

Estudio de la Problemática de Programación de la Producción en el sector del automóvil. Aplicación a una red de fabricación.*

Pilar Isabel Vidal Carreras¹, Julio Juan García Sabater² José Pedro García Sabater³

¹ Ingeniero Industrial. Estudiante de tercer ciclo pivicar@doctor.upv.es

² Ingeniero Industrial. Estudiante de tercer ciclo jugarsa@doctor.upv.es

³ Dr. Ingeniero Industrial. jpgarcia@omp.upv.es

Resumen

El presente trabajo pretende hacer una revisión de aquellos aspectos relevantes en la Programación de Producción en empresas suministradoras del Sector del automóvil. Se comentan especialmente aquellos aspectos que resultan diferenciadores respecto a lo que se podría considerar un entorno convencional de fabricación. La actividad desarrollada en varias empresas pertenecientes al primer y segundo nivel de proveedores, en el sector del automóvil, permite establecer una caracterización general del problema de programación de la producción en el sector. Se definen sus características, principales problemas, oportunidades y amenazas, mirando hacia el futuro en el marco de propuestas tecnológicas de una plataforma de ámbito europeo (Manufuture). Así, se obtienen conclusiones que pretenden actuar como requerimientos funcionales indispensables en el diseño de herramientas de Programación de Producción en las citadas circunstancias.

Palabras clave: Programación de la producción, Sector del Automóvil.

1. Introducción

El sector del automóvil exige a las empresas que quieren participar en su mercado un tamaño mínimo que les permita ser competitivas, debido a las fuertes barreras de entrada que presenta. Entre las mismas se pueden destacar los altos costes que supone el acceso a los clientes (generalmente concentrados), la necesidad de disponer de sistemas de aseguramiento de calidad, o el requerimiento de sistemas de investigación y desarrollo que permitan competir en un mercado crecientemente global. Siguiendo los principios expuestos en (Lamming, 1993) los proveedores tenían que tender a ser menos, más grandes y mejores. Dicha predicción, una década después perfectamente cumplida, ha exigido movimientos de diferentes tipos en cada empresa particular.

Algunas empresas han optado por el crecimiento a través de empresas subcontratadas que realizan parte del trabajo. Aparece de este modo el concepto de redes de fabricación. A priori, es posible afirmar que dicho modelo, que presenta la ventaja evidente de mantener la eficiencia de cada uno de los modelos del sistema, presenta un inconveniente, crítico en el sector del automóvil, que es la pérdida de control que la empresa matriz tiene sobre la ejecución de los procesos.

Hay que destacar que la estrategia de trabajar con Redes de Empresas especializadas más que con grandes conglomerados de empresas con múltiples habilidades se encuentra alineada con los planteamientos de la plataforma europea Manufuture Commission.High Level Group (2004) Esta descentralización y pérdida de control, afecta en mayor o menor medida a todos los procesos de la empresa, especialmente a aquellos que se encuentran en un nivel operativo, en

* Este trabajo deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación financiado por la Generalitat Valenciana con referencia GV04A-543, cuyo acrónimo es "Agent Flow".

el que la comunicación entre entidades es fundamental ya que el tiempo de respuesta es un factor determinante.

En este entorno se encuentra el proceso de programación de la producción cuya problemática se estudia en este artículo. Son empresas proveedoras del sector del automóvil que sirven a otras empresas proveedoras del mismo sector. Se pretende en este trabajo establecer las características que definen y los principios básicos que gobiernan el proceso de programación de producción en este tipo de empresas.

2. Los Proveedores en el Sector del Automóvil

La evolución en los Mercados y particularmente en el Sector del Automóvil exige una continua reducción de costes, al tiempo que se debe ofertar una gran variedad de productos cada vez más complejos. La personalización de los productos, mediante la oferta de gran cantidad de opciones, es una de las tendencias que contempla este sector. Asimismo el automóvil es un producto cada vez más complejo en su diseño. Los submontajes que conforman el producto final, son interdependientes entre sí, dificultando las tareas de montaje final y el mayor número de opciones incrementan la variedad de subconjuntos que conforman el vehículo.

La reducción de costes exigida por el mercado se aborda, entre otras, por las siguientes vías:

- Reducción de los costes de mano de obra directa,
- Reducción de los costes de manipulación y almacenamiento.

