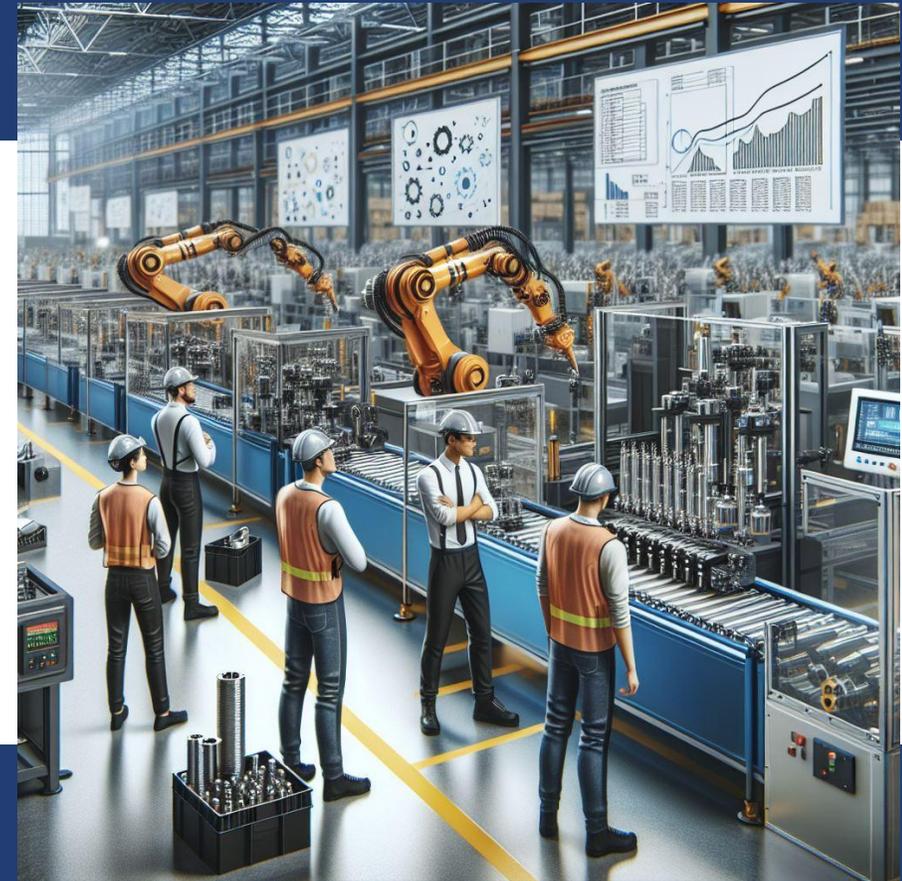




Universidad
Zaragoza

Tema 3. Planificación y Programación de la Producción.



Introducción

Introducción

En el capítulo anterior hemos visto cómo se definía y estructuraba el **producto** a fabricar y como se documentaban los materiales, piezas unitarias y componentes necesarios que lo conforman. Esta parte respondía a la pregunta **qué fabricar**.

Ahora que sabemos todas las piezas que entran en juego en la fabricación, trataremos, en el presente capítulo, de responder a las preguntas sobre **cuánto fabricar y cuándo**, es decir, cómo planificar la actividad productiva, teniendo en cuenta tanto el acopio de materiales como la planificación de la producción.

La planificación de la producción se puede definir como la organización y coordinación de los medios y recursos productivos de forma que se satisfice la producción de unos determinados bienes en un horizonte temporal dado de una forma optimizada.

Para realizar una buena planificación de la producción, se tiene que tener en cuenta y analizar una serie de datos e informaciones como la capacidad de producción, disponibilidad de recursos, niveles de inventario, materias primas necesarias, plazos de entrega, etc. con las que sacar conclusiones que se traduzcan en planes, acciones, flujos de información que permitan la administración de operaciones de manufacturas para cumplir el objetivo fijado.

Planificación de la producción. La demanda.

La previsión de la demanda

Antes de planificar la producción, como es lógico, necesitamos definir la **cantidad** de productos que hay que fabricar en un determinado periodo de tiempo. Es decir, tenemos que realizar una previsión de la demanda que el mercado tendrá de nuestros productos.

Existen muchas metodologías para realizar el **pronóstico de la demanda** de la producción que tienen en cuenta diversos factores para predecir qué cantidades de pedidos se espera recibir.

En empresas que producen bienes de consumo básico o en algunas de consumo discrecional, algunos de estos factores pueden ser tan variados como los datos históricos de ventas por época del año, el clima, factores sociales, factores geopolíticos, etc. Un ejemplo clásico sería prever tener más demanda de bebidas refrescantes en épocas de calor o festivas, o aumento de la demanda de ciertos productos textiles en función de tendencias sociales o de modas.

En el ámbito de la fabricación mecánica, los factores pueden ser ciertamente distintos. Dependerán, obviamente, del tipo de producto que se realice, pero su demanda esperada puede tener que ver más con la capacidad de los departamentos de ventas de adjudicarse proyectos o pedidos, de la proximidad a otras fábricas del sector que necesiten nuestro tipo de productos o a inversiones sectoriales que supongan un incremento en la necesidad de fabricación de infraestructuras y maquinaria, por poner algún ejemplo.

Planificación de la producción. La demanda.

Métodos para pronosticar la demanda

Los **métodos** disponibles para hacer una previsión de la demanda son muy amplios están fuera del alcance de este curso, pero en general tienen que ver con:

- Análisis de los **datos históricos de demanda** y, en base a eso, su proyección futura (sería un método **cuantitativo** que usa **series temporales** para predecir la demanda).
- En combinación con lo anterior, si se conoce además que la demanda está influenciada por **factores externos** (como el clima, que hemos comentado anteriormente), se puede incluir en el análisis el estado de estos factores, que puede ser conocido, para modular la previsión de la demanda*. (en este caso, se denominan métodos **causales**)
- Usar el resultado de **estudios de mercado** u otras fuentes de información, cuando no se disponen de esos datos históricos o son insuficientes (por ejemplo, en productos novedosos con poco recorrido en el mercado; serían los llamados métodos **cuantitativos**).

