo que se describe en la figura. Estos niveles, que responden aproximadamente a una toma de decisiones a largo, medio y corto plazo (relativamente entre sí), corresponden a las siguientes funciones:

- PLANIFICACION DE OPERACIONES
- CALCULO DE NECESIDADES
- PROGRAMACION DE OPERACIONES

En cada uno de los niveles las decisiones deben adaptarse a la orientación y posibilidades de variación señaladas por el nivel anterior y fijar las de los siguientes.

Además, y como función complementaria pero estrictamente necesaria para cerrar el ciclo de gestión, existe en todo sistema la función:

- SEGUIMIENTO Y CONTROL

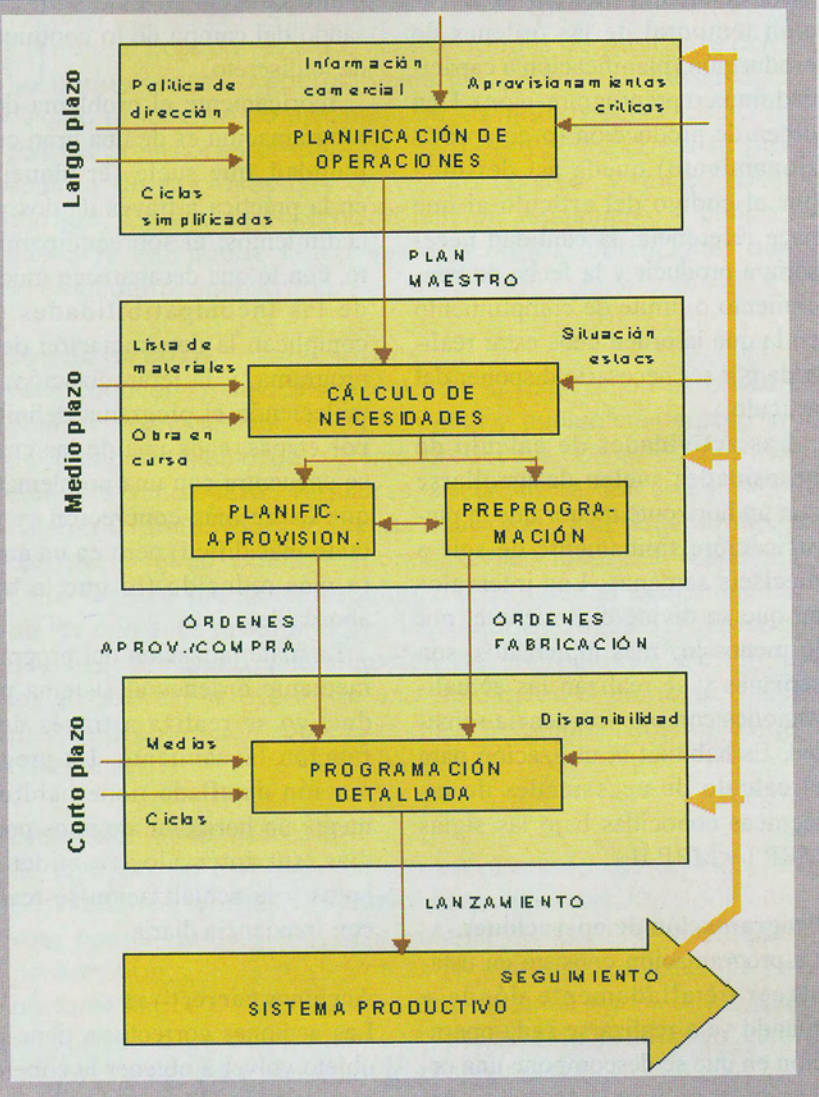
Es posible imaginar y construir el sistema de gestión de producción tratando cada uno de estos niveles aisladamente, aunque estrictamente las interrelaciones existentes en los mismos exigirían su consideración simultánea en cada una de las decisiones adoptadas.

mento comercial atenderá preferentemente la demanda a partir de éstos, orientándose la producción a satisfacer los aspectos de la demanda no solubles mediante el stock y a preparar la futura composición de dicho stock de productos terminados.

