

Tipología de sistemas combinados MRP-JIT

Francisco A. Rivera¹, Alfonso Durán²

¹ Dr. Ingeniero Industrial, farivera@ing.uc3m.es

² Dr. Ingeniero Industrial, duran@ing.uc3m.es

Área de Ingeniería de Organización. Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior. Avenida de la Universidad, 30. 28911 Leganés (Madrid)

RESUMEN

MRP y JIT han sido considerados, en algunas ocasiones, sistemas de gestión de la producción incompatibles. Sin embargo, en la literatura de Gestión de Operaciones hay autores que plantean la compatibilidad de estos sistemas y se describen casos de sistemas de gestión que combinan MRP y JIT. Estos sistemas combinados se presentan de forma aislada, sin un marco teórico que permita clasificarlos y justificar su aplicación. En esta ponencia se propone una tipología de sistemas combinados MRP-JIT con dos tipos, horizontal y vertical, que se ha aplicado a un conjunto amplio de casos prácticos recogidos en la literatura. La aplicación de la tipología ha hecho posible establecer dos grupos coherentes de sistemas combinados MRP-JIT y justificar la utilización de cada grupo de estos sistemas combinados en función de las necesidades de gestión que satisfacen.

Palabras clave: MRP, JIT, sistemas combinados MRP-JIT, sistema MRP-JIT horizontal, sistema MRP-JIT vertical

1. Introducción

A lo largo de la historia de la Gestión de Operaciones, ha habido autores que han establecido distintas clasificaciones de los sistemas de gestión de la fabricación, que han clasificado los flujos de materiales en función de algunas de sus características, y que han propuesto asignaciones de sistemas de gestión a flujos de materiales. En estas clasificaciones y asignaciones se supone, de una forma más o menos implícita, que existe una dependencia entre algunas de las características del flujo de materiales y el sistema de gestión de la fabricación adecuado.

Algunos autores han apoyado esta hipótesis de forma explícita. Karmarkar (1989) [1] afirma que la clave en la adaptación de un sistema de gestión se encuentra en entender cómo la naturaleza del proceso de producción determina la elección del sistema de gestión. Según Olhager y Östlund (1990) [2], se puede conseguir una ventaja competitiva significativa determinando el entorno de fabricación y ajustando los sistemas de planificación y control de la fabricación a ese entorno. Steele y otros (1995) [3] indican que los resultados de su estudio muestran que el entorno de producción es un factor de gran importancia en la elección del sistema de gestión.

En esta misma línea de pensamiento, Van der Linden y Grünwald (1980) [4] indican los pasos a dar en la elección del sistema de gestión de la producción:

- Paso 1. Identificación de una tipología de situaciones de producción.
- Paso 2. Identificación de una tipología de conceptos de control.
- Paso 3. Asignación general de los conceptos de control de la producción a diferentes situaciones de producción.
- Paso 4. Elección detallada teniendo en cuenta los restantes componentes que influyen en la situación de producción. Esta elección detallada debe hacerse para cada caso específico.

Algunas de las clasificaciones y asignaciones propuestas, que se han apoyado en esta idea de dependencia entre el sistema de gestión y el flujo de materiales, como las de Schonberger (1983) [5] y Vollmann y otros (1997, páginas 7 a 9) [6], consideran que los sistemas MRP y JIT no son adecuados para gestionar los mismos sistemas productivos. En consecuencia, asignan estos dos sistemas de gestión a entornos productivos diferentes, es decir, a flujos de materiales que presentan valores diferentes de sus características relevantes. Hay otros autores que no plantean una tipología de sistemas de gestión, sino que se centran básicamente en la comparación y elección entre tres sistemas de gestión de la producción (MRP, JIT y TOC). Entre estos autores se encuentran Aggarwal (1985) [7], Plenert y Best (1986) [8], Ptak (1991) [9], Matsuura y otros (1995) [10], Bolander y Taylor (2000) [11].

Estas clasificaciones, asignaciones y comparaciones hacen que, en ocasiones, se considere a los sistemas MRP y JIT como sistemas de gestión incompatibles o excluyentes.