* Nota: La dependencia de la demanda con factores externos no es propiedad en exclusiva de sectores del sector del consumo básico o discrecional como la alimentación o la moda. El sector industrial y los bienes que producen, pueden ser también dependientes de factores externos (y seguramente casi todos lo sean), como el precio de las materias primas, de la energía o de los tipos de interés que afectan a las inversiones.

Planificación de la producción. La demanda.

Característica de la previsión de la demanda

Aunque no hayamos profundizado en los métodos con los que se obtiene el volumen de productos que esperamos que el mercado demande de nuestros productos, debemos ser conscientes de algunas **características que tienen en general todas las previsiones**:

- Todas las previsiones tendrán un **error** (siempre existe un grado de **incertidumbre** en los pronósticos).
- Cuando los análisis se hacen en base a **datos generados por los clientes** o potenciales clientes, las previsiones serán más acertadas que si se hacen en base a elementos de la cadena de suministro más alejadas del cliente final, puesto que estos elementos pueden tener influencia de otros factores además de nuestros clientes finales. Destacar, además, como se ha mencionado anteriormente, que sobre la demanda de los clientes finales tenemos cierto poder de influencia (a través de acciones comerciales, promociones, publicidad, descuentos, etc.)
- El error también será menor cuando **agrupamos** productos (familias de productos o segmentos) que cuando tratamos de predecir la demanda de un producto final muy concreto o específico.
- Las predicciones serán más acertadas en el **corto plazo** que en el largo plazo (como resulta obvio, puesto que la incertidumbre de la realidad es mayor cuanto más a futuro miremos).

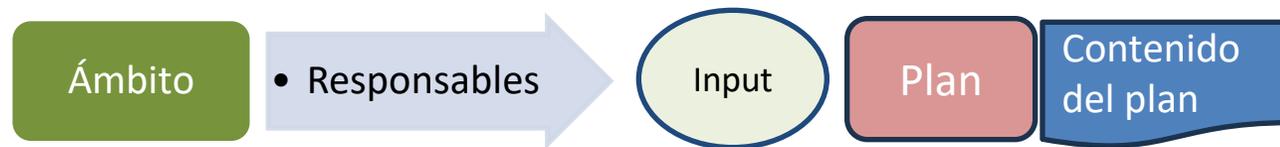
Planificación de la producción. Niveles de planificación.

De la demanda a la planificación de la producción

Una vez tenemos la demanda de nuestros productos estimada, podemos comenzar con los procesos de **planificación de la producción**.

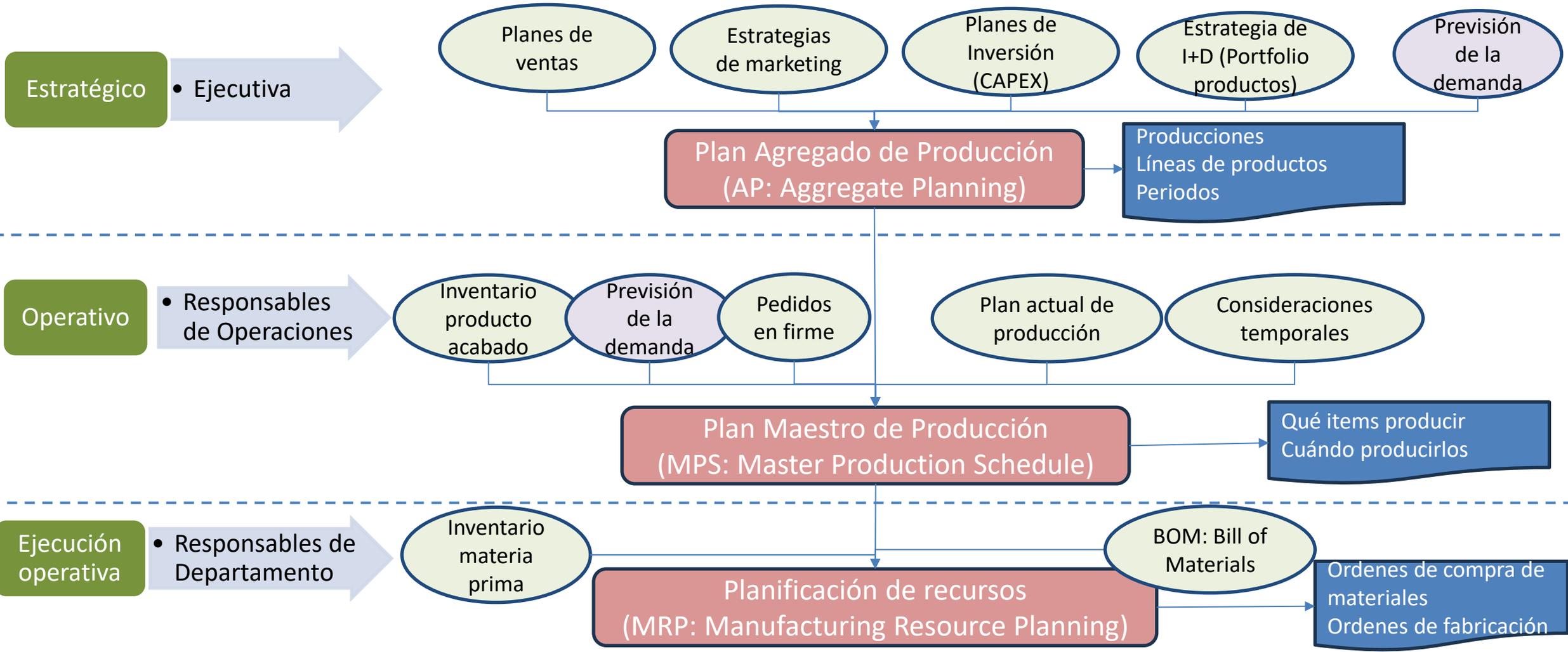
Se pueden establecer distintos niveles de planificación, de los más generales a los más detallados; cada uno tiene su denominación. En la siguiente diapositiva se presenta un esquema donde se pueden ver las distintas planificaciones de producción. En las diapositivas posteriores al esquema, se profundizará un poco más en cada uno de los planes.

El esquema de la siguiente diapositiva tiene la siguiente leyenda:



Planificación de la producción. Niveles de planificación.

Esquema: Planes de producción



Planificación de la producción. Descripción de los planes.

