

Modelo para la selección de un sistema de programación para la producción. Un enfoque estratégico

Carlos Alberto Castro Z.
Mario César Vélez G.

Fecha de aceptación: 27 de abril de 2002

Fecha de recepción: 14 de enero de 2002

RESUMEN

Establecer el tipo de sistema de programación de producción que una industria manufacturera debe implementar es uno de los problemas que con más frecuencia deben enfrentar los gerentes de manufactura, ya que de ello depende en gran parte el buen funcionamiento de la empresa. Su selección depende de varios aspectos que raramente son tenidos en cuenta, como son el tipo de configuración productiva y la estrategia de manufactura. Este artículo busca, a través de una revisión bibliográfica, y de nuestra experiencia, guiar al lector para que, de una manera estructurada, seleccione el sistema de programación de producción más adecuado para una empresa, de tal manera que de acuerdo con las estrategias de manufactura, determine el tipo de configuración productiva que permita alcanzar tales estrategias, y con base en ello, identifique y seleccione el sistema de programación más adecuado.

ABSTRACT

Production planning and scheduling system selection is one of the most frequent problems that manufacturing managers face. Because company's performance depends strongly on this selection, this decision is extremely important for any company. Within this article it is proposed a model for selecting a production planning and scheduling system that takes into account some factors that are rarely considered, such as productive system layout and manufacturing strategy. This model is intended to guide the reader to identify the company's manufacturing strategy and productive layout, and to use this information in order to select the production planning and scheduling system that better fits the company.

PALABRAS CLAVES

- Estrategia de Manufactura
- Programación de Producción
- Sistemas de Producción.

CARLOS ALBERTO CASTRO ZULUAGA. Ingeniero de Producción. Universidad EAFIT. Master en Ing. Industrial. Universidad de los Andes. Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería de Producción, Universidad EAFIT.
E-mail: ccastro@eafit.edu.co

MARIO CÉSAR VÉLEZ GALLEGO. Ingeniero de Producción., Universidad EAFIT. Master en Ing. Industrial. Universidad de los Andes. Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería de Producción, Universidad EAFIT.
E-mail: marvelez@eafit.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La selección de un sistema de programación de producción requiere comprender y analizar a profundidad muchos aspectos relevantes concernientes con la producción, con el fin de tomar la decisión más acertada sobre el tipo de sistema que se va a implementar. Es por esta razón que identificar el sistema productivo, sus características y las salidas que este sistema puede generar, son un punto crítico dentro de este proceso. Por tal motivo, conocer las estrategias de manufactura que existen, reconocer los diferentes tipos de sistemas productivos y de programación más adecuados según el tipo de configuración, se hace indispensable para que el proceso propuesto lleve a realizar los cambios necesarios que conduzcan a la selección más apropiada.

Se mostrará en forma esquemática los pasos que se deben seguir para hacer la selección del sistema de programación, y se explicará en mayor detalle cada uno de éstos, proporcionando los conceptos y las herramientas necesarias para entender y llevar a cabo el proceso de manera exitosa.

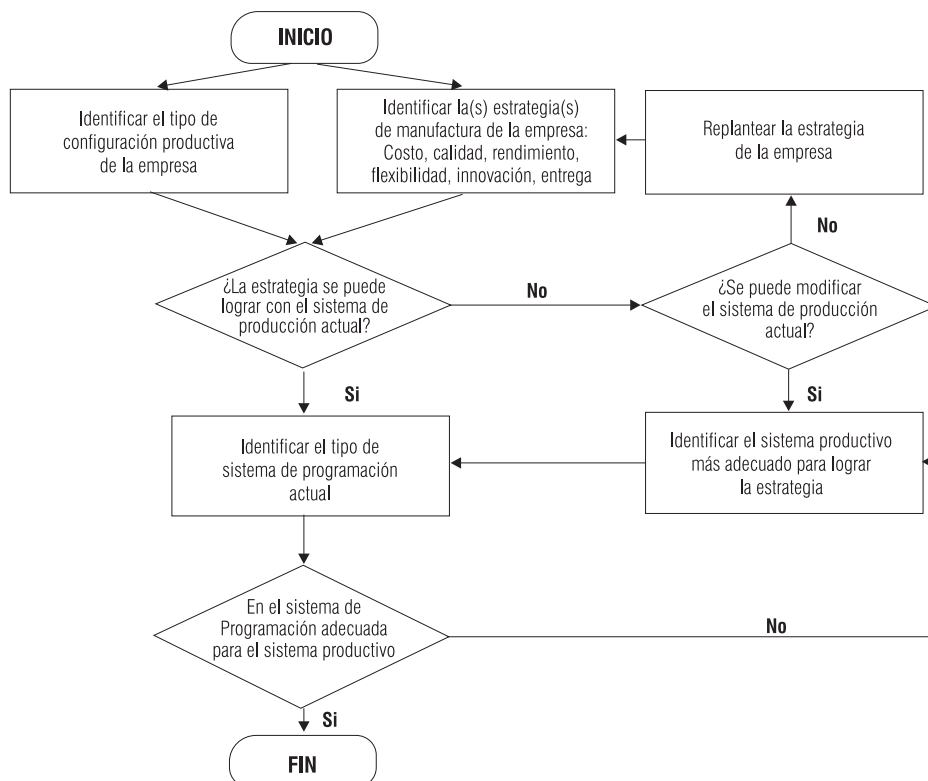
2. UN MODELO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN

La Figura 1 muestra el modelo propuesto para seleccionar el sistema de programación de producción. En el se pueden ver una serie de pasos que se deben llevar a cabo de manera secuencial, para lograr identificar el sistema de programación de producción más apropiado para una empresa.

Como se puede observar, además de permitir seleccionar el sistema de programación de producción, el modelo permite replantear, en los casos en que sea necesario, tanto la estrategia de manufactura como el tipo de configuración productiva, con el fin de lograr una coherencia entre ellos.

A continuación se profundiza sobre cada uno de los diferentes pasos mostrados en la Figura 1.

FIGURA 1
Modelo para la selección del sistema de programación de producción



Conocer las estrategias de manufactura que existen, reconocer los diferentes tipos de sistemas productivos y de programación más adecuados según el tipo de configuración, se hace indispensable para que el proceso propuesto lleve a realizar los cambios necesarios que conduzcan a la selección más apropiada.

2.1 Identificación de la Estrategia de Manufactura

La estrategia de manufactura es una parte crítica dentro de la estrategia corporativa y del negocio, que comprende un conjunto de objetivos y programas de acción encaminados a asegurar ventajas sostenibles a lo largo del tiempo sobre la competencia. El nivel corporativo es el que define sus fortalezas estratégicas, las cuales se encuentran declaradas en la misión y en la visión de la organización. Por lo tanto, es responsabilidad de los encargados de manufactura identificar cual es el papel que deberán desempeñar para lograr los metas trazadas en la estrategia corporativa.

Generalmente, la directriz que se da a los responsables de manufactura en todo el mundo es la de *fabricar mejores artículos, en una variedad más amplia, a menor costo y a gran velocidad*. Esto es lo que se conoce como *output* de fabricación (Miltenburg, 1996), objetivos de manufactura (Machuca, 1995) o estrategia de manufactura (Garvin, 1985), los cuales son clasificados en varias categorías. En este artículo se utilizará la terminología empleada por Miltenburg, quien define que manufactura compite a través de seis grandes estrategias:

- **Costo:** El costo de materiales, horas de personal, cargas indirectas y otros recursos utilizados para fabricar un artículo. Está relacionado directamente con la disminución del desperdicio.
- **Calidad:** Es el grado con el que los materiales y las operaciones son conformes con las especificaciones y expectativas del cliente, y el grado de severidad o dificultad de las especificaciones y expectativas.
- **Rendimiento del producto:** Las características del producto, y la amplitud con las que las características o el diseño permiten al producto hacer cosas que otros productos no pueden hacer. Algunos autores denominan esta estrategia como diferenciación (Porter, 1985).

- **Plazo de entrega:** El periodo transcurrido entre la recepción de un pedido y la entrega al cliente.
- **Flexibilidad:** La amplitud con la que pueden incrementarse o reducirse los volúmenes de producción de una amplia gama de productos para responder con rapidez a las necesidades de los clientes
- **Innovación:** La habilidad para introducir rápidamente nuevos productos o para hacer cambios de diseño en productos existentes.

Por lo tanto, se requiere identificar cuales *estrategias* de manufactura deberá proporcionar el área de operaciones, con el fin de lograr alcanzar los objetivos y las metas trazadas por la estrategia corporativa, para posteriormente identificar que tipo de configuración productiva logra los niveles exigidos, ya que no existe ningún sistema de producción que pueda proporcionar todas las estrategias anteriormente definidas en los niveles más elevados. Esto se debe principalmente a que existen “*trade-off's*” o compromisos entre ellos. Por ejemplo, una empresa no puede pensar al mismo tiempo ser innovadora y tener unos costos de producción bajos; o una empresa no logrará ser flexible y adicionalmente tener los costos bajos. Tales “*trade-off's*” deben ser identificados y analizado antes de definir las estrategias de manufactura para no tener inconvenientes en el futuro.

