

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

FABRICACIÓN

Autores: José Manuel Pérez Rivera & José Manuel Toledano Rico

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Contenido

OBJETIVOS.....	4
1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 AGRUPACIÓN DE PRODUCTOS.....	5
1.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	6
1.3 CONCEPTOS DE PROGRAMACIÓN	8
2 PROGRAMACIÓN MAESTRA.....	10
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROGRAMA MAESTRO	10
2.2 PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN PARA STOCK.....	12
2.3 EL PROGRAMA MAESTRO EN LOS ENTORNOS DE FABRICACIÓN BAJO PEDIDO	15
2.4 PROGRAMA MAESTRO EN UN ENTORNO DE FABRICACIÓN COMBINADA: FABRICACIÓN BAJO PEDIDO Y FABRICACIÓN PARA STOCK	16
2.5 LOS HORIZONTES DE PLANIFICACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO	17
2.6 PLANIFICACIÓN APROXIMADA DE LA CAPACIDAD	18
3 LISTA DE MATERIALES Y PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES.....	21
3.1 PROPOSITO Y DEFINICIONES DE LA PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES.....	23
4 PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACIDAD.....	26
5 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	32
6 MRP Y PROCESOS KANBAN	34
6.1 DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE FABRICACIÓN EN SISTEMAS MRP	34
6.2 STOCK DE SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS MRP	37
6.3 PLANIFICACIÓN DE MATERIALES UTILIZANDO KANBANS.....	39
7 TIC'S APLICADAS A LA FABRICACIÓN	44
7.1 PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE FABRICACIÓN – MRPII “MANUFACTURING RESOURCE PLANNING”	44
7.2 PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA ERP (“ENTERPRISE RESOURCE PLANNING”)	46
7.3 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN AVANZADAS APS (“ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING”)	47
7.4 GESTIÓN DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES (CRM: “CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT”).....	49
8 CONCEPTOS BÁSICOS.....	50
9 ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN	53
10 ACTIVIDADES DE REPASO.....	64

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

11	EJERCICIOS VOLUNTARIOS.....	65
----	-----------------------------	----

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

OBJETIVOS

En esta unidad, por una parte, veremos cómo a través de la planificación de las ventas se elabora el programa maestro y como a partir de éste se elabora el análisis de viabilidad a través de la planificación de materiales y de la planificación de la capacidad, así como el control de la producción.

Podemos establecer la siguiente relación de conceptos que a modo resumen deberíamos haber logrado conseguir asimilar con el estudio de esta unidad.

- Cómo el programa maestro de producción vincula las ventas con la fabricación.
- El proceso básico de la programación maestra.
- El objetivo de la planificación aproximada de la capacidad.
- El objetivo de la lista de materiales.
- El objetivo y las definiciones del MRP (Materials Requirements Planning)
- El propósito de la planificación de las necesidades de capacidad (CRP: Capacity Requirements Planning)
- Control de producción.
- El MRPII.
- El ERP (Enterprise Resource Planning - Planificación de los recursos de la empresa)
- El APS (Advanced Planning and Scheduling – Planificación y programación avanzadas)
- El CRM (Customer Relationship Management – Gestión de las relaciones con los clientes)
- Algunos métodos de lotificación (lote económico, lotes periódicos, mínimo coste total)
- El sistema Kanban.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

1 INTRODUCCIÓN

1.1 AGRUPACIÓN DE PRODUCTOS

La Planificación de la Fabricación puede simplificarse si los productos están agrupados. Los dos métodos más utilizados para agrupar productos son:

- El Entorno de Fabricación.
- La matriz de dificultad / incertidumbre, también llamada “matriz Puttick” (por su creador John Puttick)

ENTORNO DE FABRICACIÓN

Los entornos de fabricación pueden dividirse en tres modos:

- **FABRICACIÓN PARA STOCK**

La programación de producción se basa en:

- La previsión de la demanda, teniendo en cuenta que cuanto mejor sea menor stock de seguridad será necesario mantener.
- La cantidad de lotes, por ejemplo, utilizando la cantidad económica de pedido (EOQ).
- El stock de seguridad para proteger los niveles de servicio contra la imprecisión de las previsiones, retrasos en la producción, etc.

- **FABRICACIÓN BAJO PEDIDO**

La fabricación bajo pedido no empieza hasta que se recibe el pedido del cliente. El tiempo de suministro de estos productos es mayor que el de los fabricados para stock.

- **MONTAJE BAJO PEDIDO**

Se usan programas maestros y planes de las necesidades de materiales (MRP) para la producción de piezas fabricadas para stock. Los componentes son estándar y las opciones añadidas son combinaciones de un número limitado de componentes. Cuando se recibe el pedido del cliente es cuando se montan las piezas. Suele proporcionar tiempos cortos de entrega y el stock sólo afecta a los componentes básicos.

LA MATRIZ PUTTICK

Se usa para identificar:

- Sectores de producción
- Los rasgos competitivos del sector
- Los conductores del rendimiento

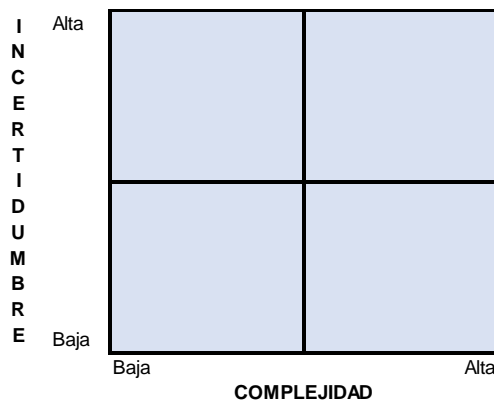
El eje horizontal representa la dificultad de fabricación, teniendo en cuenta:

- La cantidad utilizada de los distintos componentes y materiales
- El número de operaciones de fabricación
- Las tecnologías
- La gama de procesos y maquinaria empleados

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

El eje vertical representa la incertidumbre de las acciones de empleados, proveedores y clientes. Estas pueden verse influidas, por ejemplo, de:

- La disponibilidad y variedad del producto, por ejemplo, si en el mercado compiten muchos proveedores, los clientes podrán comprar a precios diferentes.
- La renta disponible, por ejemplo, en periodos con altos tipos de interés y altos ratios de desempleo, se reduce la demanda de bienes no básicos.
- El capital disponible para inversión, por ejemplo, proyectos con grandes necesidades de capital se aplazan al subir los tipos de interés o cuando se estanca la demanda.
- Los cambios en los precios de las materias primas, por ejemplo, el aumento de los precios del cobre, reduce la demanda de artículos de fontanería.



1.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

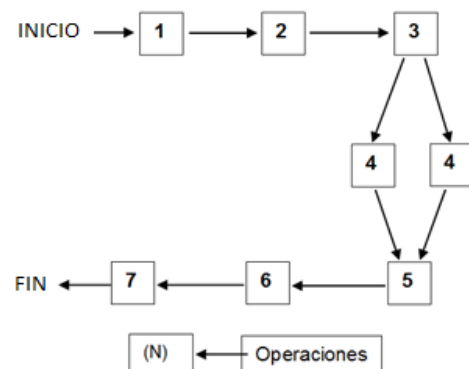
La distribución en planta determina la forma en que los materiales y componentes se mueven por la planta de fabricación. Hay tres tipos básicos:

- Línea de flujo
- Taller de tareas
- Emplazamiento fijo

FABRICACIÓN POR LÍNEA DE FLUJO.

Los materiales y componentes se mueven a través de una serie de áreas o puestos de trabajo, en cada una de las cuales se realiza un proceso.

A continuación, se muestra un ejemplo.



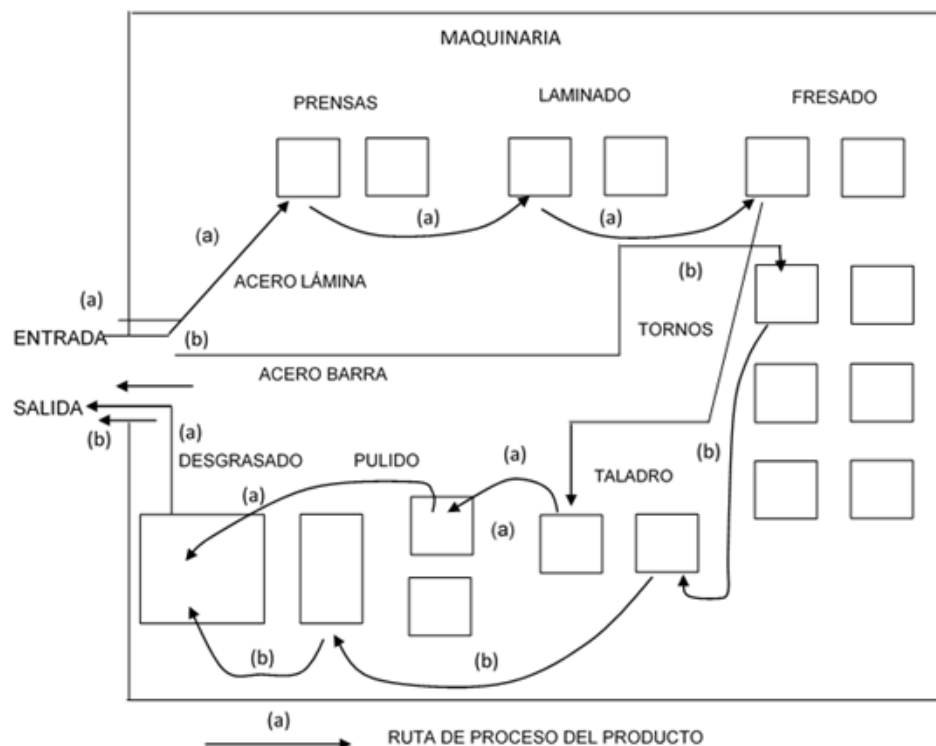
LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Las líneas de flujo son de tres tipos:

- Flujo Continuo. El flujo productivo no para, solo ante incidencias técnicas o paradas programadas. Muy utilizado en la industria química.
- Flujo Repetitivo. Diseñado para producir un “flujo continuo” de artículos discretos
- Flujo de Lotes. Diseñado para producir una gran variedad de productos. Para pasar de un lote de producción a otro, es necesario realizar operaciones de preparación y reajuste de la maquinaria.