Plan Agregado de la Producción

- El primer nivel, más general, responsabilidad de la alta ejecutiva, tendría en cuenta la **estrategia** de la compañía en cuanto a producto y producción se refiere: qué demanda se quiere satisfacer, que segmento, dónde posicionarse, con qué estrategia de marketing y ventas y también con qué planes de I+d en cuanto a creación de nuevos productos. En el esquema se han mostrado 4 elementos estratégicos, pero podría haber más inputs a considerar en esta etapa.
- Pretende proporcionar visibilidad a largo plazo de la demanda y gestionar la capacidad de la empresa para atenderla. El objetivo es por tanto alinear los distintos planes y las estrategias de la empresa de **equilibrar** la capacidad productiva con esa demanda de lo cual se desprenderá información importante como costes relevantes y necesidades macro de la organización a largo plazo.
- El horizonte temporal que contempla depende de muchas cosas como el tamaño de la empresa, pero puede ir desde los 3 a 8 meses hasta los 2 a 3 años vista.
- CAPEX se refiere a Capital Expenditure o gastos de capital. Se trata de inversiones en activos, a menudo para ampliar las capacidades productivas de la empresa. Otro termino relacionado es el OPEX, Operational Expenditure, gasto en operaciones diarias de la empresa, que se refiere a los gastos necesarios para hacerla funcionar día a día. Estos no irían en este apartado.

Planificación de la producción. Descripción de los planes.

Plan Agregado de la Producción

- La **previsión de la demanda** se ha situado tanto en el nivel de planificación agregada como en el siguiente nivel, de plan maestro de producción (con otro color, para destacar esta duplicidad). Normalmente es un input del siguiente nivel de planificación, pero podría tenerse en cuenta en este nivel también desde el punto de vista estratégico y, en cualquier caso, se tienen en cuenta las previsiones y tendencias temporales a lo largo del ciclo contemplado.
- Los volúmenes de producción y los productos a producir que se desprendan de este plan son **agregados**, es decir, no detallados en modelos completos. Serían solo familias de productos o ítems genéricos.

Por ejemplo, en una empresa que fabrique motores de combustión, en este punto, tal vez se definan cuantos diésel y cuantos gasolina fabricar, pero no se detallaría de qué potencia cada uno o con qué opciones. La razón es que fabricar un modelo en concreto u otro no tiene mayor importancia en términos de planificación de capacidades en estos niveles de estrategia y decisión. De la misma forma, cuando se habla de recursos en este nivel, no se trata de elementos detallados, sino de familias de recursos o incluso infraestructuras necesarias.

Planificación de la producción. Descripción de los planes.

Plan Agregado de la Producción

- La forma en la que se pretende alcanzar ese equilibrio entre demanda y capacidad productiva puede tener 2 **enfoques** principalmente (o un enfoque híbrido entre estos dos):
 - Sistema de **seguimiento, persecución (chase) o alcance**: Busca satisfacer la demanda ajustando la capacidad de producción mediante la variación de los distintos recursos que tenemos para influir en la capacidad productiva (horas extra, incremento de plantilla temporal, externalización o subcontratación de parte del proceso, etc.).
 - Sistema de **nivelación (level), equilibrio o capacidad constante**: Tiene un enfoque orientado a los costes en los que se trata de optimizar y ajustar la capacidad productiva para un máximo aprovechamiento, en decremento de flexibilidad para atender variaciones en la demanda y jugando con los niveles de stocks. En estos casos se puede tratar de influir en la demanda mediante herramientas que también en manos de la empresa como las comerciales (promociones, escalado de red comercial, políticas de cambio de plazos de entrega).

Esto permite seguir fabricando una cantidad constante, determinada como optima, aunque hay menos pedidos (aumentando el stock) y seguir fabricando esa misma cantidad, aunque incremente la demanda, usando entonces el balanceo de stocks que sirve como pulmón. Lógicamente, es una opción principalmente si la demanda tiene un alto grado de estabilidad y esas variaciones de demanda no hacen que se caiga ni en rotura de stock ni inventario que exceda la capacidad de almacenaje prevista.

Planificación de la producción. Niveles de planificación.

Plan Maestro de la Producción

El plan maestro recoge los datos que le proporciona el plan agregado de la producción que, principalmente, son:

- qué cantidades producir
- de qué familias de productos
- en qué periodos (normalmente especificado en meses en el agregado, que se detallará en semanas en este nivel)

Y le añade más capas de información (las descritas en el diagrama anterior), además de información del corto plazo confirmada. Algunos ejemplos sobre información adicional o consideraciones que se tienen en cuenta en este punto son:

- Pedidos ya consolidados y pronósticos, detallados por modelo de productos.

- Días laborables con los que cuenta el periodo en que hay que fabricar los distintos productos
- Stock disponible, al inicio del periodo de planificación, de producto acabado
- Cualquier otra consideración que afecte a la capacidad de atender la demanda o al tiempo necesario para hacerlo.

Se puede encontrar, en la literatura técnica sobre este tema, distintas tipologías de plan maestro de la producción, en el sentido de incorporar más o menos información, pero como mínimo, el plan maestro cumple estos 2 cometidos: detalla los productos a fabricar (los desagrega de la familia de productos) y los planifica en una unidad de tiempo menor (meses → semanas)

Planificación de la producción. Niveles de planificación.

Plan Maestro de la Producción

El resultado final es un plan más detallado, un plan de producción con un horizonte temporal inmediato (siguientes X semanas) en el que se especifica:

- Secuencia de producción: Qué se va a fabricar cada semana/día, dependiendo de que temporalidad se elija (típicamente será semanal).
- Cantidades que se van a fabricar de cada modelo exacto de producto.

Estas cantidades parten principalmente del **stock inicial disponible**, de conjunto acabado, de cada producto y de la coherencia del cumplimiento con el plan agregado superior más los pedidos en firme consolidados incorporados al cálculo.

Este plan es por lo tanto la **interfaz** entre el exterior (demanda de los clientes) y la producción de la empresa.

Por lógica, el horizonte temporal que debe contemplar el plan maestro de producción debe ser como mínimo el tiempo total necesario para producir el producto que se está planificando: Es decir, si nuestro producto A se compone de los subconjuntos B y C, y suponiendo por ejemplo que B y C no se pueden producir a la vez, si no que se ha de producir secuencialmente (primero B y luego C), si el tiempo de producir B es una semana, el tiempo de producir C es media semana y el tiempo de ensamblar B y C para formar A es de 2 semanas, el horizonte temporal mínimo del plan maestro será de $1 + 0,5 + 2 = 3,5$ semanas.

