
Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP

JOAQUÍN DELGADO
FERNANDO MARÍN

Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística
ETS de Ingenieros Industriales. UPM

La integración de sistemas de gestión empresarial ERP (*Enterprise Resources Planning*) es un asunto de actualidad, que puede ser interpretado, a raíz de la aparición de los sistemas MRP (*Material Require-*

51

ments Planning), como el desenlace de un proceso de evolución iniciado con los sistemas MRP II (*Manufacturing Resources Planning*). Sin embargo, el punto de partida de este proceso de evolución, los sistemas MRP, debe ser entendido a su vez como parte de la evolución de la gestión de los materiales, de la empresa y de la tecnología a lo largo de este siglo.

En la primera mitad del siglo XX pueden identificarse dos hitos decisivos para la gestión de materiales en las empresas:

■ El desarrollo de Harris en 1915 del modelo del EOQ (*Economic Order Quan-*

tity: cantidad económica de pedido), donde se establecen las bases para integrar el almacenaje junto con otros costes a la hora de determinar el tamaño de los lotes a producir o comprar (cuánto pedir).

■ La presentación por Wilson en 1934 del sistema de reposición de inventarios mediante punto de pedido, donde se utiliza el concepto de plazo de reaprovisionamiento para incorporar la variable «tiempo» a la gestión de materiales (cuándo pedir).

A partir de estas dos aportaciones, se desarrollan diferentes variantes en las

que se incorporan nuevos condicionantes: período de reaprovisionamiento constante, coordinación de diferentes artículos, existencia de restricciones, etcétera.

Con la aparición de la investigación de operaciones (*Operational Research*) a raíz de la II Guerra Mundial, se desarrollan técnicas de programación matemática que facilitan la resolución de problemas de mayor dimensión en torno a la planificación de la producción. Sin embargo, las limitaciones que se observan en aplicaciones como la planificación agregada de la producción median-

te programación lineal, conducen al uso de técnicas (programación no lineal, programación dinámica, etcétera) o de modelos (planificación jerarquizada de la producción) más complejos, cuyos requerimientos de especialización de los usuarios complica su implantación efectiva.

A finales de los años 60 confluyen dos líneas de investigación aplicada relacionadas con la gestión de materiales:

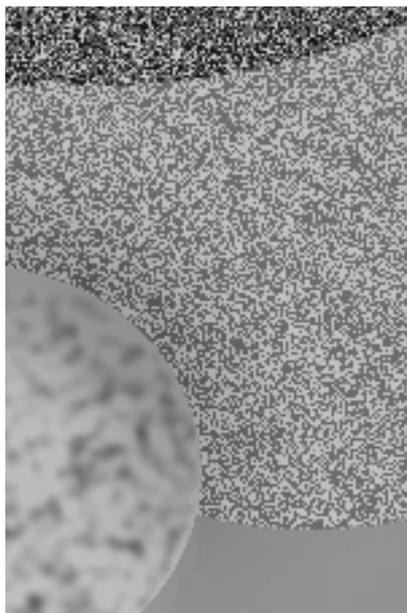
■ Métodos de cálculo de lotes para artículos con demanda discontinua, que surgen como alternativa al EOQ establecido para el caso de demanda o consumo constante.

■ Técnicas para la determinación de necesidades de componentes que se utilizan en diferentes fases del proceso de fabricación de un producto o que son comunes a diferentes productos terminados (método Gozinto).

Efectivamente, la fabricación por lotes hace que el consumo de componentes utilizados en los productos terminados no tenga la suficiente continuidad como para que sea adecuado el uso del EOQ, y no es sencillo determinar este consumo cuando un mismo artículo forma parte de diferentes productos en distintas fases del proceso de fabricación.

En lo referente al momento en que deben lanzarse órdenes de aprovisionamiento, se ponen de manifiesto las limitaciones del sistema de reposición mediante punto de pedido. La técnica MRP (*Material Requirements Planning*) aparece a comienzos de los 70 como solución a este problema de *time phasing*, integrando además el cálculo de necesidades y los métodos específicos de dimensionado de lotes.

Una vez establecido cuándo y en qué cantidad deben producirse y comprarse los materiales, se presenta el problema de gestionar la capacidad productiva disponible para realizar los planes de producción sugeridos por un sistema MRP. De esto se ocupan los sistemas MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), que aparecen en los años 80.