La reducción de costes debidos a la mano de obra directa puede ser conseguida de dos maneras:

- a.1) Reducción de la mano de obra directa necesaria.
- a.2) Traslado de la responsabilidad de fabricación a los proveedores.

La primera vía consiste en reducir cualquier exceso de capacidad en la línea de montaje, ajustando la capacidad al máximo a los requerimientos. La segunda se aprovecha de los menores costes de mano de obra que tradicionalmente tienen los proveedores. De este modo las actividades no directamente vinculadas a la carrocería, son candidatas a ser ejecutadas por los proveedores. Éstos ven incrementada la complejidad de los productos servidos, tanto en la gran cantidad de componentes que integran los subconjuntos, como en el número de variantes que presentan. Esta tendencia se une a la que incrementa el grado de dependencia entre proveedor y empresa ensambladora, que incluye relación incluso al nivel de diseño.

La reducción de costes de manipulación, transporte y almacenamiento es otro de los aspectos a los que mayor importancia se da en la reducción de costes. Una de las vías para conseguirlo es la adopción de técnicas JIT, fundamentalmente en el aprovisionamiento de productos. La visión tradicional del JIT, en el aprovisionamiento, implica la entrega de pequeñas cantidades de productos con una elevada frecuencia. A medida que los subconjuntos adquieren mayor volumen, por el hecho de ser montajes de múltiples componentes, sus costes de manipulación aumentan. Por otro lado, cuando aumenta el número de variantes el tener una pequeña cantidad de cada uno de ellos equivale a tener una gran cantidad de productos.

Atendiendo al modo de servicio de los productos a la empresa ensambladora se pueden dividir los proveedores en cuatro grandes grupos:

- a) Proveedores Convencionales
- b) Proveedores Just In Time
- c) Proveedores Secuenciados
- d) Proveedores Sincronizados.

Una de las diferencias entre los primeros y los segundos es simplemente el tamaño de lote de transferencia, que en los primeros suele ser de tamaño considerablemente menor que en los segundos, aunque quizá la principal diferencia radica en el modo de gestionar el stock Pull en un caso y Push en los otros. Los proveedores secuenciados sirven exactamente el grupo solicitado por la secuencia en la línea de montaje. Por último en los proveedores sincronizados la fabricación se hace al mismo ritmo que en la línea de montaje.

Se puede encontrar una guía fácil para reconocer cuando es oportuno un tipo de proveedor u otro sin más que analizar los parámetros básicos de la famosa fórmula EOQ de cada componente o submontaje. A medida que crece el volumen de un producto crece su coste de almacenamiento, y por tanto el tamaño de lote decrece. Si crece la complejidad del producto, la posibilidad de quedar obsoleto por un cambio de ingeniería en una de las partes crece, y con él el coste de almacenamiento, que tiende a hacer decrecer el tamaño de lote. A medida que crece la variedad de producto, decrece la demanda y con ella el tamaño de lote. Si además los cambios de partida son muy habituales, por la reducción del tamaño de lote, el propio cambio de partida tendrá una disminución en su coste ligada cuanto menos al efecto aprendizaje, disminuyendo otra vez el denominado lote óptimo.

De este modo, se tiende a que los proveedores se sitúen cerca de la planta de tal forma que sirvan estrictamente lo requerido y no en pequeños lotes. Así los proveedores se convierten en pequeñas ramificaciones de la línea de montaje, aunque puedan estar físicamente a una distancia importante. De hecho en (Monden, 1994) se indica: ‘si el tamaño del subconjunto es grande y el número de variantes también es elevado, el sistema de extracción secuenciada se debe aplicar para minimizar el espacio de almacenamiento’.

3. Descripción del Sistema Productivo y Logístico en los Proveedores del Sector del Automóvil

Por las propias características del producto fabricado, éste no es un sector homogéneo puesto que conviven multitud de tecnologías y tipos de productos y materias primas, desde el tratamiento químico de piezas metálicas al conformado mecánico de piezas plásticas o elementos textiles. Si hay sin embargo algunas características que son generalmente aplicables a todos ellos. Las más relevantes de dichas características se presentan a continuación. Se han clasificado en las siguientes categorías:

- a) Relativas a los Procesos.
- b) Relativas al transporte entre plantas.
- c) Relativas a la Demanda.
- d) Relativas a los Inventarios.
- e) Relativas a la Capacidad Productiva

3.1. Relativas a los Procesos

Se distinguen básicamente 3 tipos de Procesos: de montaje, de pintado o tratamiento químico y de mecanizado.