### Los medios productivos y sus limitaciones

Las limitaciones en los medios productivos pueden obligar a que las cantidades o la composición de la producción no sigan exactamente el esquema de la demanda. Esto ocurrirá, por ejemplo, si los productos se producen en lotes, en cuyo caso entrarán en un almacén de productos terminados a partir del cual se irá atendiendo la demanda

cuya distribución será más o menos regular en el tiempo. En la tecnología tradicional la producción alcanza su plena eficiencia cuando es homogénea, uniforme y permanente, lo que aconseja una producción continua de los productos de gran demanda o por lo menos la producción en lotes muy grandes. Esto no es posible siempre, ya que la variedad que el mercado exige cada vez con mayor intensidad a los productos lleva a la atomización de la demanda individualizada de los mismos, y por consiguiente a lotes de producción muy pequeños de algunos de ellos, que sin embargo son capaces de atender la demanda durante períodos largos. Hasta el momento en que la nueva tecnología de los sistemas



productivos los convierta en lo suficientemente flexibles como para fabricar indistintamente un producto u otro, en cantidades grandes o pequeñas, sin pérdida de eficiencia, los lotes de fabricación de tamaño predeterminado de los productos se traducirán en un stock de productos terminados y marcarán una distorsión entre el plan y la previsión.

Otro efecto de las limitaciones de los medios de producción es el de que la capacidad productiva, en volumen y variedad, también está limitada. En caso de gran variabilidad o estacionalidad de la demanda, o incluso de la oferta (no se olvide que los avances sociales se traducen en la extensión de los períodos vacacionales, por lo que las

posibilidades productivas de los diversos meses son muy diferentes), el sistema productivo habitualmente no puede seguir el ritmo de la demanda en los períodos de demanda alta, teniendo sobrecapacidad en los períodos de demanda baja. Por ello, además de la posibilidad de no atender toda la demanda existente, lo que marcaría ya una diferencia entre producción y demanda, circunstancia que no suele ser del agrado de la dirección, existen otras alternativas posibles para la adaptación oferta/demanda. Una de ellas vuelve a ser la constitución de stocks de productos terminados, alimentados en los períodos de demanda baja para hacer frente a los picos de demanda, pero existen otras, relacionadas

con la modificación de la capacidad productiva a lo largo del tiempo, como son la subcontratación, el empleo de trabajo temporal, utilización de horas extra o turnos extra, etc.

Todos los procedimientos mencionados anteriormente tienen ventajas e inconvenientes, tanto económicos como de otra índole, por lo que la actuación más satisfactoria consistirá en una adecuada combinación de todos ellos. La elección de la combinación de los procedimientos elementales que mejor se adapta a los objetivos empresariales puede ser una decisión delicada y muy importante. En cualquier caso todos los procedimientos tienen algo en común: la decisión respecto a los mismos debe tomarse con la debida antelación respecto a las circunstancias a las que deben hacer frente. Por ello el horizonte de planificación debe estar convenientemente dimensionado.

Generalmente la planificación de operaciones se desarrolla a dos niveles (por lo menos). El primero conduce a la obtención del denominado plan maestro (agregado) de producción en el cual se recogen las cantidades a producir de los diferentes productos agrupados en grandes clases (familias de productos) en todos los intervalos de un horizonte medio (doce meses, con intervalos mensuales). El segundo nivel, de horizonte menor, típicamente cuatro meses y división más fina en intervalos, típicamente semanas, desagrupa las familias en clases más reducidas, con la finalidad de poder determinar las necesidades de componentes exteriores y la carga de las líneas de producción.

En algunas circunstancias el plan maestro se establece en artículos diferentes de los productos terminados (artículos de plan maestro), lo que lleva a complementarlo mediante un plan de Montaje Final (FAS = *Final Assembly Schedule*)

L

D

T

L

**Cálculo de necesidades.**

Una vez adoptada la decisión básica relativa a la cantidad de productos terminados a fabricar en cada intervalo de tiempo, es preciso establecer qué comporta la misma en cuanto a actividades de aprovisionamiento y fabricación; debe transformarse el plan maestro en las órdenes de producción y de aprovisionamiento que conducirán a su realización. Para ello debe realizarse en primer lugar el Cálculo de las Necesidades, efectuando la "explosión" de los productos terminados del plan maestro en las operaciones que deben realizarse para fabricarlos y en los materiales (subconjuntos, semielaborados, componentes, materia prima, etc.) que se van a consumir. Este cálculo de necesidades suele realizarse en dos fases. Primero se determinan las necesidades brutas, independientemente de las disponibilidades en stock y de las órdenes en curso ya lanzadas en firme. A continuación se determinan las necesidades netas, teniéndolas en cuenta.