Planificación de la producción. Niveles de planificación.

MRP: Planificación de recursos de manufacturas

Ya tenemos un plan sobre que productos en concreto fabricar y cuantos cada semana. Ahora debemos poner los recursos necesarios (personas y máquinas) y alimentarnos con materia prima y componentes. De este último paso de planificación se encarga el **MRP** (Manufacturing Resource Planning).

Para poder calcular esto, en este paso se tiene que incorporar necesariamente la información del **inventario** de materias primas y piezas unitarias y los listados de estructura de producto (**BoM**) de los productos que tenemos que fabricar, a los que se dedico buena parte del capítulo anterior debido a la importancia que tiene para este último nivel de planificación.

Aunque en el esquema de la página 8 no se especifique, en la información que se incorpora al plan va intrínseca los datos sobre **plazos de entrega**, tanto de producto final como de la materia prima que se ha de pedir. De hecho, el principal objetivo de este plan es **emitir las ordenes de fabricación** de nuestros productos y la **ordenes de compra** de materias primas para que, en el momento de ponerse a fabricar los productos, todo lo necesario esté disponible.

Es decir, si he de fabricar 5 unidades de producto A la semana 10, y el producto A requiere 2 Kg de material B, que tiene un plazo de entrega de 2 semanas y el stock actual es 0, se debe generar la orden de compra del material B en la semana 8.

En toda esta operativa, se tendrán en cuenta otros condicionantes como por ejemplo el **lote mínimo** (tanto de producto a fabricar como de pedido mínimo que nos admiten los proveedores de materia prima).

Planificación de la producción. MRP.

MRP: Planificación de recursos de manufacturas. Consideraciones

Algunos aspectos importantes para caracterizar el sistema MRP correctamente:

- El MRP calcula, en base a datos como demanda de productos, listas de materiales, inventarios, lotes mínimos de producción y de pedido y plazos de entrega, qué productos fabricar y cuándo, pero no tiene en cuenta la capacidad de producción (esto debe venir dado desde las cifras macro del plan agregado y plan maestro).
- El MRP es un sistema de demanda dependiente que conecta con la demanda independiente externa:
- **Demanda Independiente** es la proviene de circunstancias ajenas a la empresa: La demanda de los clientes es independiente (podemos influir con acciones comerciales, pero no depende de nosotros).
- **Demanda Dependiente** es debida a decisiones de la empresa: Las ordenes de fabricación que la empresa determine lanzar en base a la previsión de la demanda, son dependientes (puesto que la empresa determina en que cantidad satisfacerlas y si hacerlo en ese número exacto, o asumiendo que la previsión tiene margen de error por exceso o por defecto).

Una vez determinada que cantidad fabricar (demanda dependiente), la cantidad de productos a pedir (en base al BOM, que es lo que hace el MRP) es demanda dependiente. Esto se recalca porque a partir de aquí (demanda dependiente) se dejan de usar modelos estadísticos, más allá de los ajustes que puedan hacer los algoritmos de machine learning que luego mencionaremos.

Planificación de la producción. MRP.

MRP: Planificación de recursos de manufacturas. Consideraciones

- MRP es un sistema “Push” (empuje), puesto que se inicia la fabricación en función del deseo de tener unas determinadas cantidades de conjuntos acabados, que se determinan en función de una previsión de demanda esperada (es decir, como anticipación a los pedidos de los clientes).

Lo contrario sería un sistema “Pull” (arrastre) en el que el iniciador de la fabricación serían los pedidos reales.

En el siguiente capítulo, dedicado a Lean Manufacturing, se verá con detalle este sistema y la filosofía en la que se sustentan.

Complejidad:

Aquí estamos exponiendo casos simplificados que nos ayuden a explicar el concepto y la esencia de cada uno de los sistemas presentados, pero en la realidad de las empresas manufactureras, se darán situaciones más complejas en las que estos sistemas adquieren mayor importancia, como por ejemplo, manejar la demanda de un componente que pueda ser usado en varios subconjuntos (y por lo tanto, su demanda dependa de la suma de las demandas de ambos subconjuntos de forma dependiente) pero que también se suministre de forma individual como repuesto (teniendo entonces, además, un componente de demanda independiente).

Planificación de la producción. MRP I, II y Puntos de pedido.

MRP I y II: De “*Material Requirements*” Planning al “*Manufacturing Resource*” Planning

Un poco de historia:

El sistema MRP ha tenido su evolución a lo largo del tiempo. Nace en la década de 1960 y originalmente se centraba en exclusiva en planificar los **requerimientos de materiales**; simplemente, partía de la demanda de productos finales y calculaba la previsión de necesidad de materias primas. Esto no hubiera sido posible si la existencia del BOM, que es por tanto algo anterior al MRP. Hay varias empresas que se suelen citar como las primeras empresas usuarias de este sistema (Rolls Royce en su vertiente de fabricante de motores para aeronáutica, Black & Decker, etc.), y parece haber más consenso en que IBM jugó un papel importante proveyendo capacidad computacional a la solución.

A partir de los años 70-80, evoluciona y amplía el espectro de su planificación más allá de solamente materiales a **Recursos de Manufacturas** (a estos sistemas se les llamó **MRP II**). Más adelante, alrededor de los 90, todo esto evolucionaría hasta los actuales **ERP** (Enterprise Resource Planning, Planificación de recursos empresariales) que integran los requerimientos de todas las áreas funcionales de la empresa (concepto que se mezcla con los gigantes del software como SAP, Oracle, Infor, etc. que son quienes proporcionan el software para la gestión de forma interrelacionada todos los recursos empresariales).

Anteriormente, se trabajaba principalmente con **puntos de pedido** o de re-orden fijos: Es decir, básicamente, se fijaba un stock mínimo para cada material y una vez agotadas las existencias por debajo de ese umbral, se lanzaban los pedidos correspondientes.

Planificación de la producción. MRP I, II y Puntos de pedido.