2.2 Identificación del Tipo de Configuración Productiva

Paralelamente a la definición e identificación de las estrategias de manufactura, se debe identificar el tipo de configuración productiva. Para ello es necesario clasificar los sistemas productivos, con el fin de establecer características y diferencias entre ellos.

Tipos y Características de los Sistemas Productivos

Como se mencionó anteriormente, los objetivos de manufactura son expresados en función de las seis principales dimensiones en la medición del desempeño, utilizadas al formular la estrategia de manufactura: costo, calidad, rendimiento, entregas, flexibilidad e innovación (Miltenburg, 1998). Para lograr tales estrategias es necesario contar con el sistema productivo apropiado, dado que cada sistema logra en mayor o menor grado las estrategias mencionadas

anteriormente. En términos generales, dentro de la industria se encuentran cuatro tipos de sistemas productivos: job shop, flujo en lotes, flujo lineal y flujo continuo (Miltenburg, 1998). Esta distinción se hace ya que las diferencias entre ellos tienen importantes implicaciones a la hora de escoger el sistema de programación de producción. En los procesos de tipo job shop generalmente se fabrican artículos hechos a la medida. Los talleres metalmeccánicos son un ejemplo típico de este tipo de configuración. Los procesos de flujo por lotes fabrican, por ejemplo, textiles, confecciones y auto partes. Los flujos lineales abarcan productos como, automóviles, juguetes y computadores. Ejemplos típicos de procesos industriales continuos incluyen productos químicos como plásticos, drogas, jabones, fertilizantes, productos derivados del petróleo, comidas, bebidas y productos de papel. Las diferencias que existen entre los diferentes tipos de procesos son vastas y multidimensionales. En la Tabla 1 se muestran algunas de las principales características de los diferentes sistemas productivos, las cuales son una ayuda para identificar el tipo de sistema productivo con que se cuenta.

La estrategia de manufactura es una parte crítica dentro de la estrategia corporativa y del negocio, que comprende un conjunto de objetivos y programas de acción encaminados a asegurar ventajas sostenibles a lo largo del tiempo sobre la competencia. El nivel corporativo es el que define sus fortalezas estratégicas, las cuales se encuentran declaradas en la misión y en la visión de la organización.

Aunque en la Tabla 1 sólo se enuncian algunos aspectos, se considera que con ellos se logra identificar adecuadamente el tipo de configuración productiva que posee la empresa. En el caso que se considere pertinente, se sugiere consultar otros aspectos tratados ampliamente en la literatura (Silver, 1998; Miltenburg, 1996 y Hayes, 1979).

Un punto que requiere un análisis adicional es la política de fabricación: para los productos altamente estandarizados, los cuales son generalmente fabricados en sistemas continuos, existe la tendencia a hacer mayor cantidad de producción para inventario. En los productos hechos en flujos lineales, se puede fabricar para inventario o bajo pedido, mientras que en los procesos de tipo job shop se fabrica, en la mayoría

de los casos, bajo pedido. En los procesos que trabajan con flujo en lotes, se puede fabricar ya sea para inventario o bajo pedido, dependiendo de los tipos productos y de los clientes. Lo anterior conlleva a que tanto el inventario de materia prima, el inventario en proceso (WIP) y el inventario de producto terminado sean aspectos importantes a tener en cuenta. Es así por ejemplo como en las configuraciones continuas y en las de flujo lineal con altos volúmenes de fabricación, el producto en proceso es por lo general muy bajo, pero el inventario de producto terminado tiende a ser alto, así como el inventario de materia prima, debido a que por lo general este tipo de empresas trabaja para inventario. Por otra parte, en las configuraciones tipo taller y tipo job shop, los niveles de producto en proceso son altos debido al flujo de producción, mientras que los niveles de producto terminado y materia prima tienden a ser bajo, debido a que en la mayoría de estas se empresas se trabaja bajo pedido. En todos los casos el inventario de materia prima dependerá en gran parte del tipo de proveedores y las características de la materia prima que tenga la empresa.

Como se puede observar, el inventario tiene un gran impacto sobre el funcionamiento de la empresa, siendo uno de los principales puntos que un gerente de manufactura debe solucionar, ya que tiene un efecto directo sobre el costo, la flexibilidad de la empresa, los tiempos de ciclo y las entregas, aspectos claves dentro de la estrategia de manufactura de cualquier empresa.