- a) De Montaje: Es el proceso más conocido de la fabricación de automóviles. Aprovecha la demanda continua de los productos para generar líneas de montaje más productivas que los sistemas monopuesto. La configuración de estos procesos varía atendiendo a la flexibilidad requerida. Así se pueden encontrar sistemas monopuesto, líneas dedicadas a la fabricación de un único producto, líneas con capacidad para varios productos, o incluso proveedores que emulan la línea de montaje del fabricante principal. Un subgrupo especial de estos procesos lo

constituyen los procesos de soldadura que tienden a estar completamente automatizados.

- b) De Pintado o tratamiento químico. Estos procesos tienen como característica más relevante la existencia de un coste de preparación que suele incorporar tanto coste de material (disolvente por ejemplo) como coste de oportunidad ligado a la pérdida de capacidad del sistema cada vez que se cambia el producto, el tratamiento o el color. Otra característica relevante de este tipo de procesos es el scrap o desperdicio que generan al ser procesos muy inestables.
- c) De Mecanizado. Aunque tradicionalmente la industria del automóvil era una industria metálica, el porcentaje de plástico ha ido aumentando en los últimos años. Esto ha cambiado el proceso concreto de mecanizado pero no sus características básicas ligadas al alto coste del cambio de partida, el incremento sustancial de volumen que tienen algunas piezas tras el proceso de mecanizado.

3.2 Relativas al transporte entre plantas.

Debido a los altos volúmenes fabricados, y al constante proceso de descentralización y outsourcing anteriormente comentado el transporte entre plantas es una característica relevante a tener en cuenta. Se comentan a continuación algunas de las características más sobresalientes. Debido a la capacidad de planificar, ligada a la estabilidad de la demanda, y la frecuencia de las entregas se ha impuesto en el sector el uso de las denominadas *Time Windows* o ventanas de entrega que imponen programas de producción muy fiables o inventarios elevados.

Los costes de transporte son especialmente relevantes porque el número de movimientos es muy elevado. Esto establece algunas características interesantes de trabajo pues permite explorar, de modo continuo, métodos mejores de transporte. Es decir, al cambiar las características concretas de la demanda de modo continuo, y siendo como es un gasto tan elevado, la optimización de rutas o los cambios de modelo se convierten en áreas de continuo trabajo. Así conceptos como hacer recogidas compartidas o el uso de los transportes en vacío establecen líneas de trabajo en continua renovación. Otra línea de trabajo habitual, con una repercusión evidente en la producción, y su programación, lo constituye la utilización de racks específicos para transportar, como su uso como mecanismo de control de producción. Los modos de transporte deben considerar no sólo camiones de tamaño variable, o el uso de diferentes modalidades de transporte sino innovaciones como el uso de cintas transportadoras o conveyors entre plantas, o de pequeñas camionetas en el interior de las plantas.

3.3 Relativas a la demanda.

En el sector del automóvil la demanda tiene una estabilidad y horizonte que no se puede encontrar en otros sectores. Sin embargo la queja más habitual entre los gestores de estos sistemas productivos va ligada a que la demanda no es fiable. El motivo de esta aparente contradicción se encuentra en la frecuencia, tanto de los cambios como de las entregas. Al entregar varias veces en un día, el planificador observa una irregularidad mayor incluso que la que realmente hay.

Una de las características más relevantes de la producción en el sector del automóvil es la existencia de una previsión de demanda, con varios meses de horizonte, para cada uno de los productos solicitados, e incluso para los componentes a adquirir. Dicha demanda se dispone de modo discreto (día a día, o semana a semana) y es estable (tanto como se puede) al ser un requisito de los sistemas JIT. Pero no es exacta, así que en el día a día puede tener oscilaciones relevantes, aunque las desviaciones se anulan.

La demanda, por otro lado ha sido calculada por el cliente a través de un MRP que, evidentemente, no ha tenido en cuenta las limitaciones de cada proveedor particular, por lo que es posible que en algún momento no haya capacidad de servicio. Esto puede provocar una ruptura de stock en algún elemento de la cadena, que obligue a retener unidades en la línea de montaje, modificando ostensiblemente la demanda percibida por otros proveedores.

Otra característica relevante es que el producto va a ser consumido hasta que se anuncie un cambio de ingeniería. Pero las necesidades competitivas de las empresas obligan a cambios más frecuentes de diseño, y esto implica que el coste de obsolescencia tiende a crecer.