Estas necesidades netas se someten a las reglas de producción transformándose en órdenes, que según el origen de los artículos a que hacen referencia, se clasifican en órdenes de aprovisionamiento y en órdenes de producción, habitualmente administradas por departamentos diferentes. Puesto que las órdenes no son independientes entre sí, ya que la realización de algunas está condicionada a que antes se hayan cumplimentado otras, es preciso establecer muy cuidadosamente un procedimiento de sincronización de las mismas.

Asociado al cálculo de necesidades de materiales suele realizarse un cálculo de necesidades de recursos de fabricación, que determina el consumo de éstos periodificado en el tiempo en virtud de las órdenes planificadas por el sistema (planificación a capacidad infinita). En caso de desajuste entre la necesidad y la disponibilidad se deberán realizar las modificaciones

necesarias, bien sea en el plan maestro detallado, bien en la ubicación temporal de las órdenes de producción (planificación a capacidad finita o preprogramación). Una orden de producción (o de aprovisionamiento) queda así definida por el código del artículo al que hace referencia, la cantidad necesaria a producir y la fecha de vencimiento o límite de cumplimiento en la que la orden debe estar realizada por ser necesario disponer del artículo.

Las actividades de cálculo de necesidades suelen desarrollarse con un horizonte menor que la planificación: típicamente de seis a dieciséis semanas. Los intervalos en que se divide el horizonte, por lo menos los más inmediatos, son semanas y se realizan las actualizaciones con una frecuencia semanal. Es habitual la utilización para el cálculo de necesidades de las técnicas conocidas bajo las siglas MRP I y MRP II.

**Programación de operaciones.**

La programación consiste en establecer detalladamente dónde y cuándo va a realizarse cada operación en que se descompone una orden dada; un programa indica qué operación específica se va a realizar en un medio específico durante un intervalo de tiempo concreto. Esta función tiene aparentemente cierta similitud con la planificación de operaciones, salvo que el objeto sobre el que actúa, las órdenes de producción, constituyen una descomposición más fina de la actividad productiva. Existen otras diferencias que conviene tener en cuenta. La planificación de operaciones, debido a que opera con un horizonte extenso, se desarrolla a nivel agregado y considera habitualmente tasas de producción medias. La programación debe desarrollarse a un nivel más concreto, y por consiguiente debe trabajar con valores reales de las tasas e incorporar todas las incidencias reales que se van produciendo. Por ello el

tipo de enfoque a utilizar desde el punto conceptual es distinto, pasando del campo de lo continuo al de lo discreto.

Teóricamente el problema de la programación es de una gran complejidad, que suele ser manejada en la práctica a través de dos procedimientos: el sobreequipamiento, con lo que desaparecen muchas de las incompatibilidades que complican la determinación de un programa, y la jerarquización, estableciendo el programa definitivo por etapas, cada una de las cuales se encuentra con una problemática que exige más concreción (y por tanto más difícil) pero en un ámbito más reducido (lo que la hace abordable).

La materialización del programa mediante órdenes al sistema productivo se realiza a través de la función lanzamiento. La programación detallada tiene habitualmente un horizonte de unos pocos días, sus intervalos se miden en horas y la actualización se realiza con frecuencia diaria

**Acciones correctivas**

Las acciones correctivas tiene por objeto volver a obtener la coherencia entre los planes y programas y la realidad. En ocasiones actuarán sobre dicha realidad, en otras, sobre los planes y programas correspondientes a los nuevos ciclos de planificación y programación. Según su ámbito de actuación las acciones correctivas pueden ser a corto, medio o largo plazo.

Las acciones correctivas a corto plazo suelen adoptarse informalmente por los responsables directos de la buena marcha del sistema productivo. Si por la mañana a primera hora no se ha recibido un aprovisionamiento crítico necesario para la producción del día, el responsable del aprovisionamiento en cuestión contactará directamente al proveedor y buscará la solución más conveniente dentro de los resortes que corresponden a su nivel. Si una máquina sufre una ave-

## Seguimiento y control

Una vez pasada revista a las actividades de gestión relacionadas con la preparación de las órdenes a transmitir al sistema productivo, la ejecución de las mismas puede coincidir con las previsiones efectuadas, pero en algunos casos se producirán desviaciones que convendrá conocer y, en su caso, corregir. De ello se encarga la función seguimiento y control, que a su vez puede descomponerse en las subfunciones que se detallan a continuación.