2.3 La Matriz Producto-Proceso. Identificación del Tipo de Sistema Productivo

Como se vió anteriormente, existen diferentes tipos de configuraciones productivas, las cuales requieren diferentes estrategias y procedimientos en su programación. Tanto la estrategia de manufactura como las características de cada proceso son las principales ayudas para definir el rumbo que debe seguir la empresa. Sin embargo, Miltenburg (1998), retomando un trabajo realizado por Hayes y Wheelwright, presentó un concepto que permite entender mejor la relación entre la estrategia y el sistema productivo. La claridad se hace con respecto al ciclo de vida del producto (Hoffer, 1997), el cual aunque es un modelo útil, se enfoca únicamente sobre el mercado. Miltenburg sugiere que muchos de los procesos productivos atraviesan por un ciclo de evolución, llamado el ciclo del proceso, iniciando desde el job shop hasta llegar al proceso continuo, pasando por los

TABLA 1
Características de los tipos de sistemas productivos

Característica	Tipos de Sistemas Productivos			
	Job Shop	Flujo en lotes	Flujo Lineal	Flujo Continuo
Número de clientes	Muchos	Muchos, pero menos que en el Job shop	Menos	Pocos
Numero de productos	Muchos	Varios	Pocos	Muy pocos
Diferenciación del producto	Hechos a la medida	Menor grado de customización	Mas estandarizados	Estandarizados (Commodities)
Requerimiento de materiales	Difícil de predecir	Algo predecible	Predecible	Muy predecible
Control sobre proveedores	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Inventario de Materia Prima	Pequeño	Moderado	Variable, entregas frecuentes	Grande, entregas continuas
Inventario de WIP	Grande	Moderado	Pequeño	Muy pequeño
Inventario de Producto terminado	Ninguno	Variable	Alto	Muy alto
Programación	Incierta, cambios frecuentes	Expeditación frecuente	A menudo establecida por adelantado	Inflexible, secuenciación rigida por la tecnología
Retos principales en las operaciones	Incrementar utilización de recursos, romper cuellos de botella	Balancear etapas del proceso	Balancear líneas, mejorar productividad	Evitar paros de máquinas, minimizar costos
Nivel de automatización	Muy bajo	Bajo	Bajo o alto	Alto
Cuellos de botella	Cambian rápidamente	Cambian a menudo, y son predecibles	Generalmente conocido y estacionario	Conocido y estacionario
Velocidad (unidades/día)	Baja	Moderada	Rápida	Muy Rápida
Flujo de Proceso	Sin patrón	Patrones un poco predominantes	Patrón de flujo rígido	Claro e inflexible
Tipo de equipos	Propósito general	Combinación de propósito general y especializados	Especializados, tecnología alta o baja	Especializados, alta tecnología
Tamaño de las corridas	Muy cortas	Moderadas	Largas	Muy largas

Fuente: Silver, E; "Inventory Management and Production Planning and Scheduling". Third edition. John Wiley & Sons, USA 1998, pp. 48-49