El éxito de los sistemas MRP y MRP II lleva a la aparición de módulos para animar la planificación de las necesidades y los recursos de otras actividades de la empresa, por ejemplo, la distribución física mediante DRP (*Distribution Requirements Planning*).

La integración de diferentes áreas de la empresa como ingeniería, ventas, fabricación o compras bajo un mismo sistema de información, hace pensar en la incorporación de otras áreas en un sistema integrado de gestión empresarial. Así, comienzan a aparecer sistemas en los que se aborda la planificación de recursos humanos o financieros junto con la planificación de necesidades de materiales y de recursos de producción. Para denominar a este tipo de sistemas se ha consolidado el uso de las siglas ERP (*Enterprise Resources Planning*).

Al margen de las particularidades que presente cualquier solución comercial de software, mediante los sistemas ERP se pretende dotar a las empresas de un sistema de información integrado en el que no se produzcan duplicidades respecto a la información utilizada por diferentes componentes de la empresa. La idea de comunicar información entre partes se ha visto reemplazada por la de compartir información, no sólo dentro de las empresas, sino también entre organizaciones implicadas

en un mismo canal logístico. Los recientes avances en el intercambio electrónico de datos (EDI: *Electronic Data Interchange, Internet*) han reforzado la evolución hacia la integración interempresarial.

Planificación de necesidades de materiales: MRP

Los sistemas MRP aparecen a comienzos de los 70 para dar nuevas respuestas a las preguntas de cuándo y cuánto pedir de los materiales que utiliza una empresa.

El éxito inicial de los sistemas MRP puede ser atribuido a una serie de factores como:

✓ Los trabajos de investigadores como Berry, Plossl, Vollmann, Whybark, Wight, ..., para sentar las bases de este sistema.

✓ La aparición del *software* comercial de IBM COPICS (*Communications Oriented Production Information and Control System*), como soporte para la aplicación de técnicas MRP.

✓ El lanzamiento por APICS (*American Production and Inventory Control Society*) de la «MRP crusade», donde se identificaba la implantación de sistemas MRP como principal reto para la modernización empresarial en EEUU.

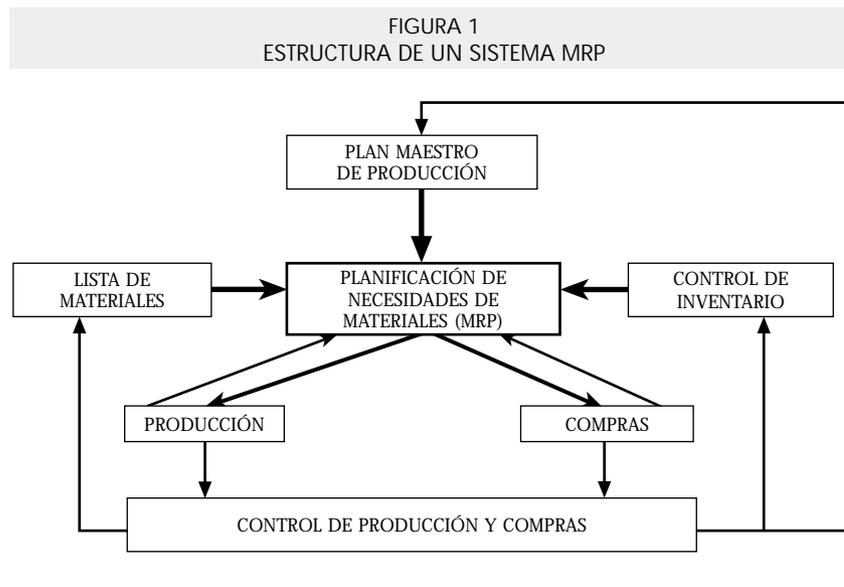
✓ La publicación en 1975 del libro *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*, de Joseph Orlicky, donde se recogen bases conceptuales, tendencias y problemas de implantación y operación de estos sistemas. Esta obra, a la que el propio autor denomina informalmente «MRP de la A a la Z», supone no solamente una exhaustiva descripción del estado de la cuestión en lo referente a sistemas MRP, sino que anticipa posibilidades y problemas potenciales de este tipo de sistemas, que irán confirmándose a lo largo de lo que resta de siglo.

Estructura y soporte informático de los sistemas MRP

La figura 1 muestra la lógica de planificación de un sistema MRP, coincidente en muchas ocasiones con la estructura modular del *software* que soporta su funcionamiento.