2. Compatibilidad de sistemas MRP y JIT

Sin embargo, hay autores y casos prácticos recogidos en la literatura que ponen de manifiesto que MRP y JIT pueden ser sistemas de gestión de la producción compatibles. En los siguientes párrafos se incluyen las referencias de algunos de los autores que han defendido la compatibilidad de estos sistemas de gestión.

Krepchin (1986) [12] describe la implantación de un sistema combinado MRP y JIT en una planta de la empresa DuPont y afirma que MRP proporciona la disciplina necesaria para implantar una filosofía JIT. Krepchin (1988) [13] presenta otro caso en una planta de Unisys, en la que se combinan técnicas MRP y principios JIT.

Belt (1987) [14] afirma que MRP y *kanban* son herramientas para ayudar a la empresa a alcanzar una producción justo a tiempo y que no hay conflicto entre ellas.

Ante el dilema planteado por la elección entre MRP y JIT, Maskell (1989) [15] afirma que no hay conflicto entre ellos. MRP y JIT son, según este autor, completamente compatibles: usan diferentes técnicas, que tienen que ser adaptadas para cubrir las necesidades de la empresa, pero juntos forman una combinación ganadora.

Heiko (1989) [16] señala cuatro principios de JIT, expresados por profesionales, gestores y operarios. El cuarto principio es la integración de JIT con MRP.

Goodrich (1989) [17] cree que MRP y JIT no sólo son compatibles, sino que las ventajas de cada uno de ellos pueden reforzarse si se emplean juntos. Según este autor, MRP puede ayudar a alcanzar muchos de los objetivos de JIT y puede contribuir a su implantación.

Wallace (1990) [18] dice que MRP y JIT son dos herramientas poderosas que se apoyan mutuamente. JIT hace posible que el funcionamiento de MRP sea más sencillo y fácil. MRP permite a la empresa sacar partido de las mejoras generadas por JIT.

Ding y Yuen (1991) [19] afirman que, incluso en una empresa que utilice completamente JIT, algunos procesos de fabricación o de petición de materiales pueden funcionar mejor con MRP que con JIT.

Lee (1993) [20] indica que MRP y JIT son dos sistemas que comúnmente se ven como mutuamente excluyentes, puesto que son enfoques para la gestión de la producción y los inventarios desarrollados por separado. Sin embargo, según este autor, no hay nada en cualquiera de estas técnicas que impida la utilización de la otra.

Spencer (1994) [21] afirma que la combinación de JIT, MRP y otros enfoques permite a las empresas seleccionar métodos que se ajustan mejor a las características únicas de su entorno de producción. Este autor realizó un estudio de los sistemas de planificación y control de la fabricación de seis plantas de producción repetitiva, que pertenecen, entre otras, a las empresas Motorola, Carrier, John Deere y Verbatim. En las conclusiones señala que en ninguno de los casos estudiados JIT funciona aisladamente, es decir, sin elementos de MRP. MRP proporciona, según este autor, las condiciones para que los métodos JIT puedan ser utilizados con éxito. Una técnica no reemplaza a la otra, y ambas requieren la utilización de técnicas de gestión adicionales.

Monden (1994, páginas 71 a 73) [22] afirma que los sistemas MRP y JIT son compatibles y aporta ejemplos de sistemas combinados.

Louis (1997, página 17) [23] dice que los que ya gestionan un sistema MRP y están preparando un sistema *kanban*, descubrirán que no todos los códigos de piezas son candidatos para el *kanban*. En la mayoría de los casos se requiere la continuación de MRP, incluso aunque se esté considerando un sistema *kanban*.

Pun y otros (1998) [24] indican que muchas empresas industriales operan en un entorno que denominan híbrido (mezcla de producción intermitente y repetitiva) en el que el empleo únicamente de MRP o de JIT no es factible. Elementos de ambas técnicas pueden cooperar en una plataforma integrada, puesto que tienen sinergia. Según estos autores, es ventajoso integrar las características dinámicas de JIT en la disciplina de MRP para cerrar el bucle entre el funcionamiento de la planta y los procesos de planificación de medio y largo plazo.

3. Tipología de sistemas combinados MRP-JIT y necesidades de gestión

La compatibilidad de los sistemas MRP y JIT hace que puedan utilizarse de forma conjunta para hacer viables sistemas combinados de gestión.