La ventaja del MRP frente al punto de pedido

La mejora entre el punto de pedido y el sistema MRP es clara en cuanto a la optimización del stock (y se debe entender el stock como algo a minimizar siempre, aspecto que veremos en el capítulo de Lean Manufacturing).

A continuación, se muestra de forma gráfica cómo cambia el tiempo que se tendrá en stock un determinado componente según los antiguos métodos de puntos de pedido fijos en comparación con un sistema MRP que emite las ordenes de pedido en base a cuando se van a necesitar.

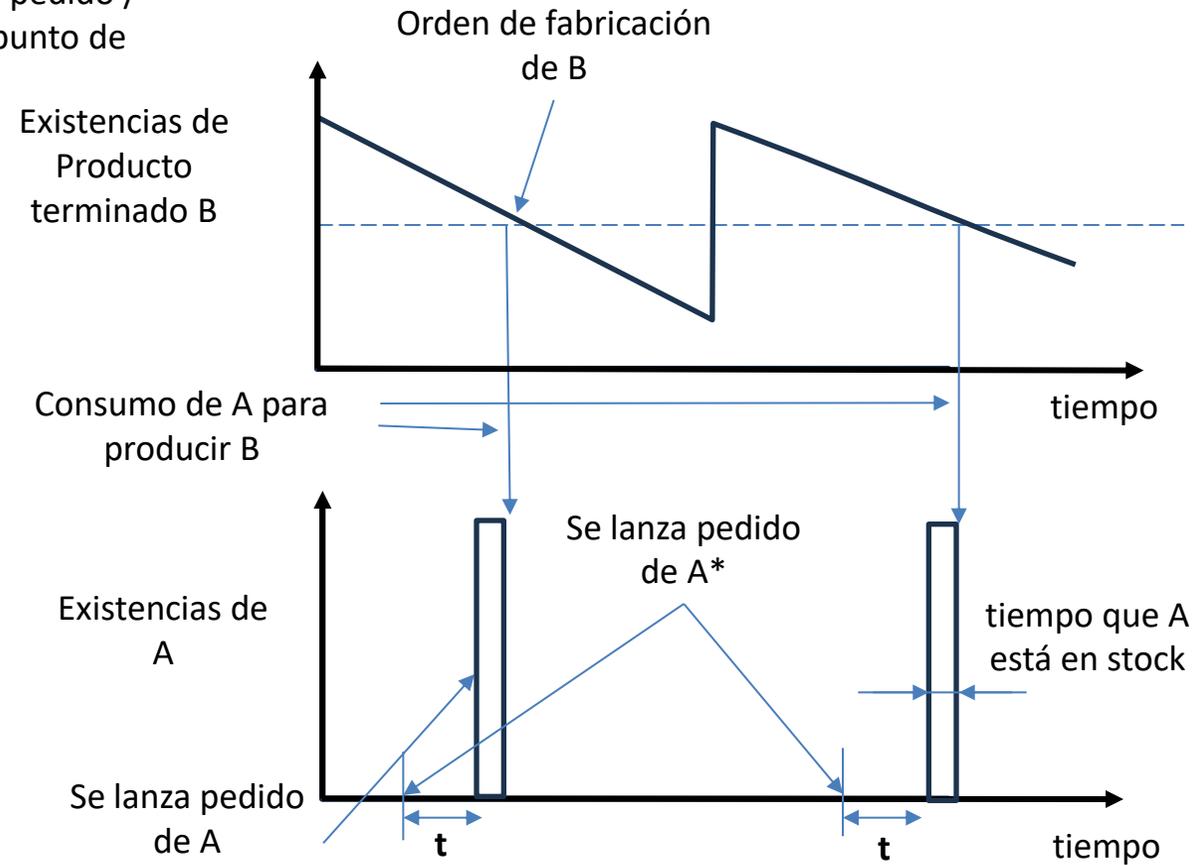
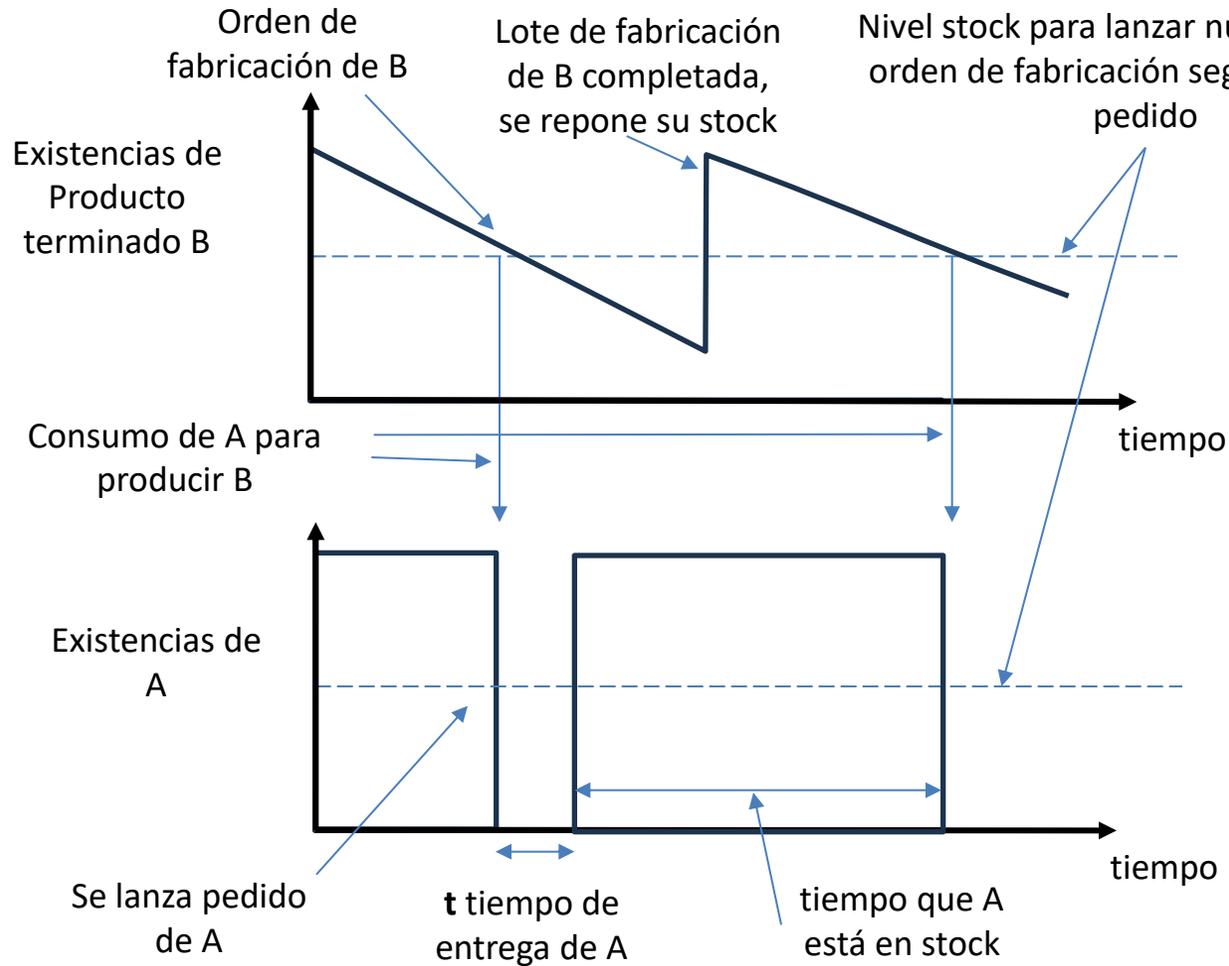
Supongamos que tenemos un componente A que se usa en el producto terminado B. Si se sigue el sistema de puntos de pedido, el componente A se pedirá en cuanto su stock baje de un determinado umbral fijado por la compañía. Lo mismo ocurrirá con el producto B; es decir, cuando el stock de B baje de un determinado punto, se lanzará una orden de fabricación de una cantidad determinada de B (el lote que se decida como óptimo), lo cual es lo que genera de forma inmediata el consumo de A que hemos mencionado (Al ser demanda dependiente de B).