En el **plan maestro de producción**, a partir de los pedidos y previsiones de ventas, se establecen las cantidades a obtener de los productos terminados en un horizonte temporal determinado. La **lista de materiales** (BOM: *Bill Of Materials*) contiene información de todos los artículos (fichero maestro de artículos) y de la composición de los productos terminados. Con el proceso de **planificación de necesidades de materiales** se determinan las ordenes de compra y producción de todos los artículos (en cantidades y fechas) que son necesarias para cumplir el plan maestro de producción. Para esto, no sólo es necesario conocer la composición de los productos, sino también los plazos de reaprovisionamiento de todos los artículos implicados y la disponibilidad de materiales que facilita el **control de inventario**. Las funciones de **compras** y **producción** alimentan al proceso de planificación, proporcionando información acerca de la recepción de órdenes prevista, complementaria para determinar la disponibilidad de material proyectada para un horizonte próximo. Asimismo, las órdenes de compra y producción sugeridas, resultantes del proceso de planificación de necesidades, pueden hacerse efectivas mediante las funciones de compras y producción.

La utilización de sistemas MRP conlleva una forma de planificar la producción caracterizada por la anticipación: se trata de establecer qué se quiere hacer en el futuro y, a partir de ahí, determinar la secuencia de acciones a emprender para poder hacerlo. Asimismo, la ejecución de la producción tiene un carácter *push* (por contraposición al carácter *pull* de otras fórmulas de gestión como el sistema *kanban* de la producción «justo a tiempo»): el lanzamiento de una acción planificada está condicionada a la disponibilidad de



materiales resultante del cumplimiento de las acciones anteriores, es decir, es «empujada» por las fases anteriores del proceso productivo.

De la propia naturaleza de los sistemas MRP y sus desarrollos iniciales pueden destacarse los siguientes aspectos:

- Tanto las técnicas como las primeras aplicaciones relativas a sistemas MRP se generan en EEUU, incorporando conceptos arraigados en la gestión de materiales occidental del momento como son los stocks de seguridad o los tiempos de seguridad.
- Los cálculos que requiere un sistema MRP para planificar órdenes de compra y producción son muy simples, pero han de reproducirse para una gran cantidad de datos.
- Los sistemas MRP están concebidos para su uso mediante un soporte informático, propugnando la utilización de bases de datos compartidas. Los aspectos clave de un sistema MRP están relacionados con las limitaciones y posibilidades de este tipo de soporte.
- Los sistemas MRP han sido desarrollados mediante diferentes formas de estructura modular. Este carácter modular se refiere tanto a la realización de procesos como al *software* que soporta el funcionamiento de estos sistemas. La

participación de diferentes áreas de la empresa en distintos módulos interrelacionados ha contribuido a la integración en la empresa.

Aportaciones y limitaciones de los sistemas MRP

Entre las principales aportaciones derivadas del uso de sistemas MRP cabe destacar: la unificación de la información para diferentes áreas de la empresa. Por ejemplo, el establecimiento de un fichero maestro de artículos puede eliminar las redundancias y contradicciones en la información referente a materiales que se maneja en ingeniería, producción, compras, almacenes, etcétera. El uso de un soporte informático facilita el tratamiento diferenciado e integrado de los miles de artículos que son gestionados en una empresa.