La aplicación de un sistema de gestión combinado supone, en principio, mayores dificultades que la utilización de los sistemas que lo componen. Entre otras, las razones de esta mayor dificultad son que es un sistema menos estándar y hay menos conocimiento de su funcionamiento, puede que haya que diseñarlo a medida para la situación de producción particular, es menos homogéneo y puede ser necesario definir las interfases entre sus

componentes ... En este sentido, y para el caso particular de sistemas combinados MRP-JIT, Sillince y Sykes (1993) [25] afirman que, en teoría, MRP y JIT deberían complementarse mutuamente y que, sin embargo, la difusión de los sistemas combinados es decepcionantemente baja. Según estos autores, las principales barreras se encuentran en las estructuras organizativas y en las prácticas contables.

La utilización de un sistema combinado, por tanto, está justificada cuando las ventajas que se espera obtener compensan las posibles dificultades. En esta ponencia se defiende la idea que, en ciertos casos, las empresas están dispuestas a aceptar los posibles inconvenientes del empleo de un sistema combinado MRP-JIT, porque les permite gestionar mejor ciertos sistemas productivos de lo que serían capaces sólo con MRP o sólo con JIT.

En la literatura de Gestión de Operaciones puede encontrarse la descripción de muchos casos de situaciones industriales en que la solución adoptada es un sistema de gestión que combina en distinto grado MRP y JIT. Estos casos aparecen de forma dispersa, y no se han explicado de forma coherente los fundamentos de estos sistemas combinados, ni se ha planteado si hay distintos tipos, sus diferencias y las razones a que responden.

El análisis detallado de los casos descritos en la literatura ha puesto de manifiesto que no todos los sistemas combinados MRP-JIT tienen la misma naturaleza, ni responden a las mismas causas. Como resultado de este análisis, en esta ponencia se propone una tipología de sistemas combinados MRP-JIT con dos tipos, horizontal y vertical, que se representan de forma esquemática en la Figura 1. La tipología propuesta permite justificar la aplicación de estos sistemas combinados en función de las necesidades de gestión que satisfacen.

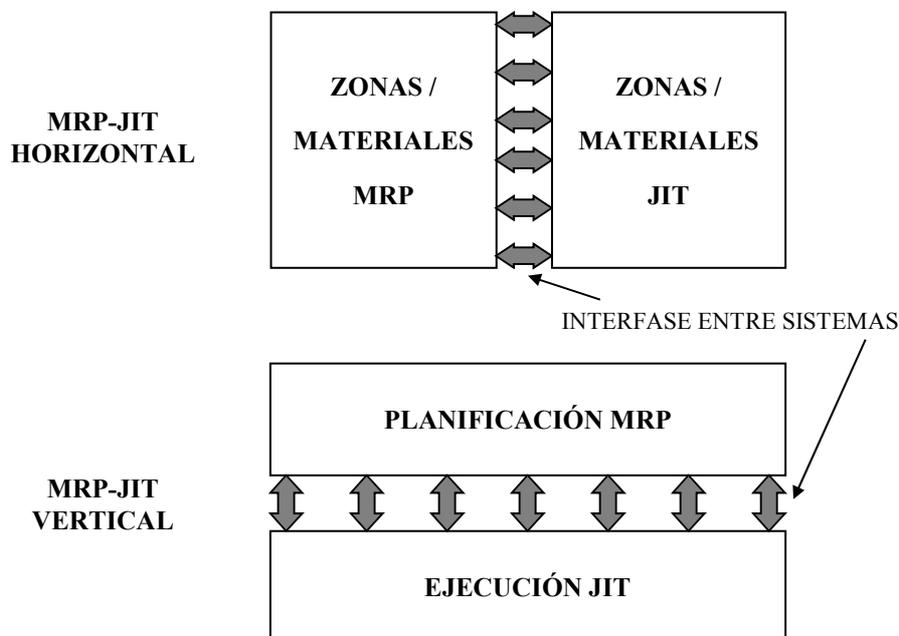


Figura 1: Tipos de sistemas combinados MRP-JIT

El sistema combinado MRP-JIT horizontal permite gestionar flujos de materiales en los que algunas características relevantes presentan valores cualitativamente diferentes en distintas

zonas del flujo. Monden (1994, páginas 71 a 73) [22] afirma que MRP puede ser más apropiado que JIT para gestionar la producción de materiales con series cortas, para los que es difícil nivelar la producción. La utilización de MRP para estos materiales, en una planta con el resto de materiales gestionados con JIT, constituye un sistema combinado MRP-JIT horizontal.