Por tanto, si se pide bajo orden de pedido fijo, A se pedirá en cuanto su stock baje, se esperará t días (su plazo de entrega habitual) y el stock estará en los almacenes hasta que se vuelva a fabricar un lote B que genere consumo de A.

Sin embargo, si se usa un sistema MRP para A, el pedido de A se hará t días antes de que se vaya a usar por parte del conjunto final B, llegando, idealmente, justo a tiempo para ser usado, minimizando tiempo que el stock está en planta.

Planificación de la producción. MRP I, II y Puntos de pedido.

La ventaja del MRP frente al punto de pedido



*El pedido de A se lanza con antelación a la orden de fabricación B en base a la información de previsión de demanda input del sistema MRP

Planificación de la producción. Niveles de planificación.

MRP e industria 4.0

Aunque la industria 4.0 tendrá un capítulo dedicado, podemos adelantar aquí algunos apuntes respecto a innovaciones que las nuevas tecnologías aportan a todos los sistemas.

En el caso de los sistemas MRP, cuyo fundamento es ajustar las cantidades y los tiempos de ordenes de pedidos y de fabricación, los actuales proveedores de software para esta parte de la gestión de fabricación aseguran incorporar herramientas internas de machine learning y posibilidades de conectividad para sistemas de internet de las cosas industrial (IIoT: Industrial Internet of Things).

- Con algoritmos de Machine Learning, los sistemas pueden afinar en el acierto de sus predicciones tanto en la demanda como en los consumos y pedidos de materia prima. Imaginemos un sistema que es capaz de aprender del histórico de situaciones que se pueden dar en la operativa diaria (por ejemplo, plazos de entrega que habitualmente se retrasen cuando se dan ciertas circunstancias, producciones con altos niveles de rechazo por calidad que requieran más materia prima para fabricar una cantidad de conjuntos acabados determinada, etc.).
- Internet de las cosas industrial, entendido como la conectividad de todos los elementos del sistema productivo, permite comunicar e informar, en tiempo real, al sistema MRP del estado de las producciones en cantidad y tiempo para un mejor ajuste en la emisión de ordenes de fabricación y pedido, sin esperar conteos posteriores de inventario, etc.

Planificación de la producción. Herramientas.

Herramientas: Programación lineal

Como se ha mencionado en su correspondiente apartado, el Plan Agregado de la Producción es un primer ejercicio de planificación en el que se busca equilibrar la demanda y la producción optimizando los recursos bajo una determinada estrategia. Un método de uso en esta fase es la programación lineal. Mediante la programación lineal, los planificadores pueden determinar, mediante funciones matemáticas, cuál es la planificación óptima en base a unos datos dados. Esto se hace formulando la función que se pretende resolver (por ejemplo, minimizar el coste de fabricación o maximizar la utilización de ciertos recursos) y añadiendo las restricciones (por ejemplo, las horas máximas disponibles en una determinada máquina).

Un ejemplo sencillo, solo para exponer la formulación, podría ser el siguiente:

Una empresa tiene dos centros de mecanizado con distintas herramientas, M_a y M_b , que disponen de 16 horas al día de capacidad productiva (2 turnos). El precio hora-máquina en el centro M_a es 4€/h mientras que en el M_b es 6€/h. El centro M_a tiene capacidad para producir 10 piezas/horas mientras que el M_b puede producir 15 piezas a la hora. Necesito producir al menos 300 piezas al día (el día son 16h, que equivale a 2 turnos de trabajo) minimizando el coste.

Planificación de la producción. Herramientas.

Herramientas: Programación lineal

El enunciado nos da los datos principales:

Centro de mecanizado	Horas al día disponibles	Coste hora-máquina	Capacidad productiva
Ma	16h	4 €/h	10 piezas/hora
Mb	16h	6 €/h	15 piezas/hora

Para plantear este problema, plantearíamos las variables que queremos resolver, que en nuestro caso serían H_a (horas de producción en el centro de mecanizado A) y H_b (horas en el centro B). Sabiendo el coste-hora de producir en A y en B y sabiendo que lo que queremos es minimizar el coste, plantearíamos la siguiente función:

$$\text{Minimizar } Z, \text{ siendo } Z = 4H_a + 6H_b$$

Con las siguientes restricciones / condiciones:

- Piezas fabricadas entre los dos centros, deben ser al menos 300:

$$10H_a + 15H_b \geq 300$$

- Horas máximas en cada centro de mecanizado, 16h (a lo que se le añade que las horas no pueden ser negativas):

$$0 \leq H_a \leq 16 ; 0 \leq H_b \leq 16$$

Planificación de la producción. Herramientas.