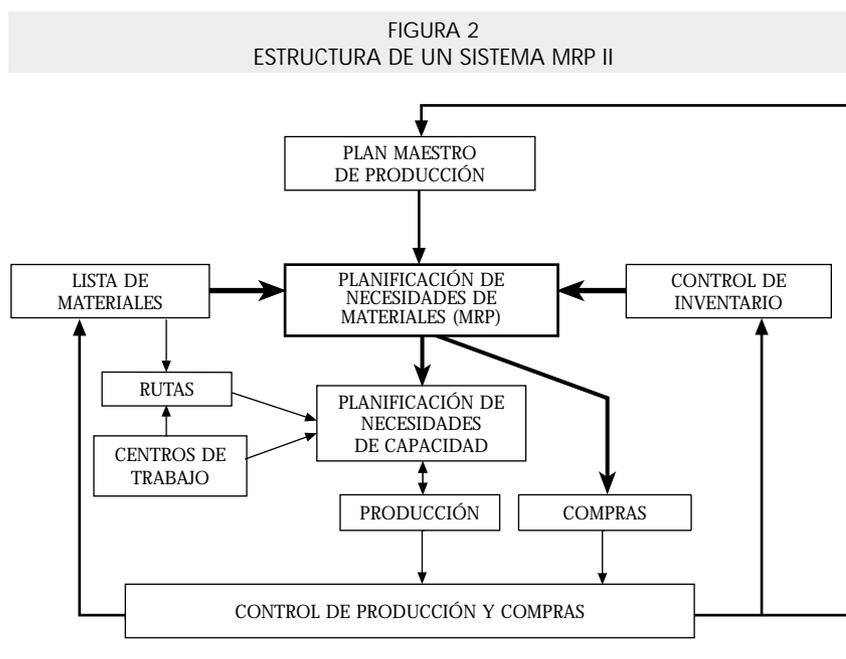
Asimismo es destacable como aportación el cuestionamiento de la manera de fabricar y gestionar los productos, dado que las alternativas existentes a la hora de definir las estructuras de los productos, derivadas de la posibilidad de utilizar diferentes niveles de productos intermedios, conduce a una reflexión sobre la longitud de los procesos de fabricación y la pertinencia de establecer almacenajes intermedios. Otro tanto ocurre con la constatación del tiempo como elemento crítico en la

gestión. Con un sistema MRP se puede determinar de forma sistemática el tiempo de respuesta (aprovisionamiento y fabricación) de una empresa para cada producto. La sintonía de estos tiempos de respuesta con los plazos de entrega que exige el mercado es un componente clave para la competitividad.

Por otra parte, se pueden señalar algunas limitaciones observadas en la utilización de sistemas MRP, como son, en primer lugar, la posibilidad de disponer de una herramienta para gestionar grandes conjuntos de información, que conduce en muchas organizaciones a no emprender los esfuerzos necesarios para reducir la complejidad.

En segundo lugar, la credibilidad de la información suministrada por un sistema MRP, condicionada por la alimentación y el mantenimiento de la información que éste requiere. La falta de disciplina o de rigurosidad en la actualización de la información desencadena un proceso degenerativo que conduce al uso en paralelo de sistemas de planificación informales y, finalmente, al abandono del sistema MRP, con la renuncia a sus beneficios potenciales.

Finalmente, en lo referente a la planificación de la producción, no se tiene en cuenta la disponibilidad de recursos necesaria para llevar a cabo las órdenes de producción sugeridas. Por este motivo, aparecen órdenes de producción que no se pueden realizar y cuestionan la verosimilitud del resto de los resultados de la planificación.



con capacidad finita», por contraposición a los sistemas MRP originales, considerados como «MRP con capacidad infinita».

La estructura simplificada de un sistema MRP II se presenta en la figura 2, donde puede apreciarse que la planificación de órdenes de producción incluye la planificación de necesidades de capacidad.

Para poder contrastar el plan de producción con la capacidad existente, en el MRP II se introduce un módulo de **centros de trabajo**, donde se define la disponibilidad de recursos del sistema. Para determinar el consumo esperado de recursos por las órdenes de producción planificadas se introduce en el sistema información sobre las **rutas**, donde se establece qué centros de trabajo y qué intensidad de uso requiere cada artículo de fabricación. Mediante la **planificación de necesidades de capacidad** se realiza el contraste entre la capacidad disponible por cada centro de trabajo y la carga resultante del conjunto de órdenes de producción planificadas para un horizonte de tiempo determinado. Este contraste puede aconsejar la toma de medidas correctoras respecto a la forma de llevar a cabo las órdenes de producción planificadas, que pueden acarrear decisiones que

impliquen la modificación de la capacidad proyectada para los diferentes centros de trabajo, subcontratación, cambio de rutas o de fechas de las órdenes de producción.

La gestión de recursos en un sistema MRP II

Las aplicaciones MRP II se limitan a ayudar en la toma de decisiones. Únicamente a finales de la década de los 80 aparecieron tímidos intentos de que el *software* de apoyo sugiriera la realización de determinadas acciones, de manera el plan de producción resultante fuera compatible con la disponibilidad de capacidad. Este tipo de enfoques, en el que se propugna la «toma automática de decisiones» por el sistema, ha provocado en ocasiones el rechazo a los sistemas MRP como consecuencia de lo que se conoce como «nerviosismo del MRP»: una excesiva sensibilidad en las acciones a emprender o modificar ante cualquier pequeño cambio en las condiciones de contorno.