Por último uno de los factores con más relevancia es el apilamiento de stock o stock piling. Este es un efecto evidente de la descentralización de la producción: calendarios laborales diferentes. El stock piling es el proceso mediante el cual se adelanta producción para cubrir demanda solicitada para periodos en los que no se tiene previsto producir. Como la capacidad suele estar muy ajustada, el único modo de hacer frente a esos periodos de demanda sin producción es utilizar el escaso exceso de capacidad con suficiente antelación. Y esta es una modificación de la demanda que ha de ser tenida en cuenta.

3.4 Relativas a los Inventarios

Una de las características más relevantes de los inventarios en el sector del automóvil es la existencia de programas corporativos, y en ocasiones transcorporativos de reducción continua de inventarios. Los inventarios son la protección de los proveedores frente a diferentes irregularidades, algunas son propias y otras son ligadas al propio fabricante que les demanda la reducción de inventarios, pero no corrige los errores que los hacen necesarios. Así que una de las características más curiosas en el sector es la existencia de inventarios que no son.

Otra característica relevante es que, debido a la frecuencia elevada de las entregas y las recepciones, es muy difícil, cuando no imposible conocer el stock en tiempo real. La implicación más relevante de este fenómeno es que, en muchos casos, no es posible despreciar el stock producido o consumido en el periodo de “incertidumbre”.

Ligada al inventario y también al transporte, la existencia de racks dedicados para la cada producto productos es otra característica relevante en la gestión de la producción. Fabricar un producto sin disponer del rack donde va dispuesto en general es caro (luego habrá que cambiarlo de ubicación manualmente), y a veces es imposible. Además cuando se produce un producto, se liberan racks que podrán ser utilizados en otro proceso.

Por último, y no menos relevante, los productos están disponibles para ser servidos en cuanto se fabrica la primera unidad (o el primer rack).

3.4 Relativas a la Capacidad Productiva

Ligado a la necesidad de reducir costes, al conocimiento futuro de la demanda y a que se considera como la fuente primaria de desperdicio la capacidad productiva está muy ajustada a los requerimientos solicitados. Dicha limitación de capacidad en general va asociada a las maquinarias utilizadas, pero puede ocurrir que la limitación esté en el personal disponible, esto dependerá evidentemente del coste.

Ya ha sido indicado anteriormente que la combinación de esta limitación de capacidad y los calendarios laborales diferentes entre plantas proveedoras y clientes exige una planificación de las vacaciones con meses de antelación. Si esa variabilidad es relevante en el largo plazo

en el corto lo es la disposición de trabajadores en cantidades variables y a menudo no conocidas, puesto que deben ir a cursos de perfeccionamiento, a menudo externos, como marcan los programas de aseguramiento de calidad además de los requerimientos de la mejora continua.

Ligado al continuo proceso de oferta o de cambios de ingeniería, los *try-outs* o pruebas consumen cantidades cada vez mayores de dicha capacidad, elevando con ello la saturación de los sistemas.

Ligado a la estabilidad de la demanda, la existencia de un fuerte efecto aprendizaje, tanto en los tiempos de operación como en los de preparación de maquinaria, hace que los datos respecto a la capacidad productiva sean continuamente variables.

Por último, para dotar al sistema de suficiente flexibilidad y robustez es habitual que haya varias maneras de producir un determinado producto. Más aún, la continua búsqueda de producir a menor coste, unido a la estabilidad de la producción a realizar, genera frecuentes posibilidades de producción en las que varios productos se pueden fabricar de modo conjunto, de una o varias maneras.

4. La Programación de la Producción en los proveedores del sector del automóvil. Características y Principios de Trabajo.

Brevemente, se pretende en este apartado describir el entorno en el que se desenvuelve la Programación de Producción en los proveedores del sector del automóvil. Se comienza revisando quienes serían los usuarios y los *stakeholders* del proceso de la Programación de Producción en este entorno. Se hará una breve aproximación a los datos y su disponibilidad para poder lanzar en condiciones adecuadas el proceso de programación, y cuales serían las características que debería reunir un buen programa.

4.1. Users and Stakeholders

El usuario de un proceso de este estilo, es la persona encargada de establecer quién, cuándo y cuánto producir. En algunas empresas es un sistema informático, en otras empresas es un encargado de cierto nivel, existiendo algunos entornos donde la existencia de sistemas kanban permiten que sean los propios operarios los que decidan la secuencia de actividades.