### Colecta de datos

Para conocer la situación exacta de la realización es preciso obtener informaciones, lo más directa y puntualmente posible, del comportamiento del sistema productivo. De estas informaciones algunas serán regulares, es decir, se comunicarán al sistema informativo en todas las ocasiones, y otras tendrán un carácter singular, por corresponder a situaciones de excepción. Entre las informaciones regulares cabe citar el cumplimiento de las acciones programadas, las llegadas de los aprovisionamientos, comienzo y terminación de operaciones, etc. Entre las singulares, la avería de una instalación o máquina, tiempos de preparación superiores a los acostumbrados, fallos de calidad, etc.

### Evaluación de la ejecución

Se compara la ejecución con lo programado, detectando las desviaciones. Dichas desviaciones pueden ser no significativas, puesto que los sucesivos valores de las mismas se compensan manteniéndose dentro de un margen aceptable. Es importante llegar a identificar las desviaciones significativas que respondan a un comportamiento del sistema productivo netamente diverso del previsto en la programación.

ría, el encargado lo comunicará inmediatamente al departamento de mantenimiento, etc. Si la corrección de la incidencia se produce en un plazo razonable, las informaciones relativas a la misma circularán por el sistema informativo establecido (si circulan) sólo a posteriori.

A medio plazo, las distorsiones permanentes de la realidad respecto a planes y programas producirán que las condiciones iniciales en los nuevos ciclos de planificación o programación difieran, ligeramente o no, de las tenidas en cuenta en los planes y programas del ciclo anterior. Dichas condiciones iniciales aportarán a los nuevos planes las correcciones necesarias, por lo que los nuevos planes y programas, en ocasiones, se apartarán

significativamente de lo señalado en forma indicativa en los anteriores. En condiciones excepcionales podrá ser necesario realizar una actualización de los programas o de los planes fuera del ciclo regular, lo cual no deberá considerarse un fallo del sistema sino una de sus posibilidades mientras la proporción de ciclos en que esto ocurra sea todo lo reducida que corresponde a una excepción.

A largo plazo, la continuidad de las distorsiones puede llevar a poner en duda los procedimientos y o bien a modificar los valores de los parámetros considerados en la planificación y la programación, o incluso a modificar los mismos procedimientos utilizados en la realización de los planes y programas.

### Influencia de la estructura del sistema físico y su entorno sobre el sistema de gestión

Aunque las funciones y subfunciones descritas anteriormente pueden identificarse en cualquier sistema de gestión de la producción, la naturaleza del sistema productivo y de las solicitudes de su entorno influyen en su plasmación concreta y en su importancia relativa. Un elemento fundamental a tener en cuenta en el establecimiento del sistema de gestión es la incertidumbre existente en el momento de tomar las decisiones y, en consecuencia, el riesgo inherente a las mismas. Un indicador muy importante, por consiguiente, puede construirse a través de la relación entre dos plazos: el tiempo que está dispuesto a esperar el cliente desde el momento en que formula su solicitud y aquél en que dispone del producto solicitado, por una parte, y el tiempo que precisa el sistema logístico para desarrollar todas sus actividades conducentes al suministro del producto, por otra.

Consideremos cuatro situaciones distintas en la relación entre el plazo de entrega exigido por el mercado y el plazo de fabricación + aprovisionamiento propio del sistema productivo, centrándonos en productos bien definidos que los clientes solicitan de un catálogo. En una primera situación, el primero es igual o superior al segundo, lo que permite planificar a partir de los pedidos, salvo desajustes entre la capacidad de producción disponible y la necesaria. En una segunda situación, es preciso cubrir mediante previsiones la fase de aprovisionamiento de algunos materiales, mientras que la fabricación y el montaje pueden planificarse a partir de los pedidos.