A este respecto, los sistemas MRP II han estado orientados principalmente a la identificación de los problemas de capacidad que presenta un plan de producción, fundamentalmente mediante la presentación gráfica de la disponibilidad de

Planificación de recursos de fabricación: MRP II

A comienzos de la década de los 80 aparecen los sistemas de planificación de recursos de fabricación MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), mediante los que se pretende contrastar la disponibilidad de recursos necesarios para la ejecución de las órdenes de producción planificadas. Es por esto por lo que en ocasiones se les denomina «MRP

recursos y el consumo planificado, de forma que el planificador pueda llevar a cabo con facilidad las modificaciones oportunas.

Para facilitar, no sólo la ejecución de medidas correctoras, sino la evaluación conjunta de diferentes acciones y su comparación con otras alternativas, los sistemas MRP II suelen ofrecer la posibilidad de analizar diferentes escenarios, respondiendo a preguntas del tipo «qué pasa si...». Posteriormente, puede hacerse efectivo el plan de producción que resulte más satisfactorio entre todos los planteados.

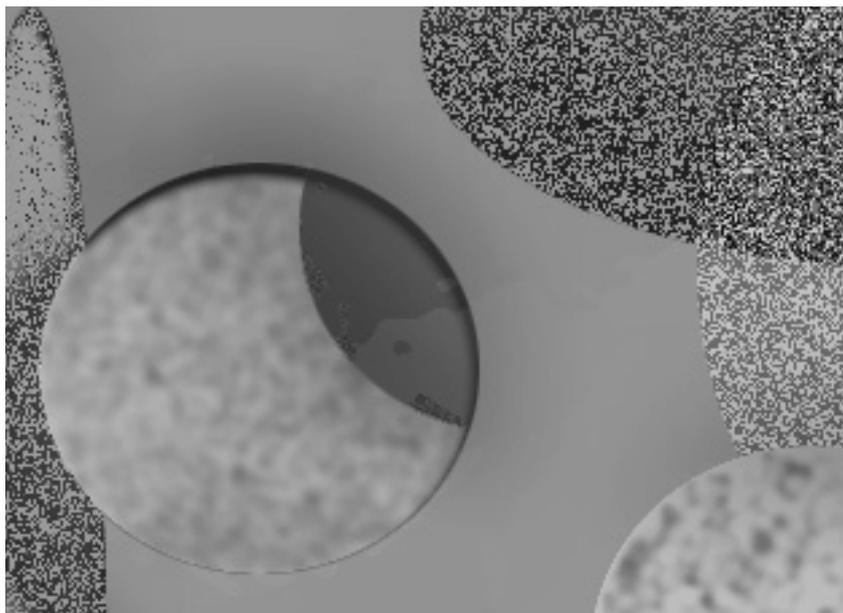
A lo largo de este proceso se pone de manifiesto la importancia de diversos aspectos relativos a la planificación de la producción como son:

La utilización de estimadores de tiempo para la realización de actividades productivas. Para poder evaluar el consumo de recursos derivado de un plan de producción se ha de disponer de estándares realistas que permitan cuantificar la repercusión de posibles acciones a emprender.

La flexibilidad de los recursos. La disponibilidad de recursos compartidos (por ejemplo, mano de obra con dedicación compartida entre distintos centros de trabajo), facilita el incremento de capacidad de un determinado centro de trabajo, de manera que se resuelve anticipadamente un problema de saturación a costa de disminuir la capacidad de otro.

La versatilidad respecto a formas de producción. El establecimiento de rutas y la posibilidad de modificarlas en función de la planificación de necesidades de capacidad revelan la importancia de un sistema flexible que permita contemplar varias formas de producción alternativas.

La subcontratación, como caso extremo de «forma de producción alternativa», es otra opción para evitar problemas de falta de capacidad. De esta forma, se pone de manifiesto la importancia de las relaciones de cooperación con un conjunto de proveedores adecuado para la subcontratación, y del establecimiento



de criterios para la selección de los trabajos a subcontratar.

•••••
Del MRP al ERP

A lo largo de las dos últimas décadas, la planificación de recursos de fabricación ha contribuido al desarrollo de las prácticas de gestión empresarial más allá de las mejoras introducidas en la planificación de los materiales y de la producción. Esta contribución está relacionada con dos fenómenos característicos del final de siglo como son: el uso de sistemas informáticos y la adopción de sistemas integrados de gestión.