El sistema combinado MRP-JIT vertical tiene módulos de planificación MRP y módulos de ejecución JIT. Este sistema combinado permite gestionar flujos de materiales con distintas necesidades de control detallado en distintos niveles jerárquicos del sistema de planificación y control de la fabricación. Monden (1994, páginas 71 a 73) [22] afirma que, después de que MRP haya establecido el programa maestro, el sistema *kanban* puede utilizarse como una herramienta para la ejecución de la producción dentro del cubo de tiempo. La utilización de MRP para el programa maestro y de JIT para ejecución constituye un sistema combinado MRP-JIT vertical.

Por tanto, la distinción entre un sistema combinado MRP-JIT horizontal y vertical se encuentra en que las técnicas MRP y JIT se apliquen a distintos tramos del flujo (materiales) o en distintos niveles jerárquicos.

La complejidad de la aplicación de un sistema de gestión combinado MRP-JIT se manifiesta especialmente en la interfase entre ambos sistemas. En el caso del sistema combinado horizontal, la dificultad está en la relación entre los materiales MRP y JIT, es decir, en la transmisión de necesidades y la realización de transacciones de inventario entre materiales de distinto tipo. En el sistema combinado vertical, la problemática está en la transmisión de información entre los módulos de distintos sistemas de gestión.

En los dos apartados siguientes se recoge un conjunto de casos prácticos y de sistemas combinados MRP-JIT que se encuentran en la literatura, agrupados según el tipo de que se trate (horizontal o vertical).

3.1 Sistema combinado MRP-JIT horizontal

Aggarwal (1985) [7] plantea las ventajas e inconvenientes de la elección entre MRP y JIT. Al analizar este último sistema, afirma que con *kanban*, los gestores pueden incorporar sólo del 60% al 70% de todos los componentes y submontajes utilizados con regularidad en productos de gran volumen. Las unidades grandes, los submontajes complejos y los materiales que se utilizan con poca frecuencia necesitan ser planificados con herramientas del tipo MRP.

En esta misma línea, Belt (1987) [14] afirma que incluso Toyota no usa *kanban* con todos sus materiales, sino sólo en alrededor del 60% de ellas. Las principales exclusiones son submontajes con demanda discontinua, piezas grandes y materias primas.

Bose y Rao (1988) [26] afirman que, con la implantación del JIT, muchos procesos de producción deben ser racionalizados o simplificados. Estos autores denominan “entornos híbridos” a los entornos en los que coexisten procesos repetitivos y discretos. La necesidad de utilizar en estos entornos técnicas de gestión como MRP y JIT da lugar a un sistema combinado. Según estos autores, las empresas que desarrollan software de gestión han reconocido la necesidad de proporcionar soporte para planificación y programación de la

producción tanto para materiales JIT como para materiales MRP. En los sistemas estudiados por Bose y Rao (1988) [26], las células que fabrican materiales para varios centros de trabajo reciben señales *pull* y órdenes de trabajo. Los sistemas estudiados por estos autores tienen códigos para indicar si la señal apropiada para fabricar un material es un *kanban* o un orden de producción. Los materiales con demanda mixta, es decir, que se utilizan para fabricar materiales MRP y materiales JIT, pueden tener inventario en almacenes y en la planta. Estos puntos de almacenamiento se distinguen a efectos de control de inventario. La cantidad de inventario en cada punto se calcula mediante el registro de las entradas y las salidas o restando, a la última cantidad de inventario registrada, la cantidad empleada en la fabricación de unidades ya terminadas de materiales de nivel superior, mediante un proceso de deducción posterior (*post-deduct* o *backflushing*).

Rao y Scheraga (1988) [27] dan un ejemplo de material JIT en cuya fabricación se emplea un material MRP. El tratamiento del material JIT es similar al de un producto fantasma. Estos autores proponen el empleo de órdenes planificadas en firme para nivelar la fabricación de materiales JIT en un entorno de flujos heterogéneos.