TALLER DE TAREAS

Un taller de tareas tiene el siguiente aspecto:



Entre las características más usuales del taller de tareas se pueden incluir:

- Capacidad para producir lotes pequeños de productos y/o entorno de fabricación bajo pedido.
- El taller se programa en función de la maquinaria y de la cantidad de lotes
- La cantidad de trabajo en curso suele ser alta debido a los tiempos de cola en los centros de trabajo.
- Cuando los productos se pueden agrupar por familias, es factible reorganizar el equipo en células, a partir de una disposición funcional, aumentando así la capacidad de respuesta y se reduce la cantidad de trabajo en curso.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

EMPLAZAMIENTO FIJO

La característica principal es que materiales y personas se trasladan hasta la tarea. Es típico de procesos de fabricación de aeronaves, embarcaciones, ingeniería civil y proyectos de edificación.

Entre sus características también podemos encontrar:

- Mano de obra técnicamente especializada trabajando según diseños.
- Lotes de tamaño reducido
- Poca o ninguna manipulación automatizada de los materiales.

1.3 CONCEPTOS DE PROGRAMACIÓN

TIEMPO DE FABRICACIÓN

Es el tiempo que se necesita desde la recepción de los materiales hasta la terminación del producto. Este tiempo tiene varios componentes, tal como muestra la siguiente figura:

Operación 1	COLA	El tiempo medio empleado en esperar antes de que comience la preparación
	PREPARACIÓN	Tiempo en preparar para iniciar el proceso
	PROCESO	Tiempo de proceso
	ESPERA	Tiempo antes de abandonar el centro de trabajo
	MOVIMIENTO	Tiempo para trasladar el producto entre los centros de trabajo
Operación 2	COLA	El tiempo medio empleado en esperar antes de que comience la preparación
	PREPARACIÓN	Tiempo en preparar para iniciar el proceso
	PROCESO	Tiempo de proceso
	ESPERA	Tiempo antes de abandonar el centro de trabajo
	MOVIMIENTO	Tiempo para trasladar el producto entre los centros de trabajo
.....
Operación N	COLA	El tiempo medio empleado en esperar antes de que comience la preparación
	PREPARACIÓN	Tiempo en preparar para iniciar el proceso
	PROCESO	Tiempo de proceso
	ESPERA	Tiempo antes de abandonar el centro de trabajo
	MOVIMIENTO	Tiempo para trasladar el producto entre los centros de trabajo

El tiempo de fabricación puede reducirse mediante la reducción o eliminación de cualquiera de estos componentes.

TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN

- En la programación hacia delante el trabajo comienza en el momento en el que se lanza la orden. Esto significa que si el trabajo se termina antes de la fecha de entrega dada al cliente se creará un stock (pedidos en espera de ser entregados).
- En la programación hacia atrás se trabaja desde la fecha de vencimiento de entrega. Se utiliza en mayor medida porque tiende a reducir el inventario de trabajo en curso, pero es más peligroso en términos de cumplimiento de las fechas de entrega, puesto que cualquier retraso en la recepción de materiales o en el proceso puede significar el incumplimiento de la fecha de vencimiento.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

- En la programación JIT el trabajo en curso no aumenta porque solamente se comienzan las órdenes de aquellos productos que pueden ser fabricados inmediatamente y para los cuales existe una necesidad inmediata.

CONSIDERACIONES EN EL PROCESO DE PROGRAMACIÓN

Algunos de los métodos a considerar en la secuenciación de procesos son:

- Reducción de los tiempos de preparación
- Rutas alternativas.
- Fraccionar pedidos.
- Solapar secuencias.
- Gestionar los cuellos de botella

PROGRAMAR PRIORIDADES

Algunas de las reglas más usuales son:

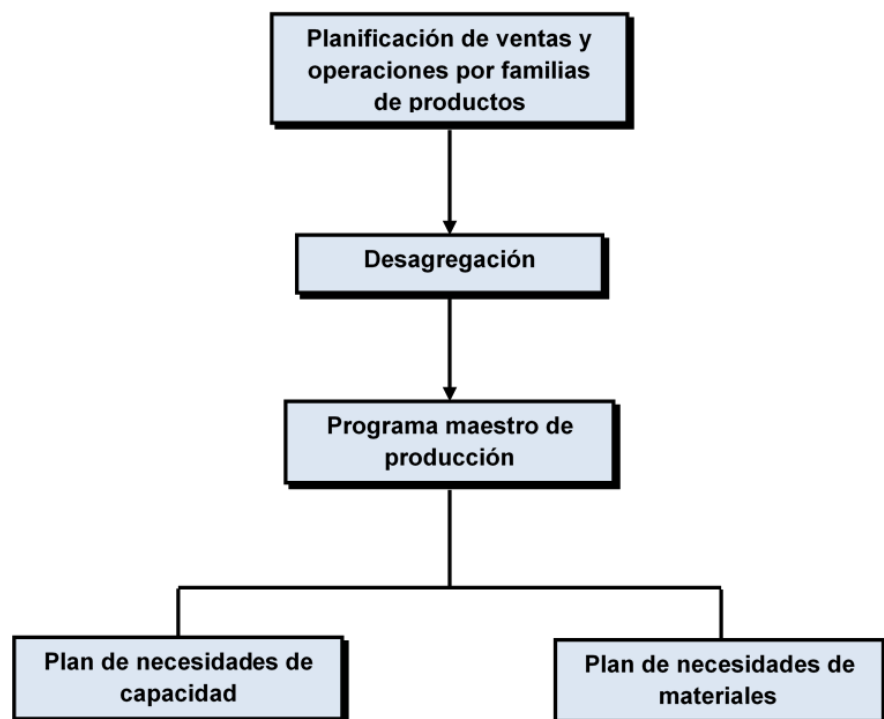
- Primero en llegar, primero en salir (FIFO – First In First Out).
- Último en llegar, primero en salir (LIFO – Last In First Out).
- Tiempo mínimo de proceso. Se determinan prioridades dando preferencia a los procesos más cortos. Este método suministra el mayor número de tareas realizadas por período.
- Fecha de requerimiento. Se determinan prioridades en función de la fecha de requerimiento más cercana. Así se tiende a asegurar el nivel de servicio al cliente.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

2 **PROGRAMACIÓN MAESTRA**

2.1 **CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROGRAMA MAESTRO**

El programa maestro de producción (MPS = Master Production Schedule) es el vínculo entre la planificación de ventas y operaciones y la producción. A partir de él se elabora la planificación de la capacidad y la planificación de los componentes y materiales.



El objetivo del proceso de programación maestra es desarrollar un programa que:

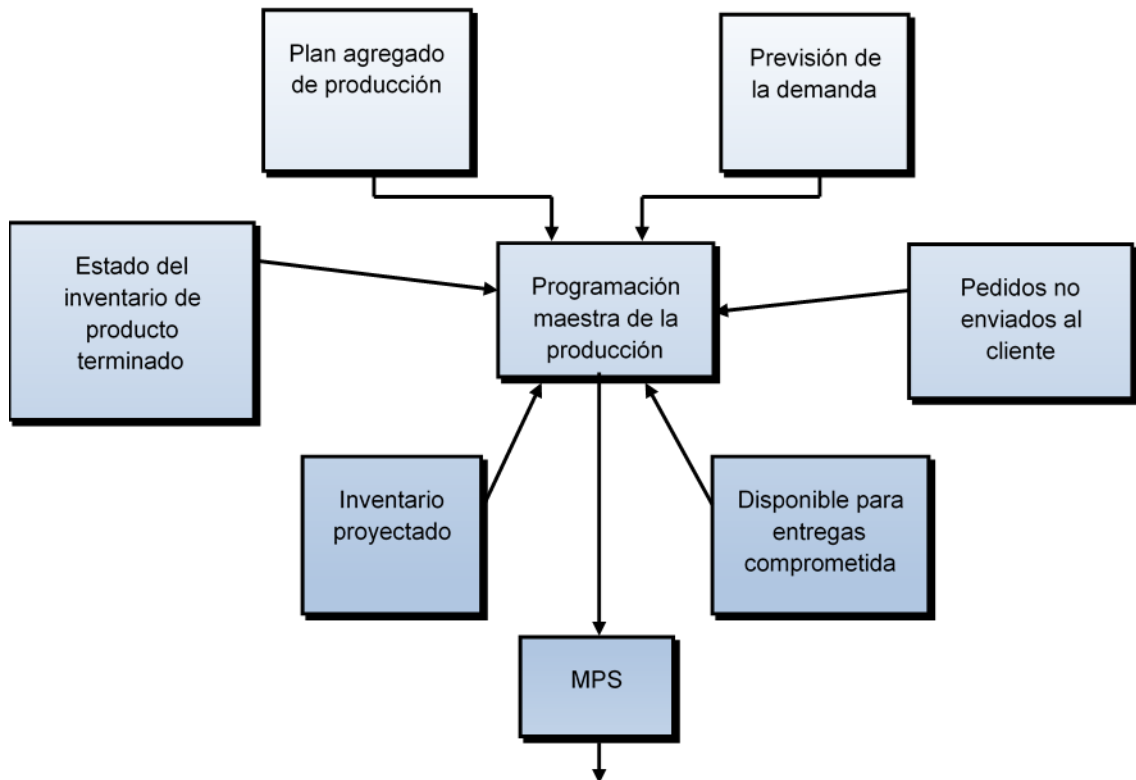
- Cumpla los niveles de servicio al cliente (producto, cantidad y tiempo) al menor coste en términos de inversión en stocks.
- Consiga el mínimo coste total de entrega.
- Consiga el máximo ingreso por unidad de tiempo de recursos clave (procesos críticos de fabricación o recursos humanos)

El proceso tiene dos elementos principales, según la política elegida:

- Programar los pedidos de reaprovisionamiento para cumplir con una política de fabricación para stock.
- Programar los pedidos del cliente para cumplir con una política de fabricación bajo pedido.