La tercera sólo permite definir el montaje a partir de los pedidos, lo que llevará a realizar previsiones para el aprovisionamiento y la fabricación y, en su caso, a establecer stock de los subconjuntos y

L

D

T

Una posible clasificación

Como ilustración hemos incluido una clasificación inspirada en Axsäter en la que los parámetros elegidos son la complejidad de las estructuras (composición de los productos) y la complejidad de las rutas (secuencias de operaciones para pasar de la materia prima a los productos). Ello conduce a cinco zonas, las tres más definidas son:

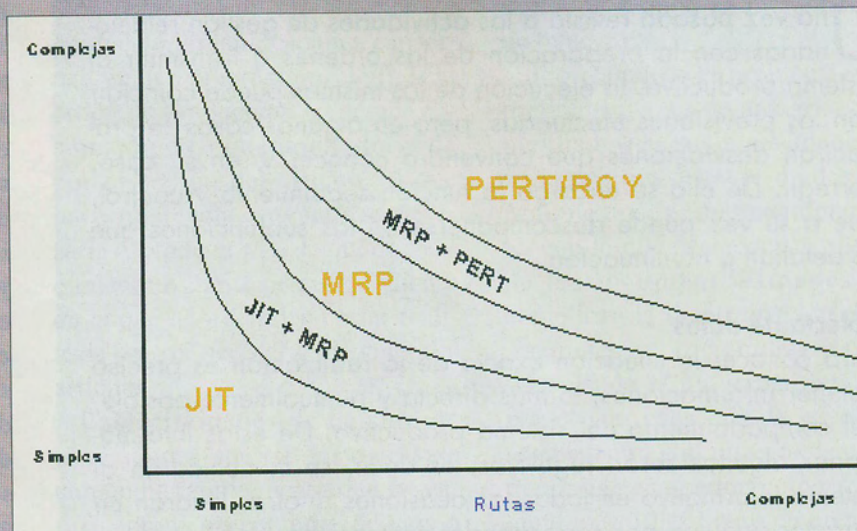
**Zona 1.** Estructuras y rutas sencillas. Suele corresponder a la fabricación en líneas dedicadas de productos con pocos componentes; su gestión podrá utilizar técnicas asociadas con procedimientos de flujos regulares o JIT.

**Zona 3.** Estructuras y rutas de complejidad media. Suele corresponder a la fabricación de productos con cierto número de variantes a partir de un número importante de componentes; su gestión podrá utilizar técnicas similares a las conocidas como MRP.

**Zona 5.** Estructuras y rutas complejas. Suele corresponder a la realización de un conjunto singular (proyecto singular) y la gestión de la producción podrá inspirarse en las técnicas adecuadas a tal efecto. Las fronteras corresponden a otras zonas por cuanto la complejidad de la gestión aconseja utilizar técnicas mixtas. Estas zonas se han denominado:

**Zona 2:** JIT + MRP

**Zona 4.** MRP + PERT



Bibliografía

[01] BUFFA, E. S.; SARIN, R. K. *Modern Production Management*; Wiley (8ª edición), 1987. (Texto muy clásico en continua puesta al día a través de las sucesivas ediciones).

[02] CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J. *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*; Addison Wesley Iberoamericana (traducción de la 6ª edición), 1994. (Texto clásico puesto al día).

[03] COMPANYS, R.; COROMINAS, A. *Organización de la Producción II: Dirección de Operaciones*; Edicions UPC (5 tomos) 1995-1996. (Reúne toda nuestra concepción básica sobre el tema).

[04] SCHROEDER, R. G. *Administración de operaciones*; McGraw-Hill (3ª edición), 1992

[05] TERSINE, R. J. *Production/Operations Management: concepts, structure and analysis*; North Holland, 1980

[06] VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. *Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación*; Irwin, 1995. (Recoge la visión sobre la gestión de la producción de la influyente APICS, American Production and Inventory Control Society; es un texto excelente que en su versión original ha alcanzado la 4ª edición)

[07] WATERS, C. D. J. *An Introduction to Operations Management*; Addison Wesley, 1991.

componentes que entran en el montaje. Finalmente, puede darse una cuarta situación en la que el plazo de entrega reducido exige una planificación basada en previsiones de todas las actividades productivas.

Se han realizado diversos intentos para relacionar las características de la empresa con la tipología del sistema de gestión de producción más adecuado, sin que los resultados obtenidos sean enteramente satisfactorios, generalmente a causa de que es difícil mediante pocos parámetros caracterizar en forma definitiva la problemática de una empresa.

Joaquín Bautista Valhondo  
y Ramon Companys Pascual  
bautista@ioc.upc.es  
companys@oe.upc.es

Departamento de Organización  
de Empresas. ETSEIB -UPC