Proceso de implantación y uso de sistemas informáticos

Los sistemas MRP han estado vinculados desde su concepción al desarrollo de la informática. De igual forma, un aspecto clave en la difusión de los sistemas MRP ha sido la identificación de problemas a los que podrían enfrentarse y de oportunidades que podrían encontrar las organizaciones con la introducción de este tipo de sistemas.

El tránsito de la realización «manual» a la «informatizada» de determinadas funcio-

nes va más allá del cambio de medios a utilizar: debe servir para cuestionar las funciones a desempeñar en sí mismas o, al menos, la manera en que se llevan a cabo.

La implantación de sistemas MRP no se concibió como la mera instalación de los correspondientes medios sino como un proceso de cambio. Dos ejemplos ilustran este fenómeno: el primero, observable especialmente durante la década de los 80, cuando se sostuvo una controversia respecto al tipo de *software* a utilizar en los sistemas MRP: *software* «hecho en casa», a medida de las necesidades de la empresa, frente a *software* estándar o «comercial» realizado por empresas especializadas. Mientras que al *software* «hecho en casa» se le achacaba la inercia de reproducir el funcionamiento de las empresas, sin cuestionar su idoneidad, al *software* estándar se le objetaba la falta de adecuación a las necesidades específicas de la empresa. Con el paso del tiempo se han impuesto las soluciones estándar, siendo significativo que uno de los principales argumentos comerciales es la capacidad de adaptación a las necesidades específicas de cada cliente.

El segundo ejemplo es que las empresas especializadas en *software* de sistemas MRP han dejado de ser fabricantes de *software*. En un lugar destacado de las prestaciones que se le ofrecen a una

empresa que piensa utilizar un sistema MRP, se puede encontrar la metodología o el soporte para la implantación. De esta forma, el fabricante de *software* desempeña también funciones de consultoría. En esta línea, algunas empresas que desarrollan este tipo de aplicaciones llegan a subcontratar, no sólo la implantación, sino incluso la propia venta de sus productos a consultores reconocidos, de manera que el principal interlocutor de una empresa que quiere instalar un nuevo sistema de información es una consultoría de organización.

Sistemas integrados de gestión

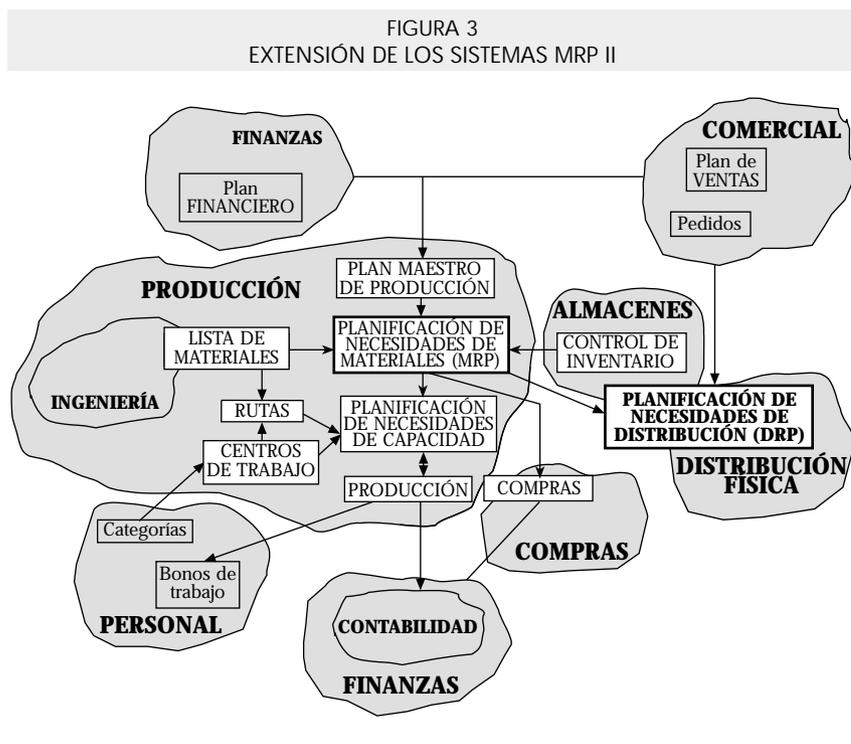
Si bien durante los años 80 hubo intentos de integración de la gestión de la empresa (iniciativas como la denominada BRP: *Bussiness Resources Planning*), este proceso puede considerarse característico de la década de los 90, en que termina por imponerse la denominación ERP (*Enterprise Resources Planning*).