Los datos de entrada que permiten obtener el programa maestro de producción y conseguir los resultados deseados se muestran en la siguiente figura.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------



De forma general, las previsiones de ventas y los planes de ventas y operaciones se expresan en términos de “familias de productos” y en períodos mensuales, por ejemplo:

	Planificación de ventas y operaciones Familia de producto AA			
MES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
DÍAS	20	25	20	20
PLAN	6.600	6.000	6.000	6.600

El programa maestro suele venir expresado en productos y en semanas. Por lo que, para obtenerlo, vamos a tener en cuenta las siguientes premisas:

- El mes 1 tiene 4 semanas.
- La cantidad de producto a fabricar en cada semana va a ser la misma. En este caso $6.600/4 = 1.650/\text{semana}$
- La familia de producto AA tiene tres productos, y que las ventas de cada uno de ellos en relación a la su familia son, $A1 = 19,7\%$, $A2 = 35,6\%$ y $A3 = 44,7\%$. Por tanto, las necesidades serían:

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

	% Ventas	Producción en % a ventas
Producto A1	19,70	1300
Producto A2	35,60	2350
Producto A3	44,70	2950
Total	100,00	6600

Por lo que se podría plantear el siguiente programa maestro de producción, en donde se observa que cumple con todas las premisas.

	Planificación maestro de producción MES 1				Total	% Ventas	Producción en % a ventas	Dif (Total - Producción)
	Familia de producto AA							
SEMANA	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4				
PLAN	1650	1650	1650	1650				
Producto A1	500	0	0	800	1300	19,70	1300	0
Producto A2	0	1.000	500	850	2350	35,60	2350	0
Producto A3	1150	650	1150	0	2950	44,70	2950	0
Total	1650	1650	1650	1650	6600	100,00	6600	0
Dif (Plan - Total)	0	0	0	0				

2.2 PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN PARA STOCK

Vamos a considerar la siguiente información, para el artículo A.

Artículo A		
Balance de inventario	Inventario actual de existencias físicas	60
Stock asignado	Stock comprometido para pedidos de clientes pero que todavía está en el almacén porque aún no se ha enviado	10
Stock disponible	La diferencia entre el balance de inventario y el stock asignado	50
Lote de pedido	El nivel de stock ante el cual o bajo el cual se requiere lanzar un pedido de reaprovisionamiento, expresado como un punto de pedido o nivel del stock de seguridad	80
Stock de seguridad		30
Tiempo de suministro (semanas)		2

Se podría establecer el siguiente MPS.

A Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B Previsión	25	25	25	25	40	40	40	40	40	30	30	30	30	20	20
C MPS		80			80			80			80			80	
D Inventario proyectado	25	80	55	30	70	30	-10	30	-10	-40	10	-20	-50	10	-10

En donde:

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

- Línea “A”: Representa los períodos de tiempo (por ejemplo, semanas)
- Línea “B”: Representa la previsión de la demanda para el artículo a lo largo del horizonte de planificación.
- Línea “C”: Es el MPS (programa maestro de producción), y representa la cantidad de producto terminado para ese período. En este caso se ha establecido con una cantidad fija de 80 unidades cada 3 períodos.
- Línea “D”: Representa el stock proyectado y se calcula para cada uno de los períodos tal como sigue:

$$\text{Inventario proyectado (período } i) = \text{Inventario proyectado (período } i-1) + \text{MPS (período } i) - \text{Previsión (período } i)$$

Como se observa en este ejemplo, el MPS no logra el objetivo de mantener un cierto nivel de stocks de producto terminado, ya que el inventario proyectado en algunos períodos es inferior al stock de seguridad e incluso negativo en algunos de ellos, por lo que nos veremos obligados a realizar una reprogramación para intentar lograr los objetivos de inventario.

Un nuevo programa podría ser el siguiente, en donde se observa que el inventario proyectado es mayor que el stock de seguridad.

A Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B Previsión	25	25	25	25	40	40	40	40	40	30	30	30	30	20	20
C MPS		80			80		80		80		80			80	
D Inventario proyectado	25	80	55	30	70	30	70	30	70	40	90	60	30	90	70

A continuación, vamos a ver un ejemplo con artículos “A” y “B” para el mismo centro de producción, en donde la capacidad del centro de producción es de 160 horas y en donde existe una programación de 60 para el artículo A en el primer período ya programada y que no se puede cambiar.

	A	B
Tiempo montaje (h)	2	1
Balance de inventario	30	50
Stock asignado	35	10
Stock disponible	-5	40
Stock de seguridad	20	10

El MPS para el artículo A:

Períodos	1	2	3	4	5
Previsión	30	25	30	25	30
MPS	60	60	0	40	40
Inventario proyectado	25	60	30	45	55

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

El MPS para el artículo B:

Períodos	1	2	3	4	5
Previsión	20	30	40	20	30
MPS	0	60	0	60	0
Inventario proyectado	20	50	10	50	20

La capacidad necesaria en cada uno de los períodos para producir los artículos "A" y "B" es:

Períodos	1	2	3	4	5
Artículo A	120	120	0	80	80
Artículo B	0	60	0	60	0
Total	120	180	0	140	80

Si analizamos la capacidad, podemos observar:

- No hay capacidad suficiente en el período 2 para cumplir con el programa, ya que tendríamos que producir 180 cuando la capacidad máxima es 160.
- Hay una amplia fluctuación entre los períodos que podría llevar a una producción ineficiente.

Realizando una nueva programación vamos a intentar conseguir corregirlo.

Artículo "A"

Períodos	1	2	3	4	5
Previsión	30	25	30	25	30
MPS	60*	30	30	30	50
Inventario proyectado	25	30	30	35	55

Artículo "B"

Períodos	1	2	3	4	5
Previsión	20	30	40	20	30
MPS	0	40	40	40	0
Inventario proyectado	20	30	30	50	20

Capacidad requerida

Períodos	1	2	3	4	5
Artículo A	120	60	60	60	100
Artículo B	0	40	40	40	0
Total	120	100	100	100	100

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

2.3 EL PROGRAMA MAESTRO EN LOS ENTORNOS DE FABRICACIÓN BAJO PEDIDO

Podemos considerar el siguiente ejemplo.

Registro de los pedidos de los clientes		
Cliente	Cantidad pedida	Entrega prometida
Cliente_1	15	-3 Semanas
Cliente_2	40	Semana 1
Cliente_3	20	Semana 3
Cliente_4	15	Semana 3
Cliente_5	30	Semana 6
Cliente_2	35	Semana 8
Cliente_1	20	Semana 8

	CON	SEMANAS										
	RETRASO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A Pedidos de los clientes	15	40	0	35	0	0	30	0	55	0	0	0
B MPS	15	50		50		60		60		60		
C Disponible para prometer	0	10		15		30		5		60		
D Inventario proyectado	0	10	10	25	25	85	55	115	60	120	120	120

El disponible para prometer (fila C) se calcula:

Disponible para prometer (período i) = MPS (período i) - Pedidos de clientes (de los períodos que tenga que cubrir esa recepción del MPS, es decir, pedidos hasta que se produce otra recepción de MPS). Si en algún período no hay recepción del MPS, entonces el disponible para prometer es cero.

En el período 1, la fórmula es ligeramente diferente, ya que se ha de tener en cuenta el inventario inicial. Así, la fórmula a aplicar en el período 1 es:

Disponible para prometer (período 1) = Inventario inicial + MPS (período 1) - Pedidos de clientes (de los períodos que tenga que cubrir esa recepción del MPS, es decir, pedidos hasta que se produce otra recepción de MPS)

El disponible para prometer representa la disponibilidad de lo programado por el programa maestro de producción para satisfacer cualquier pedido adicional que se tenga que servir antes de la siguiente recepción del programa maestro de producción (MPS)

El inventario proyectado se calcula de la siguiente forma:

Inventario proyectado (período i) = Inventario proyectado (período i-1) + MPS (período i) – Pedidos de clientes (período i)

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

2.4 **PROGRAMA MAESTRO EN UN ENTORNO DE FABRICACIÓN COMBINADA: FABRICACIÓN BAJO PEDIDO Y FABRICACIÓN PARA STOCK**

El tercer caso de programación maestra sería la combinación de los dos procesos anteriores, es decir que se deben tener en cuenta tanto la previsión de las ventas como los pedidos en firme de los clientes.

	CON RETRASO	SEMANAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A Previsión		20	15	20	15	25	25	25	30	30	30	30
B Pedidos de los clientes	15	40	0	35	0	0	30	0	55	0	0	0
C MPS	15 ¹	50	0	50	0	60	0	60	0	60	0	0
D Disponible para prometer	0	10		15		30		5		60		
E Inventario proyectado	0	10	-5	10	-5	30	0	35	-20	10	-20	-50

(1) Representa una recepción programada procedente del programa maestro de producción en curso.

Para calcular el inventario proyectado para cada período (línea E) se utiliza la mayor de las dos cifras siguientes: previsión de ventas o pedidos de clientes.

Inventario proyectado (período i) = Inventario proyectado (período i-1) + MPS (período i) – Pedidos de los clientes o Previsión (período i)

En el programa maestro de producción, las cifras de la previsión y del inventario proyectado son cifras estimadas mientras que las de los pedidos de los clientes, MPS y disponible para prometer son cifras confirmadas.

Es crucial que el programa maestro de producción proteja los pedidos en firme de los clientes. Por ello, el cálculo del disponible para prometer no tiene en cuenta la previsión.