Ding y Yuen (1991) [19] proporcionan ejemplos de coexistencia ventajosa de MRP y JIT: un componente que se pide en el exterior puede controlarse mejor si se hacen lotes para las necesidades futuras del material; una máquina herramienta de corte que requiera agrupar partes en una chapa metálica puede proporcionar mejores resultados con un procedimiento de dimensionamiento de lotes que considere las necesidades futuras, como el de un sistema MRP; los componentes cuya demanda es irregular pueden controlarse mejor con un sistema MRP. Estos autores definen un material MRP como el que se produce sólo si se libera un orden del sistema MRP y un material *kanban* como el que se fabrica sólo si se emite una tarjeta *kanban*. La utilización de un componente MRP en la fabricación de un material JIT requiere que los datos de necesidades brutas del sistema MRP estén basados en la pauta de liberación de órdenes del material JIT. En el sistema MRP modificado propuesto por estos autores, la liberación de un orden de un material JIT entra en el registro MRP de uno de sus componentes si las necesidades brutas acumuladas alcanzan el tamaño de un contenedor, en un sistema multi-bin, o si la cantidad de inventario proyectado alcanza el punto de pedido que representa un contenedor, en un sistema con un solo bin.

Jiang y Li (1992) [28] afirman que en algunas empresas los productos se fabrican tanto en un taller del tipo *job shop* como de forma repetitiva, y que con su experiencia de 10 años implantando sistemas MRP, creen que no es posible resolver el problema de planificación y control de la fabricación en una empresa industrial empleando únicamente MRP ó JIT. Estos autores reconocen la existencia de heterogeneidad en el flujo de materiales y la necesidad de emplear un sistema de gestión combinado, y proponen tres tipos de sistemas combinados MRP-JIT, en función del tipo de fabricación (*job shop* o repetitiva) predominante en la planta.

- Combinación de los dos tipos de producción. En este caso hay materiales MRP y materiales JIT. Los centros de trabajo de este sistema combinado procesan órdenes procedentes de uno de los dos sistemas de gestión (MRP ó JIT).
- Sistema combinado en fabricación repetitiva. Se trata de un sistema en el que la mayoría de los materiales se gestionan con JIT, pero hay algunos que poseen alguna característica particular (fabricación en otro centro, tiempo de preparación, *lead time*, tamaño de lote ...) que lleva a gestionarlos con un enfoque MRP.

- Sistema combinado en un *job shop*. Se trata de un sistema implantado en un entorno del tipo *job shop*, pero que posee líneas JIT para la fabricación de algunos componentes.

3.2 Sistema combinado MRP-JIT vertical

Sepehri (1985) [29] afirma que MRP es una herramienta potente para los niveles altos e intermedios, y para la planificación de la producción. JIT es un método adecuado para mejorar el rendimiento de las operaciones de fabricación. El sistema combinado que presenta este autor actualiza los valores de las variables de fabricación (plazos de entrega, tamaños de lote, stocks de seguridad, tiempos de preparación) en el sistema MRP, a medida que cambian los valores de estas variables por las mejoras introducidas por JIT, de modo que se mantiene la exactitud del proceso de planificación.

Discenza y McFadden (1988) [30] indican que muchas empresas están empleando tanto MRP como JIT en un intento de aprovechar las ventajas de ambos sistemas. MRP proporciona un programa maestro de producción estable, visibilidad sobre las necesidades de materiales futuras y planificación de necesidades de capacidad. JIT proporciona un sistema *pull* para ejecutar la producción y planes de materiales que responden a las condiciones cambiantes de la planta.

Maskell (1989) [15] afirma que MRP es esencialmente una herramienta de planificación y que JIT proporciona un método excelente para el control diario de la planta. MRP y JIT se complementan. El punto fuerte de MRP está en las actividades de planificación de materiales y de la producción. El punto fuerte de JIT está en la ejecución con técnicas de fabricación con poco inventario. Los puntos débiles de JIT en la planificación a medio y largo plazo, especialmente en entornos no repetitivos, pueden resolverse con el uso de un sistema MRP efectivo.