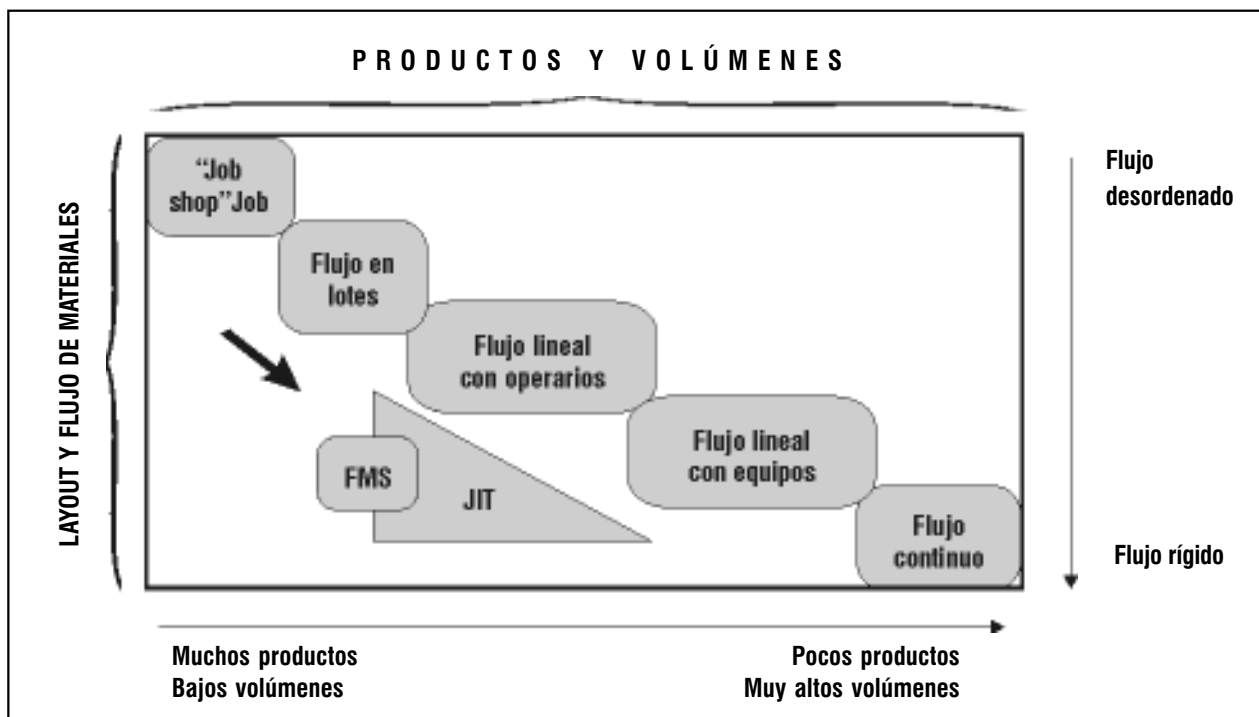
demás tipos de configuraciones. Adicionalmente, se sugiere analizar el ciclo de vida del producto y el ciclo de vida del proceso de manera paralela. No se puede pasar de un nivel de mecanización a otro, por ejemplo, sin hacer algunos ajustes a los productos y a los sistemas de gestión involucrados, ni se pueden crear o eliminar productos sin considerar los efectos que ello traería sobre el sistema productivo.

Hayes y Wheelwright (1979) plasmaron sus hallazgos en una representación gráfica conocida como la matriz producto-proceso. En la Figura 2 se muestra una adaptación hecha por Miltenburg, la cual es más apropiada para el propósito de este artículo. Las columnas de la matriz muestran, de una manera un poco más condensada, las etapas del ciclo de vida del producto representadas como los volúmenes de

ventas de los productos; partiendo desde una gran variedad asociada con productos que se introducen al mercado, desde la esquina izquierda de la matriz, hacia los productos altamente estandarizados del lado derecho. Las filas representan los principales tipos de procesos productivos. Nótese que la configuración de flujo lineal fue dividida en flujo lineal acompasado con operarios y flujo lineal acompasado por equipos.

Paralelamente a la definición e identificación de las estrategias de manufactura, se debe identificar el tipo de configuración productiva. Para ello es necesario clasificar los sistemas productivos, con el fin de establecer características y diferencias entre ellos.

FIGURA 2
Matriz Producto – Proceso



Fuente: Miltenburg, J; "Estrategia de Fabricación". Productivity Press. 1996, pp. 19

Hayes y Wheelwright discuten las implicaciones estratégicas de posiciones fuera de la diagonal. Operar en la esquina superior derecha de la matriz puede llevar a tener altos costos de oportunidad debido a que la empresa está intentando cumplir con una alta demanda con un proceso que está diseñado para ser flexible con bajos volúmenes de producción. El resultado será entonces alta cantidad de ventas perdidas. Operar en la esquina inferior izquierda traerá altos costos financieros, por que la firma ha invertido en equipos costosos que son utilizados muy poco porque la demanda es baja.

Se ha detectado que aquellas empresas que operan por fuera de la diagonal o que operando con algún sistema que se encuentre en la diagonal, pero que no apunte a la estrategia de manufactura de la empresa, tienden a mostrar un desempeño muy pobre.

Finalmente, se ha encontrado que la utilización de tecnología avanzada de producción puede permitir a una empresa operar por fuera de la diagonal. Esto se logra con sistemas de manufactura flexible (FMS por sus siglas en inglés), con los cuales se obtiene una gran flexibilidad, produciendo bajos volúmenes con eficiencias similares a los sistemas de altos volúmenes. Sistemas de cambios automáticos de referencia y equipos controlados por computador permiten obtener altas eficiencias. De esta manera es posible operar de manera rentable por debajo de la diagonal.

2.4 Coherencia ente la Estrategia de Manufactura y el Tipo de Configuración Productiva

Una vez identificada la estrategia de manufactura y el sistema productivo, es necesario analizar si es posible alcanzar las metas planteadas en la estrategia con el sistema productivo que se tiene, o si es necesario replantear alguno de los dos.