El disponible para prometer se calcula de la siguiente forma:

Disponible para prometer (período i) = MPS (período i) – Pedidos de clientes (de los períodos que tenga que cubrir esa recepción del MPS, es decir, períodos hasta que se produce otra recepción de MPS)

En el primer período la fórmula es ligeramente diferente, ya que se tiene que considerar el inventario inicial. Así, la fórmula para el período 1 es:

Disponible para prometer (período 1) = Inventario inicial + MPS (período 1) – Pedidos de clientes (de los períodos que tenga que cubrir esa recepción del MPS, es decir, períodos hasta que se produce otra recepción de MPS)

NOTA: En cualquiera de los casos el programa maestro de producción estará sujeto a cambios puesto que la demanda del mercado cambia.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

2.5 LOS HORIZONTES DE PLANIFICACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO

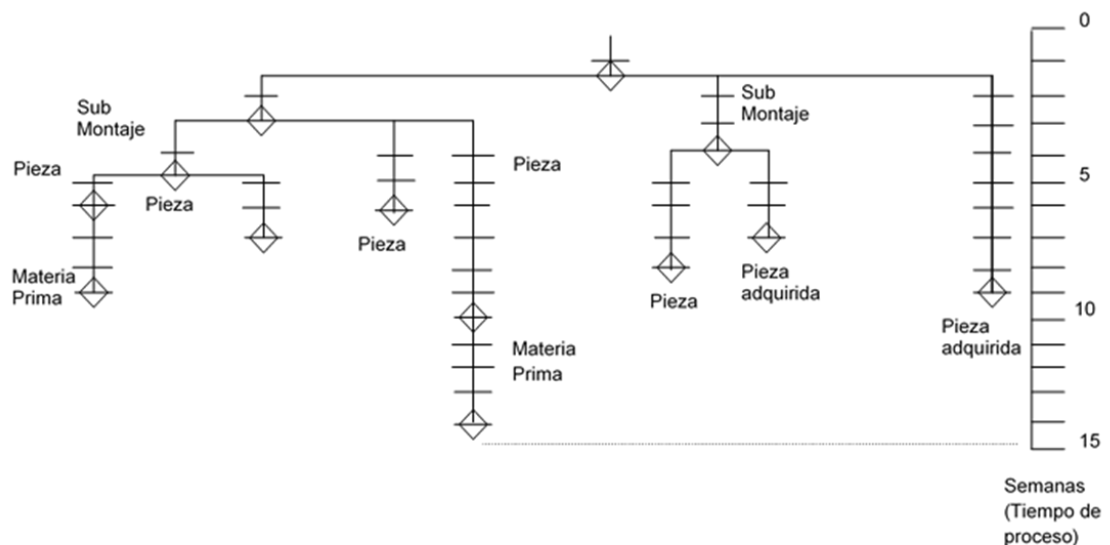
El horizonte de planificación en el programa maestro debe ser mayor que el tiempo de suministro más largo (tiempo que transcurre desde que se piden los materiales hasta que el artículo del programa maestro de producción está acabado). En la realidad se establece muy por encima del tiempo de suministro acumulado más largo, ya que:

- El programa maestro de producción es la base para establecer los requerimientos de capacidad. Cualquier cambio significativo en la capacidad puede requerir la compra de equipo adicional, la planificación de una actividad de subcontratación, etc. Y el tiempo necesario para estas cuestiones puede ser considerablemente más largo que el tiempo de suministro.
- Se pueden necesitar actividades previas a la producción, tales como el diseño y el desarrollo, la comprobación del producto antes del proceso de fabricación, etc.
- El conocimiento sobre los requerimientos futuros de compra de materiales y/o componentes permiten asegurar que se tiene el nivel de inventario más adecuado y las mejores políticas de compra.

Para establecer el tiempo de suministro acumulado más largo es necesario determinar, para cada artículo final del programa maestro de producción, lo siguiente:

- El plan de actividades.
- Las cantidades requeridas.
- El plazo del proceso y/o de aprovisionamiento de componentes/ materiales.

La siguiente figura muestra cómo se calcula este tiempo de suministro acumulado:



En este ejemplo el tiempo de suministro acumulado más largo es de 15 semanas.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

2.6 PLANIFICACIÓN APROXIMADA DE LA CAPACIDAD

El objetivo de la planificación aproximada de la capacidad es analizar la viabilidad del programa maestro de producción e identificar la existencia de recursos de fabricación críticos que pudieran crear cuellos de botella o restricciones.

Este proceso incluye lo siguiente:

- Determinar si existe el capital circulante necesario para soportar los flujos de tesorería.
- Verificar que las instalaciones y el equipo de producción tienen una capacidad adecuada.
- Determinar si los proveedores principales tienen la capacidad requerida y si se ha obtenido su compromiso.

En la etapa de programación maestra se realiza la revisión de la viabilidad (en términos de capacidad) del plan a medio plazo. Esta evaluación se limita, generalmente, a los centros de trabajo que son críticos o cuellos de botella debido a restricciones de capacidad.

Para este proceso es necesario lo siguiente:

- Hoja de trabajo
Suministra información para cada centro de trabajo sobre el tiempo estándar o estimado necesario para la preparación de la máquina, tiempo de proceso y tiempo de fabricación acumulado.
En el caso de materiales comprados, indica la cantidad, el coste y el plazo de entrega del proveedor.
- Lista de materiales
Suministra información sobre todos los sub-montajes, componentes y materias primas requeridas, así como el origen de los materiales y componentes (comprados o fabricados) para poder obtener el artículo final.
- Hoja de ruta
Suministra información de las operaciones necesarias en el proceso de fabricación, así como la secuencia de las mismas. También proporciona cualquier otra información técnica, como, por ejemplo, las instalaciones, las herramientas, las tolerancias, etc. que ayudan a la producción del artículo.

Para cada centro de trabajo (en especial los críticos) se debe comparar la capacidad disponible con la capacidad necesaria para producir la cantidad establecida por el programa maestro de producción. Vamos a verlo con un ejemplo: consideramos un artículo que tiene una pieza comprada (A) y un sub-montaje que requiere la fabricación de tres piezas (B, C, y D). Se consideran para simplificar solo los tiempos de preparación y de proceso.

Las necesidades de recursos de cada centro de trabajo se calculan sumando todos los tiempos de preparación y de proceso correspondientes a las piezas B, C y D.

De forma gráfica, se podría representar como:

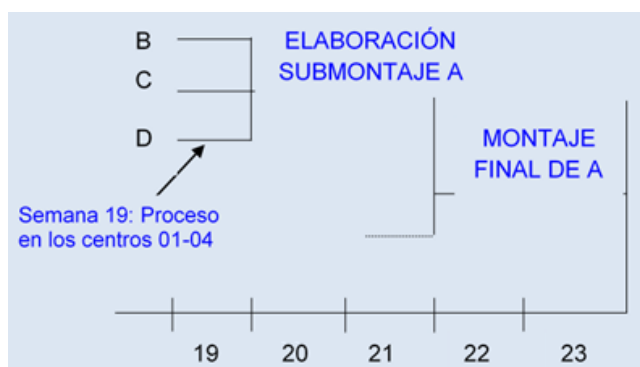
LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Montaje Final		Ruta			
Parte A	Submontaje	Centro Trabajo	Operación	Tiempo preparación	Tiempo Proceso
		01	Torno	1,10	0,20
Parte B		02	Fresa	0,60	0,10
		01	Torno	0,80	0,14
		03	Muela	0,60	0,15
Parte C		01	Torno	0,80	0,15
		04	Taladro	0,30	0,10
		03	Muela	0,50	0,12
Parte D		01	Torno	1,40	0,15
		04	Taladro	3,00	0,09
		03	Muela	0,60	0,12
		02	Fresa	0,90	0,15

Centro Trabajo	Operación	Tiempo preparación	Tiempo Proceso
01	Torno	4,10	0,64
02	Fresa	1,50	0,25
03	Muela	1,70	0,39
04	Taladro	3,30	0,19

Si el plazo de proceso del montaje final es de dos semanas, el plazo de proceso del submontajes es de dos semanas y que los plazos de proceso para las partes B, C y D son todos de una semana, la carga del centro de trabajo crítico tendría que asignarse cinco semanas antes de su terminación.

Si el montaje final tuviera que completarse al final de la semana 23, el gráfico del plazo de proceso sería este:



Si se asume que el centro de trabajo crítico es 01 y que la cantidad total de piezas requeridas B, C, y D son 50, la capacidad requerida de tiempo sería de 36,1 unidades de tiempo: Tiempo de preparación (4,1 unidades de tiempo) + tiempo de proceso (50 x 0,64 unidades de tiempo)

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Si es necesario, se deberá hacer una reprogramación, para asegurar que el programa maestro de producción sea estable y viable.

Generalmente, las causas principales para la reprogramación surgen en un nivel en el que el programa maestro de producción puede ser rectificado y ajustado.

El momento hasta el cual se puede emprender una acción depende de:

- El nivel de capacidad de reserva disponible y la disponibilidad de recursos para poder utilizar esa capacidad.
- El acuerdo con Marketing y/o con los clientes para aceptar cambios o demoras en las fechas de entrega.

Algunas de las causas más comunes de la reprogramación incluyen:

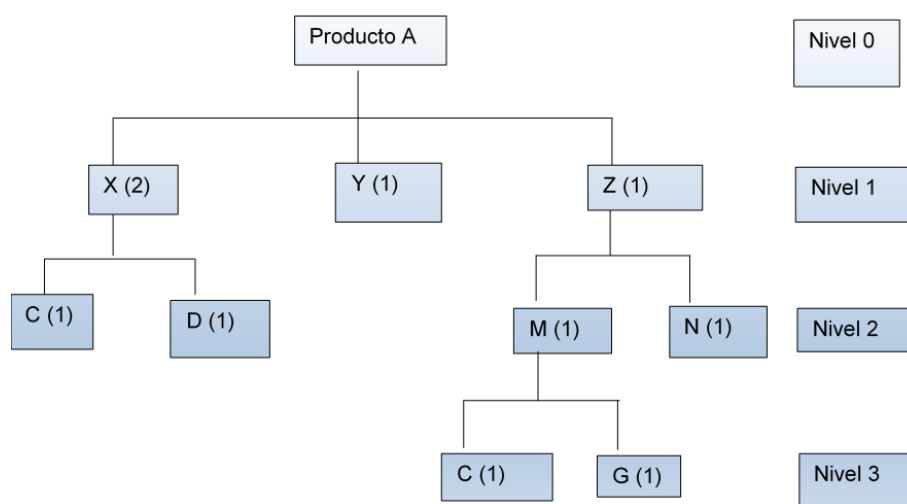
- Los cambios del cliente relativos a las cantidades de producto, la gama y el tipo de producto, la configuración del producto, etc.
- Cambios de prioridad establecidos por el cliente o Marketing; por ejemplo, un nivel inesperado de demanda de un producto en promoción.
- El uso de un recurso para actividades no planificadas reduciendo, por lo tanto, la capacidad disponible.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

3 **LISTA DE MATERIALES Y PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES**

Las listas de materiales (BOM: Bill of Materials) especifican los componentes y materiales necesarios para fabricar un producto. La estructura de la lista de materiales muestra cómo se fabrica un producto. Esto se representa generalmente con una estructura en forma de árbol. La parte superior de la estructura en forma de árbol representa el artículo del programa maestro. En el siguiente nivel hacia abajo están los componentes y conjuntos que forman directamente el producto. En el siguiente nivel están los materiales o componentes que forman los conjuntos o componentes del nivel anterior y, así sucesivamente. La estructura de la lista de materiales utiliza “niveles”, donde el nivel superior del árbol se representa siempre como nivel 0.