Según Flapper y otros (1991) [31], puede decirse que MRP es pasivo respecto al proceso de producción, puesto que acepta los valores de las variables de fabricación (plazos de entrega, tamaños de lote, tasa de defectos, tiempos de preparación, tiempos de cola y movimiento ...). Por el contrario, JIT es activo, puesto que busca cambiar esos valores. Según estos autores, la incorporación de JIT en un sistema MRP debe hacerse de forma gradual, para lo que proponen un proceso con tres fases:

- Fase 1. Creación de un flujo lineal lógico, mediante manejo rápido del material. En esta fase se elimina la mayor parte del almacén. Los centros de trabajo están unidos por sistemas de manejo rápido del material. Las órdenes MRP son liberadas a cada centro de trabajo. Los materiales necesarios para esas órdenes se retiran de otros centros de trabajo o de pequeños inventarios situados en la planta. En esta fase se introduce un sistema de deducción posterior (*backflushing*) tanto para los materiales, como para las cantidades estándar de recursos (mano de obra, máquinas, herramientas).
- Fase 2. Utilización de un sistema *pull* en la línea lógica. En esta fase, se liberan órdenes MRP sólo para los productos finales. Los materiales necesarios para estas órdenes se cogen de otros centros de trabajo con un sistema *pull*. Todos los materiales del sistema, excepto los productos finales y los materiales comprados, son productos fantasmas para el

sistema MRP. La producción y los inventarios de estos productos fantasmas se gestionan completamente con el sistema *pull*.

- Fase 3. Creación de un flujo lineal físico. En esta etapa se cambia la distribución en planta de los centros de trabajo, para que su disposición física sea la de una línea. El sistema MRP sólo libera órdenes al último centro de trabajo de la línea, mientras que el sistema *pull* gestiona el resto de centros de trabajo.

Para que este proceso de transición sea posible, debe ir acompañado de un proceso de mejora de algunos problemas de producción, como los asociados a tiempos de preparación, averías, calidad y flexibilidad de la mano de obra.

Wasco y otros (1991) [32] exponen los resultados obtenidos con la implantación de un sistema que combina JIT y MRP en una empresa de servicios. El proceso de análisis que llevó a implantar un sistema combinado fue que la empresa necesitaba las características dinámicas de JIT para dirigir un proceso de mejora continua, y la disciplina de MRP para cerrar el bucle entre los aspectos operativos de la planta y los procesos de planificación de medio y largo plazo.

El sistema combinado propuesto por Lee (1993) [20] utiliza la explosión de materiales y los cálculos en fase de tiempo de un sistema MRP, y el sistema *pull* de JIT. Este sistema tiene dos niveles: un nivel de planificación, en el que se aplican técnicas MRP, y un nivel de ejecución, en el que se aplican técnicas JIT. El número diario de *kanbans* empleado en la planta está calculado por el sistema MRP. Las células que funcionan JIT son consideradas por el sistema MRP, a efectos de rutas y cálculo de carga, como un centro de trabajo individual.

Chin y Rafuse (1993) [33] describen los resultados alcanzados en un pequeño fabricante de controladores automáticos de presión y temperatura con la implantación de un sistema combinado, que utiliza MRP para gestión de materiales y conceptos de JIT en el control de taller.

En las conclusiones de un estudio de seis plantas de fabricación repetitiva, Spencer (1994) [21] afirma que parece que MRP proporciona elementos que JIT no abarca. Por otro lado, en ninguno de los casos estudiados las salidas del sistema de control de taller de MRP fueron suficientes para controlar las prioridades y la capacidad. Los sistemas *kanban* se implantaron con éxito en los casos en que la planificación MRP se realizaba correctamente.

Conclusiones

Los sistemas MRP y JIT han sido considerados, en ocasiones, incompatibles o excluyentes. Esta idea se ha visto reforzada por algunas clasificaciones y comparaciones de sistemas de gestión de la producción en las que, aparentemente, se plantea una elección entre MRP y JIT.

Sin embargo, en la literatura de Gestión de Operaciones se recogen las opiniones de autores que consideran que MRP y JIT son compatibles y se describen casos prácticos en los que la solución adoptada es un sistema de gestión que combina en distinto grado MRP y JIT. Estos sistemas combinados MRP-JIT se presentan de forma aislada, sin un marco teórico que permita clasificarlos y justificar su aplicación.