Entre los *stakeholders* se pueden distinguir tres grandes grupos con especial relación: los trabajadores, los propietarios de la empresa y los equipos de apoyo y mantenimiento. Los trabajadores solicitan estabilidad al sistema, pocos cambios de actividad y no tener que trabajar bajo presión. La propiedad busca beneficios(a corto y/o largo plazo), manteniendo bajos los costes y la inversión. Así, por ejemplo, la excesiva variabilidad en los planes de producción de las empresas clientes puede ser vista por un trabajador como un problema pero como una ventaja (pues genera beneficios suplementarios) en la propiedad. Por último los equipos de mantenimiento y calidad, requieren del sistema que sea suficientemente estable a medio plazo (para poder planificar sus actividades) y cuanto menores sean estas mejor (reducción de cambios de partida).

4.2. Datos: Fiabilidad y Disponibilidad

La programación de producción para un proveedor se puede asimilar con un sistema de fabricación contra stock, donde la previsión de la demanda viene entregada por el cliente en un modo inexacto. Dicha previsión es el resultado de aplicar técnicas MRP sobre un plan de

producción que no se podrá realizar completamente, y que exigirá el adelanto de producción de días posteriores.

Ya se ha comentado la imposibilidad de conocer con exactitud la cantidad de stock en un momento dado, pues tanto la producción como el consumo de los diferentes productos no son conocidos en tiempo real. Además, no es despreciable la existencia de retrabajos que recuperan parte de la producción considerada como scrap. Por otro lado, y aunque es común la consideración de que en el sector del automóvil no valen los retrasos esta afirmación no es estrictamente así, en realidad lo que ocurre es que al no haber fechas de entrega no se puede afirmar que haya retraso. Sí se produce con relativa frecuencia un fenómeno denominado *backlog*, por el cual producción que tenía que haber sido servida ayer todavía no lo ha sido hoy. El backlog aceptable depende generalmente de la relación cliente-proveedor.

Existen costes cambios de partida que pueden asociarse a materiales perdidos (scrap de producto acabado o material de limpieza), horas de personal o de equipamiento. Pero quizá el coste más importante, ligado a la falta de capacidad antes citada, es el coste de oportunidad de la capacidad perdida, difícilmente evaluable como tal.

Respecto a los costes de almacenamiento estos son supuestamente altos (no hay que olvidar que el JIT recibe también el nombre de producción con cero stock). Sin embargo es difícil encontrar una empresa que tenga cuantificados estos costes. Más habitual es que la empresa tenga limitado la cantidad de días de stock acumulados para todos los productos que quiera mantener. Una sofisticación mayor del sistema radica en desear minimizar los niveles de stock cuando se alcanza el momento de una auditoría o de un control de stock.

Si bien las fechas de entrega como tales no existen en este sector, sí son relevantes las fechas de disponibilidad de materia prima, que forman parte del juego de restricciones a tener en cuenta. La materia prima se mantiene con niveles de stock bajos, lo que implica que hay que conocer cuándo se dispondrá de ella, para poder planificar la producción.

Por último hay que destacar que los tamaños de lote vienen también relacionados con las unidades de carga tanto en el volumen de producción (estampar hasta finalizar la bobina o llenar un rack de 200 piezas) como por la disponibilidad de las mismas. Más sofisticado es el caso donde hay que producir para liberar elementos de manutención de la materia prima.

4.3. Características básicas de un Sistema

El primero de los requerimientos de cualquier Sistema que pretenda planificar estabilidad. Requieren estabilidad los trabajadores, los equipos de mantenimiento y el sistema de aprovisionamiento. Estabilidad implica que si en el periodo precedente se programó una determinada actividad ésta no se cambie si no es imprescindible, aunque haya una solución disponible mejor.

El segundo de los requerimientos es Flexibilidad. Esto es la capacidad para adaptarse a cambios más o menos grandes, en los requerimientos, fundamentalmente de demanda, pero también de disponibilidad de maquinaria u otros recursos.

Por último, y relacionada con la falta de disponibilidad de datos fiables, un sistema que pretenda programar la producción debe generar soluciones robustas. Es decir que sean igualmente aceptables aunque los datos no fueran totalmente ciertos. Los datos pueden cambiar tanto por la demanda, como por el stock presente, como por la producción que finalmente se obtiene, pero también pueden verse modificados por la disponibilidad de materia prima o de racks de almacenamiento.