Como se mencionó anteriormente, cada tipo de configuración productiva logra obtener en mayor o menor grado cada una de las estrategias de manufactura. Por lo tanto es necesario identificar que niveles logran alcanzar fabricación cada una de las diferentes configuraciones productivas en las estrategias de fabricación, con el fin de establecer si tanto la estrategia como el sistema productivo se encuentran correctamente relacionados.

La Figura 3 muestra el nivel que se logra de cada uno de los outputs con cada uno de los sistemas productivos. El output de calidad no se muestra, ya que se considera que este output debe encontrarse en el nivel máximo en todas las configuraciones. La escala utilizada es entre 10 y 0, en donde 10 es el máximo nivel y 0 es el mínimo nivel logrado.

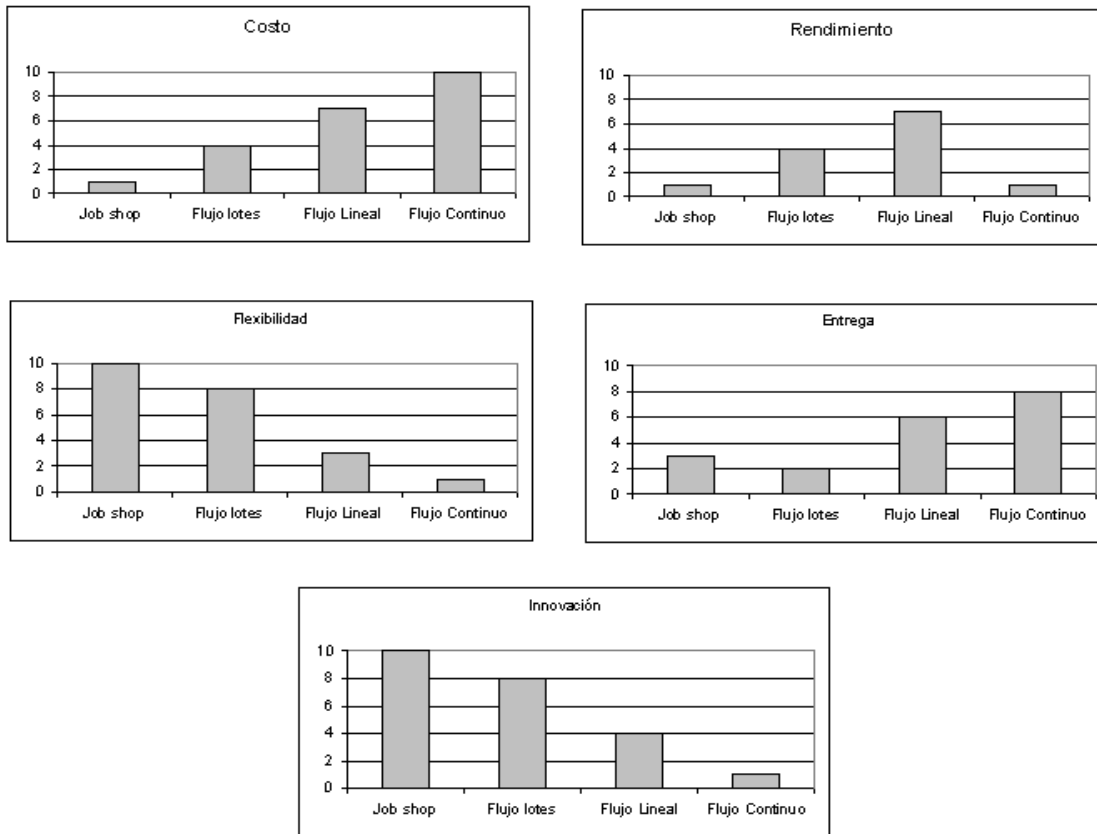
Como se puede apreciar en la Figura 3, cada estrategia logra obtener el máximo nivel posible con un sistema de producción determinado. Así por ejemplo, para lograr ser excelentes en entregas, se debe tener un flujo continuo, pero para ser el mejor en flexibilidad, resulta más adecuado tener un sistema job shop. De igual forma los costos variables más bajos se logran con un sistema continuo, pero para ser innovadores

es necesario contar con un sistema de flujo en lotes o un job shop.

Nuevamente es necesario hacer hincapié en el concepto de “*trade-off*”. Una empresa que quiera competir con altos niveles en flexibilidad y entrega, se encuentra con el problema de que cada una de estas *estrategias* se logra con diferentes tipos de sistemas productivos. En este caso existen dos alternativas: 1) replantear la estrategia de manufactura o, 2) utilizar los dos tipos de sistemas realizando una partición de la planta, de tal forma que se logren los dos estrategias a la vez en los niveles deseados. Esta solución solamente podría plantearse si cada *estrategia* se requiere para dos tipos de familias de productos diferentes, ya que si fuese para una misma familia de productos, sería imposible, teniendo que utilizarse la primera opción.