En gran parte, estos sistemas integrados de gestión empresarial pueden ser considerados como la extensión de los sistemas MRP, a partir de su uso en compras, producción, ingeniería y almacenes, a otras áreas de la empresa (véase figura 3).

Tal proceso de expansión puede interpretarse mediante diferentes claves, como son:

Afinidad. Actividades como la de distribución física siguen la secuencia natural del proceso compras-producción (otro tanto puede entenderse de la instalación y puesta en marcha de productos industriales o, en sentido contrario, del diseño de productos y componentes). Así, uno de los primeros módulos añadidos en los sistemas MRP II es el relativo a esta función (DRP: *Distribution Requirements Planning*).

Repercusión. Debido a la interrelación de funciones en la empresa, el uso de nuevas prácticas en compras-producción repercute en los vínculos existentes entre áreas de la empresa:



- ✓ La determinación de costes mediante un sistema MRP implica inmediatamente a la contabilidad de la empresa y, por lo tanto, al área financiera.
- ✓ El tratamiento del tiempo en los procesos de planificación permite la estimación de tiempos de respuesta o plazos de entrega de los productos, información que puede ser clave en la elaboración de ofertas por parte del área comercial.
- ✓ La definición de categorías de mano de obra a considerar en la definición de centros de trabajo y en la planificación de necesidades de capacidad, así como el uso de bonos de trabajo asociados a las órdenes de producción gestionadas en el sistema MRP, involucran a la gestión de recursos humanos.

Difusión. Con carácter general, un elemento integrador es la difusión a otras áreas funcionales de la empresa de los principios conceptuales en los que se basa el MRP. En efecto, la filosofía de la planificación de necesidades (establecer qué se pretende hacer en el futuro y determinar la secuencia de acciones necesarias para lograrlo) y de la planificación de recursos (contrastar el consumo estimado de recursos de un plan de

acción con la capacidad disponible) puede aplicarse para la planificación de necesidades y recursos financieros, la planificación de necesidades y recursos de información o de necesidades y recursos de promoción. De esta forma, se emprenden iniciativas «RP» en distintas áreas funcionales de la empresa, bajo un sistema de información común.

En los actuales sistemas integrados de gestión empresarial se observa la consolidación de este proceso de «expansión» de los sistemas MRP. Ciertamente es que algunos de los sistemas ERP comerciales más usados en la actualidad tienen su origen en aplicaciones inicialmente destinadas a áreas funcionales de la empresa como recursos humanos o finanzas, pero, en cualquier caso, su éxito puede asociarse a su carácter integral.

La integración de sistemas de gestión empresarial

El proceso de «expansión por afinidad», anteriormente descrito para los sistemas MRP respecto a las actividades de compras-producción-distribución, ha dado soporte a la gestión del sistema logístico de la empresa.

La conexión entre sistemas ERP de distintas organizaciones es hoy en día un elemento fundamental en lo que se conoce como gestión de la cadena de suministros (*Supply Chain Management*): intercambio de información y contenidos por todos los agentes implicados en un canal logístico, desde las materias primas hasta los productos terminados.

En este sentido, la evolución de los sistemas telemáticos, también conocidos como sistemas EDI (*Electronic Data Interchange*) ha proporcionado distintas posibilidades para conectar los sistemas de gestión entre empresas:

- ✓ Mediante un protocolo de comunicaciones específico con conexiones por cable entre las dos empresas implicadas (líneas punto a punto).

- ✓ Mediante un protocolo de comunicaciones específico, con conexiones por módem, utilizando la red telefónica convencional.

- ✓ Mediante un protocolo de comunicaciones sectorial y combinando conexiones punto a punto con la red telefónica convencional (por ejemplo, EDIFACT en la industria de automoción).