5. Caso de Estudio: Una Red de fabricación de piezas y conjuntos metálicos.

El caso de estudio se trata de una red de fabricación de piezas y conjuntos metálicos que ha ido creciendo por exigencias del mercado. Esta red está compuesta por distintos proveedores algunos de ellos compartidos y otros específicos. Resulta necesaria una gran comunicación entre la empresa matriz y los proveedores que hasta la fecha se realiza de modo telefónico principalmente.

5.1. Descripción del Sistema Productivo y Logístico

5.1.1. Procesos y Transporte entre Plantas

En la red de fabricación aparecen los tres tipos de procesos anteriormente mencionados, esto es, montaje, pintado o tratamiento químico y mecanizado. El proceso de soldadura es el que mayor peso tiene en el grupo de montaje y permite el ensamblaje entre piezas metálicas y entre piezas metálicas y piezas de plástico. Esto se realiza mediante robots de soldadura MIG, robots de soldadura multipunto y maquinas estáticas. También se disponen de discretas líneas de montaje manuales y automatizadas. Respecto al proceso de pintura, aparece distintos tipos de tratamientos superficiales sobre metal como son pintura cataforésica, pintura en polvo, zincado, cobreado y fosfatado. Respecto al proceso de mecanizado, en la red de fabricación aparece el proceso de corte y estampación que se realiza en prensas transfer (800-1250 Tn), prensas progresivas (400-500-600-800 Tn) y prensas manuales y progresivas (40 - 315 Tn).

La red de fabricación esta compuesta por varias empresas por lo que es necesario un control del transporte entre plantas. Con uno de los clientes se emplea como modo de transporte un conveyor o cinta transportadora entre plantas. El empleo de diferentes racks supone en este punto un modo de control de los productos. Aquellos productos semiterminados se almacenan siempre en unos racks o contenedores predefinidos, estando disponible en los sistemas de información con los que trabaja la empresa el nº de productos que se pueden almacenar en cada uno estos. Sólo el producto final se almacena en el embalaje establecido por el cliente y que debe ser suministrado por el mismo.

Por otro lado, un tema a considerar respecto al transporte es que la demanda de un cliente se intenta ajustar siempre al múltiplo inferior de la unidad mínima de embalaje, por asuntos de control de producción y de abaratamiento de costes de transporte. Esto en algunos casos puede ser complejo y necesitar de negociaciones intensas con diversos clientes

5.1.3. Demanda

La empresa recibe la demanda de sus distintos clientes de formas diversas. Estas demandas son generadas por los clientes a través de sus MRP. Existen clientes que generan estas necesidades con horizontes a largo plazo que puede abarcar hasta un año. Estas demandas continuas suelen abarcar periodos mensuales. Al margen de esto, la mayoría de clientes proporcionan una demanda discreta (día a día, o semana a semana) con una periodicidad diaria o semanal que informa de las necesidades previstas de cada uno de los productos y que es estable aunque no exacta de forma que en el día a día puede tener oscilaciones relevantes, aunque las desviaciones se anulan. Las demandas proporcionadas por los clientes pueden superar en algún momento la capacidad productiva de la red de fabricación objeto de estudio, por lo que resulta de elevada utilidad en estos casos una herramienta de planificación de producción que permita al sistema adelantarse a estas circunstancias y recurrir por ejemplo al *stock piling* o apilado de stock.

5.1.4. Inventarios y Capacidad Productiva

Respecto a los inventarios en muchas ocasiones los clientes de esta red de fabricación se ven obligados por programas corporativos o en ocasiones transcorporativos a políticas de cero inventarios. Una de las soluciones más comúnmente empleadas es el mantenimiento de estos inventarios en los almacenes de los proveedores, algo que afecta directamente a la red de fabricación objeto de estudio. Así resulta necesario establecer límites superiores e inferiores de stocks o inventarios de los distintos productos tanto en unidades como en días para su regulación.

Respecto a la capacidad productiva en la red de fabricación objeto de estudio, es una situación común que un mismo producto pueda producirse en diversas máquinas, aunque ello normalmente llevará consigo diversos ritmos de producción y distintos tiempos de preparación de máquinas. En los procesos de soldadura se da la situación de que ciertos permiten regular el número de piezas a soldar, apareciendo diversas combinaciones de soldadura de modo aislado o de modo conjunto.