Ejemplo de una lista multinivel.



La lista de piezas para el producto A, sería:

Pieza Nº	Cantidad necesaria	Descripción
X	2	Conjunto de abrazadera
Y	1	Motor
Z	1	Montaje del alojamiento
C	3 (utilizada en X y M)	Abrazadera
D	2	Ajuste
M	1	Alojamiento
N	1	Ajuste
G	1	Función de alojamiento

La lista de piezas se construye de nuevo para establecer una lista de materiales indentada de pedidos que tiene en cuenta los niveles en los que se necesitan los componentes y también identifica la fuente de cada componente, por ejemplo, fabricación o compra.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

La lista de materiales indentada del producto A sería:

Nivel			Cantidad necesaria	Descripción
1	2	3		
X			2	Montaje del soporte
	C		1	Soporte (Comprado)
	D		1	Ajuste (Comprado)
Y			1	Motor (Comprado)
Z			1	Montaje del alojamiento
	M		1	Alojamiento
		C	1	Soporte (Comprado)
		G	1	Piezas fundidas (Compradas)
	N		1	Fijación del alojamiento (Comprado)

La lista de materiales muestra las necesidades de materiales para una unidad. Para un lote, simplemente se ha de multiplicar el tamaño del lote por la cantidad de la lista de materiales.

Utilizando el ejemplo precedente, para fabricar un lote de 50 Productos A se necesitaría:

Lote	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
50	X (2)	100	
		C (1)	100 (C)
		D (1)	100 (C)
50	Y (1)	50	(C)
50	Z (1)	50	
		M (1)	50
			C (1) 50 (C)
			G (1) 50 (C)
		N (1)	50 (C)

Necesidades de Compra

(C) = Artículos comprados

C	150
D	100
Y	50
G	50
N	50

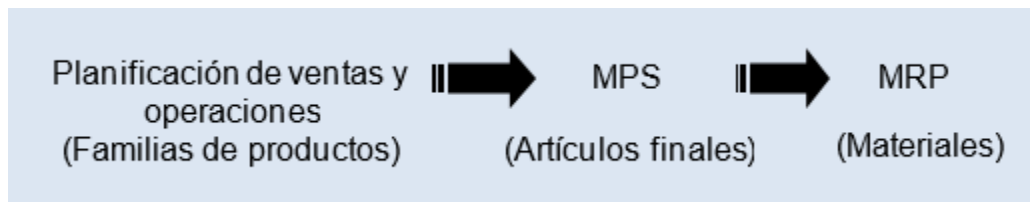
LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

3.1 PROPOSITO Y DEFINICIONES DE LA PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES

El MRP (Materials Requirements Planning) coordina la entrega de material con la fabricación de componentes para alcanzar el programa de realización del producto especificado por el programa maestro. Su aportación más importante es que puede planificar necesidades de materiales y componentes comunes en una amplia gama de productos complejos.

El resultado del sistema MRP son listas de “trabajo” destinadas al aprovisionamiento y la producción. Las listas contienen datos clave de productos, datos de tiempos de preparación y tiempos de procesos, prioridades, etc.

El MRP entrega materiales y componentes a los centros de trabajo, en base a los datos proporcionados por el programa maestro (lo que debe fabricarse) y la lista de materiales (qué piezas y materiales son necesarios). También utiliza los datos del inventario para garantizar que, siempre que sea posible, se retiren los materiales y componentes necesarios del inventario existente.

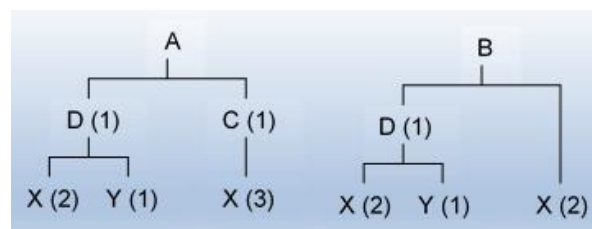


Vamos a describir la terminología usada en el MRP.

• DECALAJE DE TIEMPO

Se realiza un decalaje en el tiempo a la hora de planificar las necesidades de materiales para que éstos estén disponibles en el momento en que son necesarios. Para realizar este decalaje se tiene en cuenta el tiempo de suministro (tiempo que transcurre desde que se emite una orden y el material está disponible para ser utilizado).

En la siguiente figura se muestran 2 productos:



Estos dos productos finales poseen algunos componentes y conjuntos comunes. El MRP, a la hora de planificar las necesidades de materiales, planificará esas necesidades de forma conjunta y coordinada. Esto quiere decir que, cuando calcule las necesidades de X, tendrá en cuenta las que necesita para los productos A y B.

Por ejemplo, si para un producto A se necesitan 5 componentes de X en la semana 3 y el tiempo de suministro del componente X es de 1 semana, la orden de producción de los componentes X se tiene lanzar en la semana 2.

Si el componente X fuera comprado, la orden de compra tendría en cuenta la planificación de necesidades de A y B para comprar de forma conjunta el componente

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

X y además tendría en cuenta el tiempo de suministro para lanzar las órdenes de compra con el suficiente decalaje en el tiempo.

Vamos a ver los conceptos del MRP:

	SEMANAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Programa maestro	500	500	500	500	500	1.000	500	0
Programa MRP para el montaje del Producto A								
Stock libre	600							
Tiempo de suministro	1							
Lote/ Cantidad de pedido	1.000							
Stock de seguridad	300							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta	500	500	500	500	500	1.000	500	0
Recepción programada	1.000							
Neto disponible	1.100	600	100	-400	-900	-1.900	-2.400	-2.400
Neto proyectado	1.100	600	1.100	600	1.100	1.100	600	600
Necesidad neta	0	0	200	0	200	200	0	0
Recepción de orden planificada	0	0	1.000	0	1.000	1.000	0	0
Lanzamiento orden planificada	0	1.000	0	1.000	1.000	0	0	0

- **STOCK LIBRE**
Es el stock inicial del producto
- **TIEMPO DE SUMINISTRO**
Es el tiempo para fabricar el Montaje del producto A, a partir de los materiales o los conjuntos comprados o fabricados.
- **CANTIDAD DE PEDIDO**
Es el tamaño del lote y se determina equilibrando el coste de preparación frente a los costes de mantener el stock (cuanto más alto sea el coste de preparación mayor será el tamaño del lote).
- **STOCK DE SEGURIDAD**
Es el nivel por debajo del cual no debería bajar el stock disponible. Sirve para cubrir imprevistos.
- **PERÍODOS DE TIEMPO (PLAZOS DE TIEMPO)**
En este ejemplo son semanas.
- **NECESIDAD BRUTA**
Las necesidades brutas de los productos determinadas por el MPS.
- **RECEPCIÓN PROGRAMADA**
Es el producto (Montaje A) que se ha planificado en un período anterior y estará disponible en un período posterior. Las recepciones programadas son pedidos en firme que se fabricarán y llegarán en la semana indicada.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

- **NETO DISPONIBLE**

Se calcula de la siguiente forma:

Para la semana 1:

Stock libre + Recepciones programadas (período 1) – Necesidad bruta (período 1)

Para las siguientes semanas (i)

Neto disponible (período i-1) + Recepciones programadas (período i) – Necesidad bruta (período i)

Así, en el ejemplo, los cálculos a realizar para calcular el neto disponible en cada una de las semanas son:

Neto disponible (1) = 600 + 1.000 – 500 = 1.100

Neto disponible (2) = 1.100 – 500 = 600; Etc.

- **DISPONIBLE PROYECTADO**

Muestra el saldo del inventario si se incluyen las recepciones de los pedidos planificados. Se calcula de la siguiente forma:

Para la semana 1:

Stock libre + Recepciones programadas (período 1) – Necesidad bruta (período 1)

Para las siguientes semanas (i)

Neto disponible (período i-1) + Recepciones programadas (período i) + Recepciones de las órdenes planificadas – Necesidad bruta (período i)

Así, en el ejemplo, los cálculos a realizar para calcular el disponible proyectado en cada una de las semanas son:

Disponible proyectado (1) = 600 + 1.000 – 500 = 1.100

Disponible proyectado (2) = 1.100 – 500 = 600; Etc.

- **NECESIDAD NETA**

Si existe una necesidad neta indica que el disponible proyectado caería por debajo de 0 o del nivel de stock de seguridad si no se recibe una orden planificada. La necesidad neta muestra las cantidades que se deben pedir. Puede que esto sea inferior a lo que realmente se haya planificado (en la recepción del pedido planificado) debido a los lotes. Se calcula de la siguiente forma:

Para la semana 1:

Necesidad bruta (período 1) + Stock de seguridad - Stock libre - Recepciones programadas (período 1)

Para las siguientes semanas (i)

Necesidad bruta (período i) + Stock de seguridad - Disponible proyectado (período i-1) - Recepciones programadas (período i)

Si la necesidad neta (NN) tiene valor negativo, significa que no hay necesidad y que, por tanto, no se debe lanzar ninguna orden.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Así, en el ejemplo, los cálculos a realizar para calcular la necesidad neta en cada una de las semanas son:

$$NN(1) = 500 + 300 - 600 - 1.000 = -800 \rightarrow \text{No hay necesidad neta: } NN(1) = 0$$

$$NN(2) = 500 + 300 - 1.100 = -300 \rightarrow \text{No hay necesidad neta: } NN(2) = 0$$

$$NN(3) = 500 + 300 - 600 = 200; \text{ Etc.}$$

• RECEPCIÓN DE ÓRDENES PLANIFICADAS

Se activa por la necesidad neta. Una necesidad neta activa la recepción de un orden planificado, que será igual a la cantidad de pedido (tamaño del lote) indicado (1.000). Cuando el planificador acepta esta "sugerencia" y mueve el pedido a la fila de recepciones programadas, las cifras de la necesidad neta y de la recepción de orden planificada desaparecerán, porque se habrán emitido las instrucciones de producción. La recepción de orden planificada habrá pasado a ser una "recepción programada".