El análisis detallado de los casos prácticos descritos en la literatura ha permitido suplir esta carencia, con la propuesta que se hace en esta ponencia de una tipología de sistemas combinados MRP-JIT con dos tipos: horizontal y vertical. Esta tipología permite justificar la aplicación de estos sistemas combinados en función de las necesidades de gestión que satisfacen.

La aplicación de un sistema de gestión combinado supone, en principio, mayores dificultades que la utilización de los sistemas que lo componen. Su utilización está justificada cuando las ventajas que se espera obtener compensan las posibles dificultades. En consecuencia, las empresas están dispuestas a aceptar los posibles inconvenientes del empleo de un sistema combinado MRP-JIT, porque les permite gestionar mejor ciertos sistemas productivos de lo que serían capaces sólo con MRP o sólo con JIT.

El sistema combinado MRP-JIT horizontal permite gestionar flujos de materiales en los que algunas características relevantes presentan valores cualitativamente diferentes en distintas zonas del flujo. El sistema combinado MRP-JIT vertical tiene módulos de planificación MRP y módulos de ejecución JIT y permite gestionar flujos de materiales con distintas necesidades de control detallado en distintos niveles jerárquicos del sistema de planificación y control de la fabricación. Por tanto, la distinción entre un sistema combinado MRP-JIT horizontal y vertical se encuentra en que las técnicas MRP y JIT se apliquen a distintos tramos del flujo (sistema MRP-JIT horizontal) o en distintos niveles jerárquicos (sistema MRP-JIT vertical).

La tipología propuesta en esta ponencia se ha aplicado a un conjunto amplio de casos prácticos recogidos en la literatura. Esta aplicación ha permitido establecer dos grupos coherentes de sistemas combinados MRP-JIT y justificar la utilización de cada grupo de estos sistemas combinados en función de las necesidades de gestión que satisfacen.

Referencias

- [1] Karmarkar, U. (1989). "Getting Control of Just in Time", *Harvard Business Review*, vol. 67, no. 5, pp. 122-131.
- [2] Olhager, J.; Östlund, B. (1990). "An Integrated Push-Pull Manufacturing Strategy", *European Journal of Operational Research*, vol. 45, no. 2-3, pp. 135-142.
- [3] Steele, D.C.; Berry, W.L.; Chapman, S.N. (1995). "Planning and Control in Multi-Cell Manufacturing", *Decision Sciences*, vol. 26, no. 1, pp. 1-34.
- [4] Van der Linden, P.M.J.; Grünwald, H. (1980). "On the Choice of a Production Control System", *International Journal of Production Research*, vol. 18, no. 2, pp. 273-279.
- [5] Schonberger, R.J. (1983). "Selecting the Right Manufacturing Inventory System: Western and Japanese Approaches", *Production and Inventory Management*, vol. 24, no. 2, pp. 33-44.
- [6] Vollmann, T.E; Berry, W.L.; Whybark, D.C. (1997). *Manufacturing Planning and Control Systems*. 4th ed. McGraw-Hill.
- [7] Aggarwal, S.C. (1985). "MRP, JIT, OPT, FMS? Making Sense of Production Operations Systems", *Harvard Business Review*, vol. 63, no. 5, pp. 8-16.