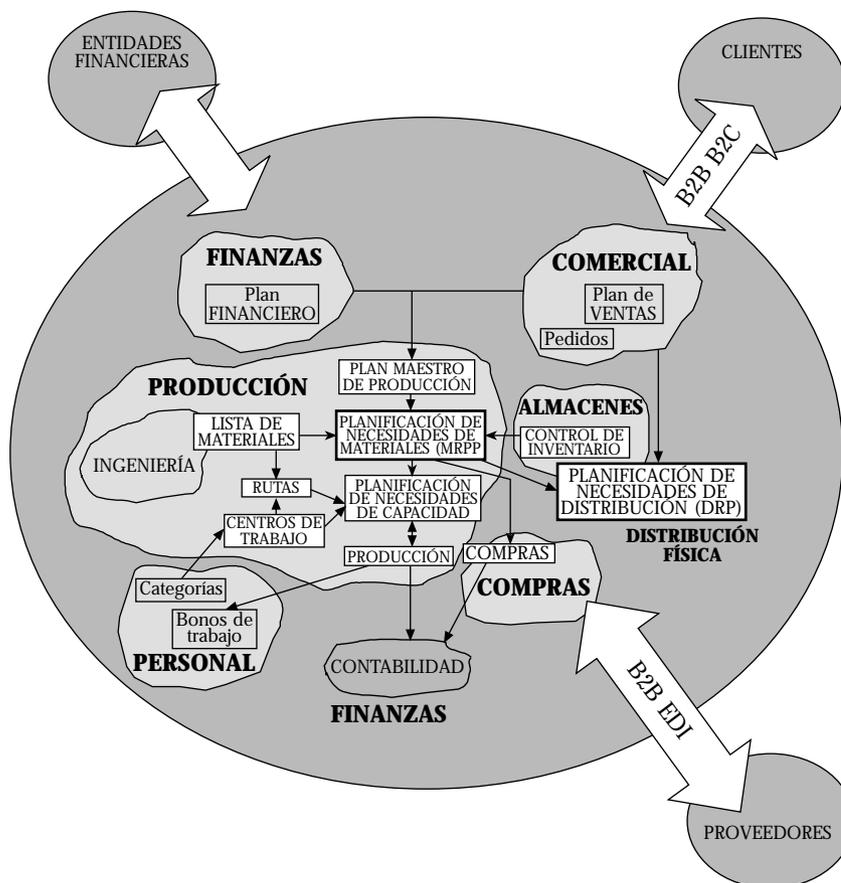
- ✓ Mediante protocolos abiertos como los utilizados en *Internet* (TCP/IP, WWW, etcétera).

Los sistemas ERP adscritos a esta última modalidad utilizan lo que se conoce como soluciones B2B (*Business to Business*) y B2C (*Business to Consumer, b to c*). Los sistemas B2B inciden sobre la mejora de la relación entre empresas mediante la utilización de sistemas de información compartidos. Las soluciones B2C están orientadas a la interacción con los clientes finales mediante el uso de las nuevas tecnologías de comunicación.

En la figura 4 se representan diversas soluciones para la comunicación de un sistema ERP con distintos agentes del entorno de una empresa.

En lo referente a B2B y B2C, se están realizando muchos esfuerzos en la definición de contenidos de la información y

FIGURA 4
INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL



en la forma en que ésta va a ser cumplimentada y transmitida. En este sentido, son aspectos críticos: la utilización de los medios (líneas, protocolos, software) y del formato de la información adecuados para la comunicación entre agentes, y la interacción entre los sistemas de información y de comunicación de una empresa.

Otro reto actual para los sistemas integrados de gestión consiste en la transformación de las relaciones basadas en el intercambio de datos entre empresas en otras basadas en la utilización de información y conocimientos compartidos.

Sirva como ejemplo en este sentido las relaciones entre un fabricante y un gran distribuidor local de productos de consumo. Las previsiones de ventas locales de un producto concreto efectuadas de forma aislada proporcionan una preci-

sión mucho menor que las realizadas de forma compartida, en las que se incorporan conocimientos específicos, del fabricante respecto al producto y del distribuidor respecto al mercado en cuestión.

En su día, los sistemas MRP transformaron el funcionamiento interno de las empresas, que evolucionó desde la mera transmisión de datos entre partes aisladas hacia la integración, mediante el uso de información compartida. Es de esperar que el desarrollo de los sistemas ERP siga una evolución similar, ofreciendo el soporte necesario para compartir información y conocimientos, y modificando la naturaleza de las relaciones entre empresas. De esta forma, las comunicaciones, que hoy se dedican básicamente a la realización de transacciones comerciales, serán utilizadas en actividades tales como el diseño de productos, la