Programación lineal. Soluciones y condiciones

Este tipo de problemas de programación lineal se pueden resolver de varias formas, como, por ejemplo:

- Con la herramienta Solver en Excel.
- De forma gráfica: Mediante la representación gráfica de las restricciones, se genera la región donde es factible la solución.

En nuestro caso, sería: $10H_a + 15 H_b = 300$ (producción mínima)

Para dibujarlo, calcularíamos el punto cuando $H_a = 0$ y cuando $H_b = 0$

$$H_a = 0 \rightarrow 15H_b = 300; H_b = 20$$

$$H_b = 0 \rightarrow 10H_a = 300; H_a = 30$$

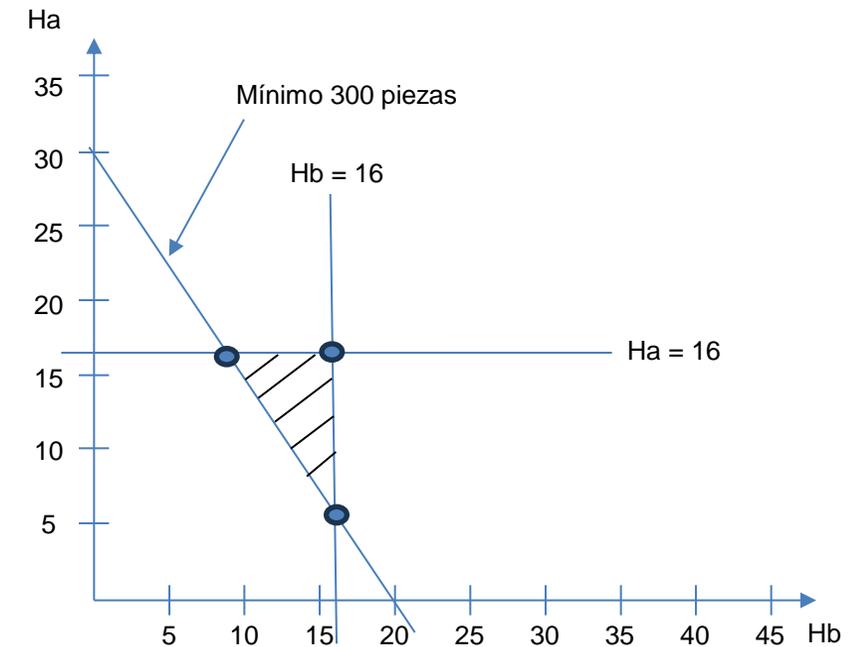
- Calcularíamos la función en los vértices:

$$\text{Cuando } H_a = 16 \rightarrow 10 \cdot 16 + 15 H_b = 300; H_b = 9,33$$

$$\text{Cuando } H_b = 16 \rightarrow 10H_a + 15 \cdot 16 = 300; H_a = 6$$

- A continuación, se evaluaría la función objetivo (Z) en cada punto extremo

factible: (H_a, H_b) : $(16, 16)$; $(16, 9.33)$; $(6, 16)$ y se determinaría dónde se minimiza (en este caso).



Planificación de la producción. Herramientas.

Programación lineal. Soluciones y condiciones

En nuestro caso, sería:

$$\text{En } (H_a, H_b) = (16, 16); Z = 4H_a + 6 H_b; Z = 160$$

$$\text{En } (H_a, H_b) = (16, 9.33); Z = 4H_a + 6 H_b; Z = 119,98$$

$$\text{En } (H_a, H_b) = (6, 16); Z = 4H_a + 6 H_b; Z = 120$$

Como buscamos minimizar, lo óptimo sería producir 16 horas en el centro de mecanizado A y 9,33 en el centro de mecanizado B, obteniendo un coste total de horas-máquina de 119,98 € y produciendo $16 \cdot 10 + 15 \cdot 9,33 = 299,95$ piezas, que habría que redondear al alza, incrementando las horas del centro de mecanizado A por encima de 9,33 hasta acabar la pieza que se estuviera fabricando en ese momento, asumiendo que no se pueden dejar piezas inacabadas.

Planificación de la producción. Herramientas.

Programación lineal. Soluciones y condiciones

Para resolver mediante esta programación lineal se han de cumplir una serie de condiciones:

- Debe existir linealidad, es decir piezas fabricadas si producimos el doble de tiempo, produciremos el doble de piezas, etc.
- Lo que producen los recursos debe ser homogéneo, es decir, todas las horas tienen la misma capacidad productiva, todas las piezas fabricadas en una misma máquina son iguales, etc.
- Se tiene que poder dividir en partes los recursos. Cuando esto no sea posible (por ejemplo, emplear a media persona o media máquina), se modifica el planteamiento para obtener enteros (como en el ejemplo citado anteriormente).

Planificación de la producción. ERP.

ERP: Enterprise Resource Planning

A lo largo del capítulo hemos hablado de los datos de los que se deben alimentar las planificaciones y de como con esos datos se toman decisiones de producción que se traducirán en acciones como emisión de ordenes de fabricación, pedidos de materias y componentes a proveedores, asignación de recursos internos, imputación de horas, costes, etc. Desde los primeros sistemas enfocados únicamente a la gestión de materiales (MRP), evolucionando hasta los que gestionan además recursos (MRP II) e incorporando otros sistemas de gestión individualizada de ciertos departamentos, como puede ser un SCM (Supply Chain Management) o CRM (Customer Relationship Management) y añadiendo funciones de más departamentos, como finanzas, recursos humanos, etc., se llega a los sistemas ERP.

Un ERP (Enterprises resource planing) es un sistema de planificación de recursos empresariales que aglutina todas estas funciones en un único sistema interconexionado. Estamos hablando de softwares de gestión que integran y comunican los distintos módulos o subsistemas que cada área de la empresa necesite para su operativa y que lo alimenta con las fuentes de datos necesarias.

Estos sistemas integrados han permitido pasar de tener fotos fijas de situaciones en un determinado momento (por ejemplo, stocks, pedidos en firme) a poner a disposición flujos de información conectada que habilitan la planificación continuada a largo plazo y la opción de optimización.