- [8] Plenert, G.; Best, T.D. (1986). "MRP, JIT, and OPT: What's "Best"?", *Production and Inventory Management*, vol. 27, no. 2, pp. 22-29.
- [9] Ptak, C.A. (1991). "MRP, MRP II, OPT, JIT, and CIM. Sucession, Evolution, or Necessary Combination", *Production and Inventory Management*, vol. 32, no. 2, pp. 7-11.
- [10] Matsuura, H.; Kurosu, S.; Lehtimaki, A. (1995). "Concepts, Practices and Expectations of MRP, JIT and OPT in Finland and Japan", *International Journal of Production Economics*, vol. 41, no. 1-3, pp. 267-272.
- [11] Bolander, S.F.; Taylor, S.G. (2000). "Scheduling Techniques: A Comparison of Logic", *Production and Inventory Management*, vol. 41, no. 1, pp. 1-5.
- [12] Krepchin, I.P. (1986). "How MRP II and JIT Work Together at DuPont", *Modern Materials Handling*, vol. 41, no. 15, pp. 73-76.
- [13] Krepchin, I.P. (1988). "Here, JIT and MRP II Work in Harmony", *Modern Materials Handling*, vol. 43, no. 7, pp. 87-89.
- [14] Belt, B. (1987). "MRP and Kanban. A Possible Synergy?", *Production and Inventory Management*, vol. 28, no. 1, pp. 71-80.
- [15] Maskell, B. (1989). "MRPII or Just In Time: Which Way to Productivity?", *Management Accounting*, vol. 67, no. 1, pp. 34-35.
- [16] Heiko, L. (1989). "A Simple Framework for Understanding JIT", *Production and Inventory Management*, vol. 30, no. 4, pp. 61-63.
- [17] Goodrich, T. (1989). "JIT and MRP can Work Together", *Automation*, vol. 36, no. 4, pp. 46-48.
- [18] Wallace, T.F. (1990). "MRP II & JIT Work Together in Plan & Practice", *Automation*, vol. 37, no. 3, pp. 40-42.
- [19] Ding, F.-Y.; Yuen, M.-N. (1991). "A Modified MRP for a Production System with the Coexistence of MRP and Kanbans", *Journal of Operations Management*, vol. 10, no. 2, pp. 267-277.
- [20] Lee, C.Y. (1993). "A Recent Development of the Integrated Manufacturing System: A Hybrid of MRP and JIT", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, no. 4, pp. 3-17.
- [21] Spencer, M.S. (1994). "How 'the Best' Companies use MRP and Just in Time for Successful Manufacturing", *Hospital Materiel Management Quarterly*, vol. 16, no. 1, pp. 27-34.
- [22] Monden, Y. (1994). *Toyota Production System. An Integrated Approach to Just in Time*. 2nd ed. Chapman and Hall.
- [23] Louis, R.S. (1997). *Integración del kanban y el MRP II*. Productivity Press, Portland, Oregon.
- [24] Pun, K.-F.; Chin, K.-S.; Wong, K.H. (1998). "Implementing JIT/MRP in a PCB Manufacturer", *Production and Inventory Management*, vol. 39, no. 1, pp. 10-16.

- [25] Sillince, J.A.A.; Sykes, G.M.H. (1993). "Integrating MRP II and JIT: A Management rather than a Technical Challenge", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, no. 4, pp. 18-31.
- [26] Bose, G.J.; Rao, A. (1988). "Implementing JIT with MRP II creates Hybrid Manufacturing Environment", *Industrial Engineering*, vol. 20, no. 9, pp. 49-53.
- [27] Rao, A.; Scheraga, D. (1988). "Moving from Manufacturing Resource Planning to Just in Time Manufacturing", *Production and Inventory Management*, vol. 29, no. 1, pp. 44-49.
- [28] Jiang, M.-W.; Li, S.-L. (1992). "A Hybrid System of Manufacturing Resource Planning and Just in Time Manufacturing", *Computers in Industry*, vol. 19, no. 1, pp. 151-155.
- [29] Sepehri, M. (1985). "Beyond MRP. The Just in Time Execution System", *Manufacturing Systems*, vol. 3, no. 10, pp. 52-54.
- [30] Discenza, R.; McFadden, F.R. (1988). "The Integration of MRP II and JIT Through Software Unification", *Production and Inventory Management*, vol. 29, no. 4, pp. 49-53.
- [31] Flapper, S.D.P.; Miltenburg, G.J.; Wijngaard, J. (1991). "Embedding JIT into MRP", *International Journal of Production Research*, vol. 29, no. 2, pp. 329-341.
- [32] Wasco, W.C.; Stonehocker, R.E.; Feldman, L.H. (1991). "Success with JIT and MRP II in a Service Organization", *Production and Inventory Management*, vol. 32, no. 4, pp. 15-21.
- [33] Chin, L.; Rafuse, B.A. (1993). "A Small Manufacturer adds JIT Techniques to MRP", *Production and Inventory Management*, vol. 34, no. 4, pp. 18-21.