Como en el ejemplo sólo hay NN en tres periodos (semanas 3, 5 y 6) sólo habrá recepción de órdenes planificadas en esos 3 periodos. La cantidad a recibir será de 1.000 unidades (tamaño del lote)

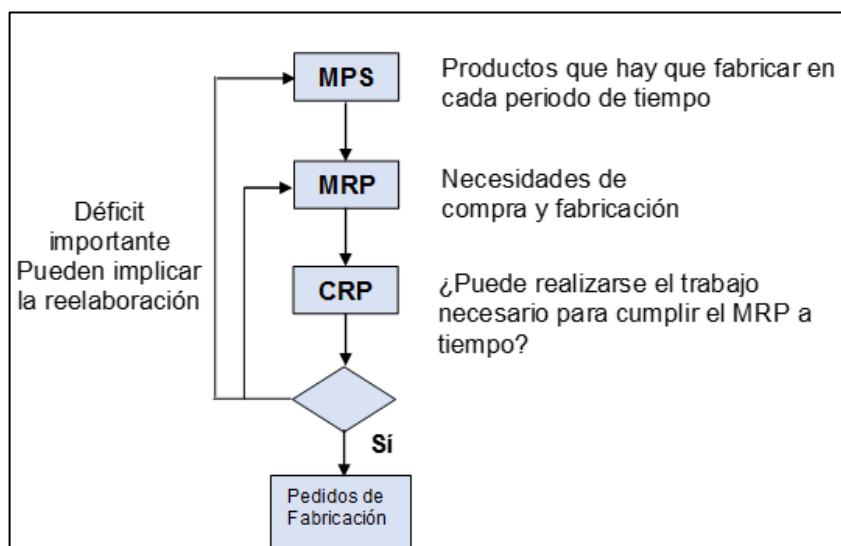
• LANZAMIENTO DE ÓRDENES PLANIFICADAS

Muestra cuándo habría que lanzar las órdenes de producción o compra. El lanzamiento de la orden planificada se obtiene a través del decalaje de la recepción de la orden programada en una cantidad de tiempo igual al tiempo de suministro (una semana, en este caso). Todas las partes para hacer un lote de 1000 unidades deberían ser recibidas en la semana 1, con el fin de completar el lote en la semana 2.

4 PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACIDAD

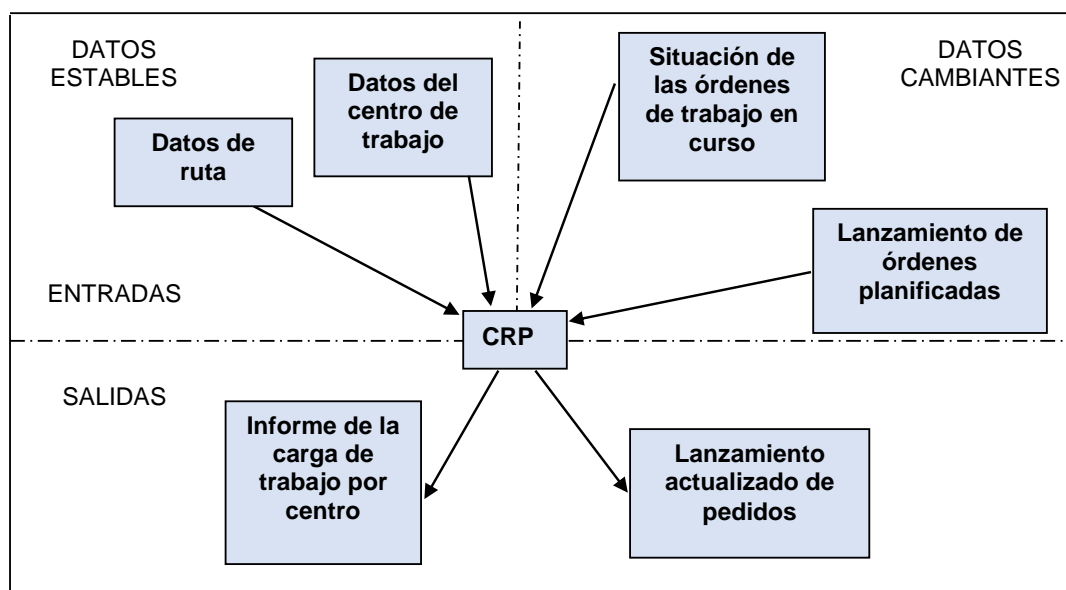
La validez del MRP se revisa utilizando el proceso de planificación de las necesidades de capacidad (CRP- Capacity Resource Planning) que además da como resultado planes de las operaciones de la planta.

El CRP analiza el uso del tiempo en cada centro de fabricación incluyendo la inspección, el embalaje y la entrega. Si los planes desarrollados por el MRP no son factibles, puede ser necesario retroceder al programa maestro para reelaborarlo y volver a realizar la explosión de necesidades en el MRP.



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

La siguiente figura muestra los datos de entradas y salidas del CRP.



La capacidad disponible es la habilidad para producir una cantidad de producto acabado en una fecha determinada. Hay diferentes factores que pueden afectar a la capacidad disponible. Algunos de estos factores son:

- El personal: actitud y aptitud
- La gama de productos fabricados. Para unos productos se necesita emplear más tiempo que para otros. Por ejemplo, si aumenta la proporción de productos más laboriosos, la producción general (unidades por hora) tenderá a caer.
- Los cambios en los métodos y las máquinas. Por ejemplo, si se ha conseguido una reducción de los tiempos de preparación, la capacidad aumentará.

La capacidad calculada está basada en el tiempo (horas por turno, turnos por semana), la utilización (qué cantidad de tiempo se usa de forma productiva) y la eficacia (cómo de bien se emplea el tiempo)

A continuación, se muestra el proceso que se utiliza para calcular la capacidad:

Turnos/ Día	2
x	x
Número de máquinas	5
x	x
Horas por turno	8
x	x
Días por semana	5,5 (horas extraordinarias incluidas)
	$= (2 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 5,5) = 440$
x	x
Utilización	85% (Interrupciones, esperas)
	$= (440) - (440 \cdot 0,15) = 374$
x	x
Eficiencia	95% (Horas trabajadas)
= Horas estándar semanales	= Horas estándar semanales
	$= (374) - (374 \cdot 0,05)$
356 Horas estándar/ Semana	

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Las horas utilizadas en el trabajo de producción son inferiores al tiempo disponible, ya que hay pérdidas de tiempo (tiempos de espera, averías,)

El porcentaje de utilización se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas disponibles}} * 100$$

La eficiencia, (horas efectivas), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas estándar}} * 100$$

La capacidad necesaria se puede obtener calculando el tiempo que consumirá cada orden lanzada y planificada.

Para calcular el tiempo real necesario para procesar el trabajo de una orden se procede en dos fases:

- Calcular el tiempo estándar.
- Ajustar éste con la utilización y la eficiencia.

Por ejemplo, existe una orden pendiente de 500 fundiciones mecanizadas de la pieza Nº AB- 176. El proceso consiste en “mecanizar todas las caras”.

- Tiempo de preparación 0,5 horas.
- Tiempo de proceso por pieza 0,1 horas.
- Tiempo total (en horas estándar) = 0,5 + (500 x 0,1) = 50,5 horas

Suponga que la utilización máxima es del 85% y la eficiencia del 102%, entonces el total de horas de taller necesarias es:

$$\frac{\text{Horas estándar}}{\text{Utilización} * \text{Eficiencia}} = \frac{50.5}{0.85 * 1.02} = 58,25 \text{ horas}$$

En el informe de carga se muestran las horas necesarias en períodos de tiempo (normalmente semanas) para completar las órdenes lanzadas abiertas y las planificadas. Las horas estándar calculadas se comparan con la capacidad “tasada” disponible (Horas x Utilización x Eficiencia)

INFORME DE CARGA				
	Sem.10	Sem.11	Sem.12	Sem.13
Órdenes abiertas (Horas)	100	80	30	25
Órdenes planificadas (Horas)	50	70	90	100
Total (Horas)	150	150	120	125
Capacidad tasada (Horas)	140	140	140	140
Déficit (Horas)	10	10		
Horas sobrantes			20	15

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

A continuación, vamos a ver unos ejemplos.

Ejemplo 1

Datos básicos:

- La pieza A requiere 3 horas estándar de trabajo por unidad.
- La pieza B requiere 6 horas estándar de trabajo por unidad.
- La pieza C requiere 4,5 horas estándar de trabajo por unidad.

Datos MRP:

	0	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Pieza A				
Pedidos abiertos (en curso)	6	6	5	6
Pedidos planificados	-	3	5	3
Pieza B				
Pedidos abiertos (en curso)	-	2	4	3
Pedidos planificados	-	1	5	2
Pieza C				
Pedidos abiertos (en curso)	1	3	3	5
Pedidos planificados	-	4	2	4
Planificación CRP (horas estándar por semana)				
Total pedidos abiertos	22,5	43,5	52,5	54
Total pedidos planificados		33	54	39
Total	-23	76,5	106,5	93
Capacidad disponible		90	90	90
Variación	-23	13,5	-16,5	-3
Variación acumulada	-23	-9	-25,5	-28,5

Se observa que es necesario tomar decisiones/ acciones que reduzcan las faltas de capacidad existentes en el plan actual. Y para ello existen dos técnicas:

- **Cargar hacia delante.** Este método programa todos los pedidos abiertos (en curso) en el primer período. Los pedidos planificados se destinan entonces al período en el cual se tiene que iniciar la producción.
- **Cargar hacia atrás.** Este método programa todas las ordenes en base al período previsto de recepción. Esto generalmente significa que las ordenes ya en curso no se incluyen.