Planificación de la producción. ERP.

ERP's: Softwares de gestión

Como se puede intuir, los softwares que aglutinan todas estas funcionalidades son enormemente complejos y afectan a todos los departamentos y operativa. Las compañías que los ofrecen son gigantes tecnológicos que en ocasiones tiene el ERP como su único producto.

No se trata de un software al uso que instalas, pagas la licencia, recibes una formación y te pones a manejar, sino que requiere de una larga labor de consultoría por parte de la empresa instaladora (a veces no es la propia empresa desarrolladora del software sino grandes consultoras especializadas en la implantación de estos paquetes de soluciones) para conocer la operativa de la compañía que lo va adoptar, sus necesidades de flujos de información, módulos necesarios según los departamentos, configuraciones, arquitectura del sistema, pruebas, migración de datos. Estamos hablando de un proceso que, para una empresa con varias plantas productivas con cierta envergadura puede implicar el trabajo dedicado tanto de consultores como de personal propio de la empresa (normalmente designados como Key Users por cada departamento funcional) durante más de uno o dos años y suponer un coste superior al millón de euros.

Planificación de la producción. ERP.

ERP's: Softwares de gestión. Módulos

Para dar una idea de cuantas funciones se continuación, otorgan a estos sistemas de gestión continuación, por lo tanto, también de la complejidad que implica, a continuación se citan algunos de los módulos (que vendrían a ser algo similar a subprogramas) que estos sistemas ERP ofrecen de manera genérica. Dentro de esos módulos habrá diversas funciones, bases de datos, informes, etc.

- Finanzas (Libro mayor, cuentas por cobrar, cuentas por pagar, etc.)
- Controlling (Costes)
- Proyectos (Especificaciones, datos, planificaciones, ejecución, entregables, aprobaciones, costes)
- Flujos de trabajo (control de secuencia de actividades, trabajos, procesos y documentos)
- Recursos humanos (personal, nóminas, horas, cualificaciones, certificados, compensación, beneficios)
- Mantenimiento (ordenes de trabajo, repuestos, consumos)
- Manufacturas (BoM, MPS, ordenes de producción, capacidades, asignación de recursos, materiales)
- Almacenes (inventarios, compras)
- Ventas (pedidos, facturación, márgenes)

Planificación de la producción. Estrategia

Anexo I. Make or Buy

Durante estos capítulos hemos estado hablando indistintamente de fabricación de piezas y de compra de componentes, pero ¿Cómo se decide qué piezas fabricar y qué piezas comprar? Este proceso de decisión estratégica es uno de los ejercicios que se realiza siempre en las etapas iniciales de los proyectos de industrialización, una vez se conoce el BoM de nuevos modelos y se llama Make or Buy.

Se trata de un proceso guiado en el que, desde el punto de vista estratégico, se decide qué componentes fabricar internamente (in-house) y qué componentes comprar a proveedores externos (vendor parts).

Se ponderan varias características como:

- Coste fabricarlo en interno vs. Coste de compra
- Capacidad productiva
- Capacidad tecnológica

Existen muchos otros factores que entran en juego, pero estos son los que más peso tienen: si el componente requiere de una tecnología de fabricación ajena a la naturaleza de la empresa (por ejemplo, una empresa de soldadura no tendrá equipamiento para hacer piezas de estampación, ni personal con conocimientos técnicos. Podría acometer esa inversión, pero necesitaría espacio y retornar el capital de la inversión, lo que requiere llenar la capacidad.

Planificación de la producción. Estrategia

Anexo I. Make or Buy. Integración vertical

Cuando la empresa decide incorporar otros procesos de su cadena de suministro para realizarnos internamente, se llama **integración vertical**. En una primera aproximación, puede parecer tener sentido hacerlo, desde el punto de vista del beneficio. Es decir, pensándolo en primera persona, si compramos una pieza a una compañía externa, esa compañía está ganando dinero (el margen de beneficio) por ella. Se puede pensar hacerla en interno para quedarnos ese beneficio además de ahorrar los costes logísticos que también carga el proveedor que nos la proporciona. Sin embargo, no es tan sencillo. Un proveedor de piezas puede ser muy rentable haciéndolas por economía de escala (porque nos las suministra a nosotros y a otras empresas como nosotros), es decir, está especializado, tiene volumen y tiene el conocimiento y la optimización para ser competitivo.

Realizarla en interno solo para nuestro volumen y teniendo que invertir en tecnología y capacidad productiva puede resultar en que no seamos capaces de hacer la pieza a un menor coste del que la compramos, aún quitando como decíamos el beneficio que gana el proveedor y el coste de transportarla desde su fábrica a la nuestra. También es muy probable que nuestra capacidad de negociación de precios de las materias primas que se necesiten para hacerla no sea la misma que la que tenga el proveedor debido al volumen.

Planificación de la producción. Estrategia

Anexo I. Make or Buy. Integración vertical. Los casos de Ford y General Motors

Hace muchos años, en el origen de los grandes gigantes de la automoción como Ford Motor Company y General Motors, la integración vertical de procesos era la tendencia dominante.

En sus inicios, en 1915, Henry Ford aspiraba a tener el control total sobre la cadena de suministro siendo totalmente auto-suficiente. Poseía terrenos en Michigan, en los alrededores del río Rouge, con minas de hierro y donde fue construyendo el complejo River Rouge que integraría su propia central eléctrica y hornos de fundición donde harían los bloques de motores y sus propios componentes.

Aunque se usó para fabricación de naves de guerra marítima (tenía también su propio astillero) para la primera guerra mundial, las infraestructuras fueron luego usadas para la fabricación industrial de automóviles de Ford. Adicionalmente, llegó incluso a poseer una plantación de goma en Brasil para aproximarse a su concepto de autosuficiencia.

Por su parte, General Motors, en los mismos años (alrededor del 1910) adoptó también intensamente la integración vertical desde otro enfoque: la adquisición de compañías proveedoras y marcas, como por ejemplo el carroceros Fisher Body o Cadillac, entre muchas otras.

Estos modelos han ido cambiando y en la actualidad no predomina el deseo de tener un control absoluto sobre la cadena de suministro y las integraciones suelen ser de carácter más estratégico y por motivos de posicionamiento.