Una vez identificada la estrategia y el sistema de producción se plantea la pregunta de si con el sistema de producción que tiene la empresa actualmente se logra obtener la estrategia identificada. A partir de este análisis, existen dos opciones: 1) que el sistema sea el adecuado para lograr la estrategia, en cuyo caso se debe seguir con el siguiente paso, que es el de identificar el tipo de sistema de programación que se utiliza, o 2) que con el sistema actual no sea posible lograr la estrategia. Se ha podido definir que este caso es el que con más frecuencia se presenta dentro de las organizaciones. Cuando se ha identificado este grave problema, las empresas tienen dos alternativas: cambiar a un sistema productivo que permita obtener los resultados deseados, o replantear su estrategia, y en este caso, llevar a cabo un proceso de planeación estratégica, el cual implica realizar un cambio en el largo plazo y redefinir toda la organización (Porter, 1985). Si por el contrario se decide cambiar el sistema productivo, se debe hacer un análisis detallado de las implicaciones que ello trae como traslado de máquinas, equipo y personal, reingeniería de procesos, modificación de instalaciones, compra de maquinaria y equipos, etc. Es importante aclarar que cambiar de un sistema de producción a otro debe realizarse de una manera gradual y estructurada, de tal forma que cause el menor traumatismo al interior de la organización, y que debe contar con el acompañamiento de expertos en el tema y con el apoyo de un grupo de trabajo liderado desde la alta gerencia, además de un alto componente de capacitación. De esta manera las posibilidades de realizar exitosamente este cambio aumentan considerablemente. El no tener en cuenta todos los aspectos enunciados anteriormente podría traer resultados desastrosos.

FIGURA 3
Niveles que se logran en los *outputs* de fabricación con los diferentes tipos de configuraciones productivas



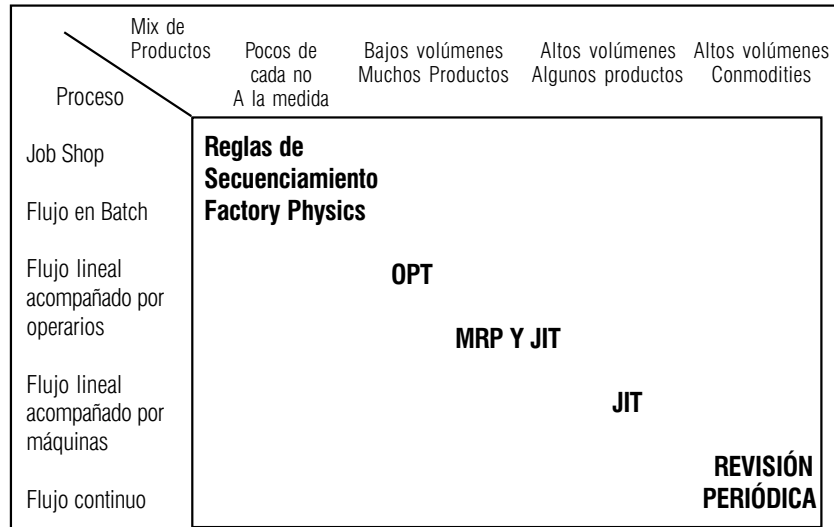
2.5 Identificación y Selección del Sistema de Programación de Producción

Se puede afirmar que la estrategia de programación de producción depende en gran parte de la facilidad con que se pueden asociar las materias primas y las partes requeridas con la programación de artículos finales. Entonces, existe una conexión directa entre la posición del sistema en la matriz producto-proceso y la facilidad de esta asociación. En la esquina inferior derecha de la Figura 2 la asociación tiende a ser muy sencilla y se va haciendo mucho más compleja a medida que nos movemos a través de la diagonal hasta la esquina superior izquierda, donde la fabricación es dominante, convirtiéndose esta asociación otra vez fácil pero, debido a que en este punto de la matriz la fabricación se hace principalmente bajo pedido, la factibilidad de utilizar sistemas avanzados de programación es casi nula.

Con base en los comentarios anteriores, en otros descritos durante el artículo, en los escritos por diversos autores y en la experiencia adquirida por los autores durante asesorías prestadas a la industria, se pueden introducir los diferentes sistemas de programación en las diferentes posiciones dentro de la matriz producto-proceso. En la Figura 3 y en la Tabla 2 se describe brevemente el enfoque principal de cada sistema de programación.