Respecto al ritmo de producción y los distintos tiempos de preparación de máquinas es posible afirmar su característica de estocástico tanto por el efecto de aprendizaje de los operarios, como por posibles fallos en los productos resultantes por averías del sistema, o de los componentes.

5.2. Descripción del Entorno y Proceso de Programación de la Producción

5.2.1. Users y Stakeholders

En este caso el *user* o usuario es el jefe de producción que determina quién, cuando y como producir tomando como apoyo los sistemas informáticos de los que dispone la empresa. Para poder disponer de un control totalmente visual se dispone de un tablero de secuenciación que muestra para cada máquina las órdenes previstas y pendientes y la disponibilidad de materia prima de cada una de ellas.

Respecto a los *stakeholders* se pueden distinguir los trabajadores que en este caso pueden trabajar a tres turnos: mañana, tarde y noche. E incluso aparecería un turno de fin de semana que se intenta evitar junto con el turno de noche. Aparece el grupo de los propietarios de la empresa que pretenden obtener beneficios a corto y largo plazo, manteniendo bajo el nivel de inversión. Es por ello por ejemplo que busca subvenciones en organismos públicos para proyectos de investigación y desarrollo, que le permitan aumentar su rendimiento sin aumentar excesivamente los costes. Los equipos de apoyo y calidad aprovechan la estabilidad a medio plazo del sistema para establecer planes más o menos exactos de actividades de mantenimiento. También destacar el equipo de matricería que conforma el taller construcción de utillajes.

5.2.2. Proceso de Programación de la Producción

Se puede admitir que en el caso de estudio hay tres entornos donde la programación de la producción es completamente diferente.

a) *La programación de producción en estampación.* La cantidad de producto a fabricar en cada lote podría depender de la bobina o de restricciones ligadas a las unidades de embalaje o

a la carga de máquinas. Se puede estampar sólo cuando está disponible. Algunos aspectos relevantes a considerar son los siguientes:

- Un mismo pedido de materia prima puede venir con varias bobinas.
- Una máquina de estampación puede tener (20 referencias por máquina). Además las máquinas van muy cargadas de trabajo.
- Atención a los rechazos posteriores, y a los *stocks piling* (apilados de stock).
- Se divide el pedido de bobinas en bobinas individuales.
- Existencia de Recursos compartidos.
- Consideración de mantenimientos.
- Limitación de uso según disponibilidad de operarios.
- Recursos alternativos (Prensas sustituibles).

b) *La programación de producción en soldadura.* En la planta la soldadura funciona push Conforme van saliendo las piezas estampadas que se deben soldar en la misma planta empieza el proceso de soldadura. Este método es utilizado ya que la mayoría de las piezas que deben soldarse en esta planta tienen máquinas propias. Las máquinas son exclusivas, esto es disponibilidad del 100%. Algunos aspectos relevantes son los siguientes:

- La demanda.
- El plazo de decalaje.
- El posible stock piling.
- Lote mínimo de fabricación debido a la existencia en ocasiones de set-up.
- Tiempo de cambio de partida.
- Cantidad de componentes disponibles en almacén.

Se debería adoptar un criterio de programación periódica, con niveles (s,S) calculados en función de los tamaños de la unidad de embalaje de salida (o incluso de otra unidad de embalaje). Es necesario disponer de material y de recursos, lo que obliga a su planificación, de otro modo bastaría con un calendario manual. Es posible que se quiera definir en función de un valor de cobertura temporal, más que de un valor numérico.

c) *La programación de producción para empresas que trabajen sobre lotes definidos.* Dada una fecha de recepción del material que entra y una fecha de entrega del material que sale, se trataría de establecer cuando se debe fabricar el citado lote. Esto es el modo habitual de programación de producción en las empresas pequeñas de la red.

6. Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación.

En este artículo se describen en detalle aquellos aspectos relevantes en la Programación de Producción en empresas suministradoras del Sector del automóvil, que sientan la base de los requerimientos funcionales que se deben considerar en el diseño de herramientas de Programación de Producción en ese entorno. Las futuras líneas de investigación abarcan el desarrollo en detalle de las pautas establecidas, así como las modificaciones en aspectos más estratégicos de la red de fabricación.

Referencias

Manufature Comission.High Level Group (2004). *Manufuture: A vision for 2020.*

Monden (1994). *El Sistema de Producción Toyota.* Chapman Hall. 1994