En la Figura 3 se puede apreciar que existe un sistema de programación para cada tipo de configuración productiva. De esta manera para un job shop se recomienda utilizar reglas de secuenciamiento (Hopp, 1996; Askin, 1993). Para un sistema de flujo en lotes se recomienda utilizar OPT (Optimized Production Technology). Para profundizar sobre este tipo de sistema de programación se recomienda profundizar sobre el trabajo realizado por Goldratt en este sentido. Para un sistema de flujo lineal acompañado por operarios se ha encontrado que la aplicación de sistemas

FIGURA 3
Programación de producción y la Matriz Producto-Proceso



Fuente: Silver, E; "Inventory Management and Production Planning and Scheduling". Third edition. John Wiley & Sons, USA 1998, pp. 43

TABLA 2
Sistemas de planeación programación y control de producción

SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN	NATURALEZA DE LA INDUSTRIA	ENFOQUE PRINCIPAL DEL SISTEMA
Reglas de Secuenciación (Factory Physics)	Bajos volúmenes de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad para lograr diferentes tipos de órdenes. • Cumplir las fechas de entrega. • Incrementar Throughput • Predecir Lead Time
OPT	Lotes, fabricación/ensamble de bajos volúmenes	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de los cuellos de botella.
MRP	Volúmenes medios	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación efectiva de materiales y mano de obra.
JIT	Altos volúmenes, fabricación repetitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar tiempos de alistamiento. • Alta calidad.
Revisión periódica	Procesos continuos	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar los alistamientos dependiendo de las secuencias. • Altas utilizaciones.

Fuente: Silver, E; "Inventory Management and Production Planning and Scheduling". Third edition. John Wiley & Sons, USA 1998, pp. 43

MRP resulta ser lo más adecuado (Vollmann, 1999), y para los sistemas de flujo lineal acompasado por equipos el JIT (Justo a Tiempo) sería una adecuada elección (Nicholas, 1998). Finalmente, en los sistemas de flujo continuo, la aplicación de modelos de revisión periódica y de control de inventarios son los apropiados para su programación (Silver, 1998).

Finalmente, la implementación de cualquier sistema de programación de los anteriormente expuestos debe realizarse gradualmente, acompañada por expertos en el tema que brinden capacitación a todo el personal, y bajo el liderazgo de la alta gerencia. Esto es esencial para que el proceso logre los resultados esperados.

3. CONCLUSIONES

La selección del sistema de programación de producción es un aspecto crítico dentro de una empresa. Esta selección está estrechamente relacionada con el tipo de configuración productiva y con la estrategia corporativa. Por esta razón se hace imprescindible realizar un análisis de estos tres aspectos de una manera estructurada con el fin de tomar la mejor decisión, buscando que los tres se dirijan hacia un mismo punto de encuentro: la supervivencia de la empresa. La metodología propuesta permite, además de seleccionar el tipo de sistema de programación, lograr identificar tanto las estrategias y el tipo de sistema productivo y replantearlos de tal manera que tanto la estrategia, la configuración productiva y el sistema de programación sean coherentes entre ellos y permitan obtener de una manera factible y consistente, las metas y objetivos trazados por la organización y, por consiguiente, ventajas competitivas que le aseguren su supervivencia a largo plazo.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Hayes, R., y S. Wheelwright. (1979a). The Dynamics of Process- Product Life Cycles. En: *Harvard Business Review*, 57, **No. 2**, pp. 127-36.
- Hayes, R., y S. Wheelwright. (1979b). Link Manufacturing Process and Product Life Cycles. En: *Harvard Business Review*, 57, **No. 2**, pp. 133-40.
- Hoffer, Charles. (1977). Conceptual Constructs for Formulating Corporate and Business Strategy. Case Teachers Association, #BP-0041, p7.
- Hopp, W. y Spearman M. (1996). *Factory Physics*. USA: Irwin/McFraw Hill.
- Miltenburg, J. (1996). *Estrategias de Fabricación*. USA: Productivity Press. USA.
- Nicholas, J. (1998). *Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement Lean Production Customer-Focused Quality*. USA: McGraw Hill.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. USA: The Free Press.
- Silver, E.A. (1996). A Concern regarding the revised Product-Process Matrix. En: *International Journal of Production Research*, 34, **No. 11**, p. 3285.
- Silver, E.A., Pyke, D.F. and Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. USA: John Wiley & Sons.
- Vollmann, T. (1999) *Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación*. USA: Irwin/McGraw Hill.