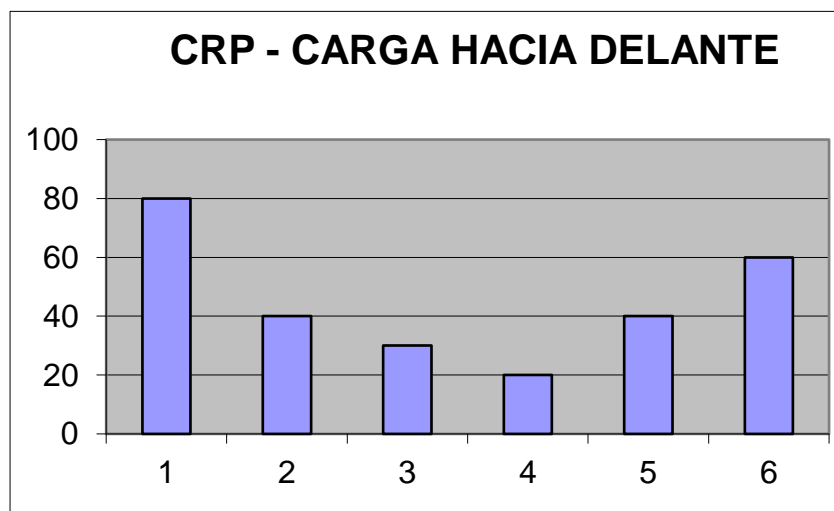
LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Ejemplo 2

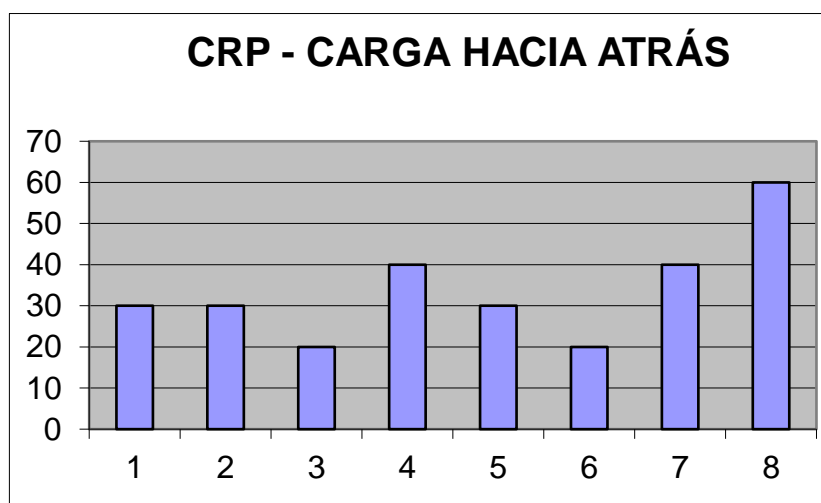
Datos MRP (en horas estándar)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedidos en curso		60							
Recepciones planificadas		30	30	20	40	30	20	40	60
Pedidos planificados	30	20	40	30	20	40	60		

Nota: Todos los artículos tienen un tiempo de suministro de dos períodos y que hay capacidad infinita.



Observe que el período 1 se han cargado las 60 horas de los pedidos en curso más las 20 horas del pedido planificado en ese período.



Es evidente que la carga de trabajo prevista varía en función del método usado.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Ejemplo 3

Datos MRP (en horas estándar)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedidos en curso		50							
Recepciones planificadas		50	20	40	35	30	40	60	25
Pedidos planificados		20	40	35	20	40	60	25	30

La capacidad máxima del centro de producción es de 45 horas estándar y el tiempo de suministro de una semana.

El CRP con carga hacia delante funciona así:

En el período 1 se han de asignar las 50 horas de los pedidos en curso más las 20 horas que corresponden. Como la capacidad máxima es 45 horas, sólo se le pueden asignar 45 horas. Las 5 horas restantes de los pedidos en curso más las 20 horas del pedido planificado en 1 pasan al período 2.

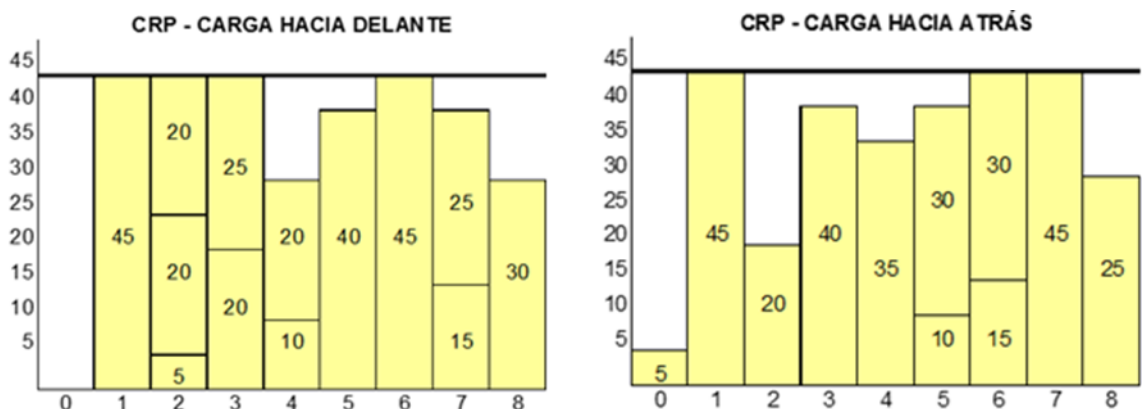
En el período 2 se han de asignar las 5 + 20 horas que proceden del período anterior más las 40 horas del pedido planificado para el período 2. Como la capacidad máxima es de 45 horas, 20 horas del pedido planificado para el período 2 han de pasar al período 3. Y así, sucesivamente.

El CRP con carga hacia atrás funciona así:

En el período 8 se han de asignar las 25 horas de las recepciones planificadas.

En el período 7 se han de asignar 60 horas (recepciones planificadas), pero como la capacidad máxima es de 45 horas, 15 horas han de pasar a la semana anterior (período 6)

En el período 6 se han de asignar las 15 horas que proceden del período anterior más las 40 horas de la recepción planificada para el período 6. Como la capacidad máxima es de 45 horas, 10 horas de la recepción planificada para el período 6 han de pasar al período 5. Y así, sucesivamente.



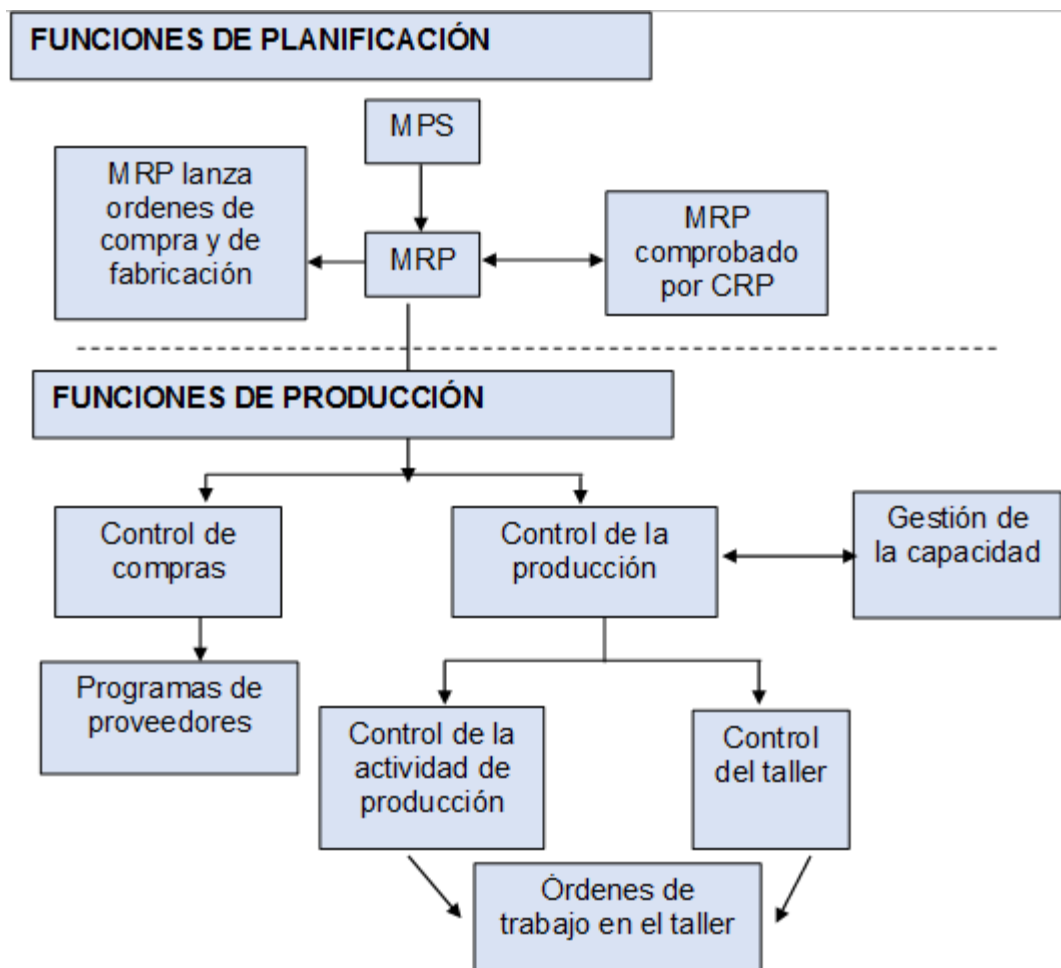
Debido a la complejidad del proceso, la mayoría de las empresas tienden a usar el proceso de carga de capacidad infinita.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

5 **CONTROL DE LA PRODUCCIÓN**

Control de la producción tiene como objetivo principal gestionar el proceso de producción de una forma eficaz y eficiente con el fin de:

- Cumplir el programa maestro de producción
- Llevar a cabo el plan de necesidades de materiales
- Controlar el inventario de trabajo en curso
- Establecer y mantener los niveles de stock
- Proporcionar los niveles de servicio establecidos
- Identificar y poner en marcha mejoras de productividad



Para lograrlo necesita información sobre dos actividades claves:

- la programación
- el control

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Para la programación se utiliza:

- Fichero maestro de piezas: información de las características de las piezas
- Lista de materiales: información de todos los montajes, submontajes, piezas, y materias primas necesarias para fabricar el producto padre
- Informe de ruta: información de la ruta a seguir en el proceso de fabricación para conseguir el producto final (dónde se realiza el trabajo, secuencia del proceso, descripción de la operación, equipo y las herramientas necesarias)
- Centro de producción o de trabajo: información y los datos básicos de cada centro de producción. (Capacidad, tiempos, esquema de trabajo con turnos y horas y horas por turno, eficiencia, utilización, costes)
- Planificación de las necesidades de herramientas

Para el control se utiliza:

- Registro de órdenes de producción: información de la orden de trabajo (número de la orden, cantidad de la orden, cantidad terminada, cantidad desechada, cantidad de materiales pedidos, fecha planificada para la finalización del pedido, prioridad o secuencia de la orden, cantidad pendiente, costes)
- Registro del centro de producción: información de número de operaciones, tiempos de preparación, tiempos de proceso, cantidad terminada, cantidad desechada, tiempo planificado, exceso o falta de tiempo operativo)
- Emisión de material: informe de la emisión y entrega de materiales a la planta para el control del inventario en el almacén.
- Control de personal: información sobre la actividad y el nivel de rendimiento del personal.
- Control de calidad: información sobre el nivel de producción y las piezas defectuosas.
- Control del equipo: información sobre el rendimiento de las máquinas, estado de las máquinas, actividad de mantenimiento, etc
- Control de herramientas: información sobre la disponibilidad, utilización y estado de todas las herramientas.

En resumen, el control de la producción debe saber para planificar y controlar:

- Qué es lo que se va a fabricar.
- Cuándo hay que fabricarlo.
- Cuánto hay que fabricar.
- Dónde hay que fabricarlo.
- Cómo hay que fabricarlo.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

6 MRP Y PROCESOS KANBAN

6.1 **DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE FABRICACIÓN EN SISTEMAS MRP**

Para determinar los tamaños de los lotes en los sistemas MRP se pueden utilizar diferentes métodos.

LOTE ECONÓMICO

Es el balance entre los costes de emisión de pedidos y el coste de posesión (almacenarlo). La fórmula del EOQ ("Economic Order Quantity" – Lote económico) se basa en la asunción de una demanda constante y uniforme. En la planificación de materiales, a menudo, esto no es aplicable. En una lista de materiales multinivel, las demandas de los artículos de menor nivel en el sistema MRP pueden ser más volátiles que las demandas de los productos terminados.

La fórmula para establecer la EOQ de un artículo fabricado es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * C * D}{i}}$$

Siendo:

C = costes de emisión del pedido

D = demanda media por período

i = el coste de posesión para un período

El coste de emisión y el coste de posesión se calculan mediante las fórmulas:

Coste de emisión de los pedidos = número de pedidos * coste de un pedido

Coste de posesión = $\frac{\text{Stock de apertura} + \text{Stock de cierre}}{2} \times \text{coste de posesión total}$

Ejemplo:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30

C = 180€ por pedido

D = 141 unidades por semana

i = 1€ por unidad por semana

$$EOQ = 225 \text{ unidades} = \sqrt{\frac{2 * 180 * 141}{1}}$$

Si aplicamos la EOQ de 225, las variaciones de la demanda causarán roturas de stock en algunos períodos.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30	141	Media
Cantidad de pedido	225					225	225	225	225	225		
Stock de apertura	225	215	200	180	165	95	70	-5	-180	-255	710	Total
Stock de cierre	215	200	180	165	95	70	-5	-180	-255	-60	425	Total
Coste de emisión											1800	
Coste de Posesión											568	

Por lo que en algunos períodos es necesario aumentar la cantidad de pedido para cumplir los requerimientos; por ejemplo, en las semanas 7 y 8.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30	141	Media
Cantidad de pedido	225					225	230	400	300	198		
Stock de apertura	225	215	200	180	165	95	70	0	0	0	1150	Total
Stock de cierre	215	200	180	165	95	70	0	0	0	168	1093	Total
Coste de emisión											1800	
Coste de Posesión											1122	

POQ (PERIOD ORDER QUANTITY) – LOTES PERIÓDICOS

Este método busca reducir los costes de posesión del inventario asociados con la fórmula EOQ calculando un tiempo entre órdenes que sea económico. Este período entre pedidos se deriva de dividir la EOQ por la tasa media de demanda, es decir, $[225/141]$ – lo cual se redondearía y para este ejemplo, daría dos semanas. Esto significa que cada dos semanas se tendría que lanzar una orden.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30	141	Media
Cantidad de pedido	25		35		320		700		330			
Stock de apertura	25	15	0	15	0	250	0	400	0	30	735	Total
Stock de cierre	15	0	15	0	250	0	400	0	30	0	710	Total
Coste de emisión											1800	
Coste de posesión											723	

Esto representa una reducción sustancial en los costes de posesión para el período de 10 semanas – de 1.122€ a 723€. Debido a que este método sólo establece un intervalo de tiempo entre pedidos, ignora la posibilidad de combinar pedidos en períodos de baja demanda; por ejemplo, entre las semanas 1 y 4

MÍNIMO COSTE TOTAL

Este método usa toda la información suministrada por el plan de necesidades, buscando igualar los costes de emisión y los costes de posesión. Su hipótesis básica es que la suma total de costes de posesión y emisión se minimizan cuando ambos son lo más parecido posible.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30	141
Cantidad de pedido	60				70						
Stock de apertura	60	50	35	15	0	0	-250	-550	-950	-1250	-2840
Stock de cierre	50	35	15	0	0	-250	-550	-950	-1250	-1280	-4180
Coste de emisión											1800
Coste de posesión											-3510

Se usan cálculos alternativos de tamaño del lote, para ello calculamos la demanda acumulada y calculamos el coste de emisión y posesión y se escoge aquella en donde los costes sean los más parecidos.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda	10	15	20	15	70	250	300	400	300	30
Demanda Acumulada	10	25	45	60	130	380	680	1080	1380	1410

Opción	Coste de emisión	Coste de Posesión
1	180 €	$(0,5 * 10) * 1€ = 5 €$
2	180 €	$[(0,5 * 10) + (1,5 * 15)] * 1€ = 28 €$
3	180 €	$[(0,5 * 10) + (1,5 * 15) + (2,5 * 20)] * 1€ = 78 €$
4	180 €	Opción 3 + $(3,5 * 15) * 1€ = 130 €$
5	180 €	Opción 4 + $(4,5 * 70) * 1€ = 445 €$

El primer pedido consistirá en pedir un lote que incluya las necesidades de las semanas 1, 2, 3 y 4.

Se continúa con el resto de períodos de la misma forma (ahora las semanas 1 a 4 ya están cubiertas)

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda					70	250	300	400	300	30
Demanda Acumulada	0	0	0	0	70	320	620	1020	1320	1350

Opción	Coste de emisión	Coste de Posesión
1	180 €	$(0,5 * 70) * 1€ = 35 €$
2	180 €	$[(0,5 * 70) + (1,5 * 250)] * 1€ = 410 €$
3	180 €	$[(0,5 * 70) + (1,5 * 250) + (2,5 * 300)] * 1€ = 1.160 €$

El segundo pedido consistirá en pedir un lote que incluya las necesidades de la semana 5. Se continuaría con el resto de períodos de la misma forma (estando las semanas 1 a 5 cubiertas)

Este procedimiento permite que varíen los tamaños del lote y el tiempo entre pedidos.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

6.2 STOCK DE SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS MRP

Los sistemas MRP están afectados por cuatro áreas de incertidumbre:

- Incertidumbre en la demanda: en cantidades y plazos.
- Incertidumbre en los suministros: en cantidades y plazos.

Dos de los métodos para protegerse contra la incertidumbre en el MRP son:

- Especificar una cantidad de stock de seguridad: como hacen los sistemas de control de inventarios. Esta cantidad está determinada por las variaciones de la demanda y los plazos, por ello es necesario usar parámetros de desviación que midan la variabilidad de la demanda y los plazos.
- Plazos de seguridad: dar las órdenes antes de lo previsto en el plan de necesidades.

Ejemplo:

Se ha de fijar el stock de seguridad. En el ejemplo se establece un nivel fijo, pero en realidad este generalmente se actualiza de modo regular.

El componente tiene un tiempo de suministro de 3 semanas, y un objetivo de servicio del 98%.

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Demanda prevista	10	15	10	20	20	15	20	25	135
Resultados reales	13	13	15	18	22	16	22	22	
Error (diferencia)	3	-2	5	-2	2	1	2	-3	
Error acumulado	3	1	6	4	6	7	9	6	
Error de plazo			6	1	5	1	5	0	
Desviación estándar del error de plazo	= Desviación estándar de 6,1,5,1,5 y 0								2,38
Previsión desviación media acumulada	=error acumulado / número de periodos = 6 / 8								0,75

Suponiendo un tiempo de suministro esperado de tres períodos, las diferencias entre la demanda y el resultado real se computan en bloques de 3 semanas: se suman las semanas 1 - 3, luego las semanas 2 - 4, etc.

Paso 1: Se calcula la desviación estándar de las diferencias.

Esto da 2,38.

Paso 2: Se calcula la diferencia acumulada media.

Error acumulado / número de períodos = 6/8 = 0,75

Paso 3: Se calcula el stock de seguridad necesario para conseguir el nivel de servicio establecido.

Se calcula la cantidad media de pedido:

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Nº de períodos}} = \frac{135}{8} = 16.9 = 17$$

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Se calcula el factor de expectativas parciales:

$$\frac{\text{Cantidad media de pedido}}{\text{Desviación estándar de las diferencias}} \times (1 - \text{nivel de servicio})$$

$$\frac{17}{2.38} \times (1 - 0.98) = 0.1428$$

Usando la columna A de la tabla de expectativas parciales (tabla que se encuentra a continuación) se busca el valor más cercano a 0,1428. Debido a que ningún valor coincide exactamente con 0,1428, se extrapola entre 0,11 y 0,15. Utilizando la columna B, el valor que corresponde es aproximadamente 0,7. Se denomina **factor de nivel de servicio**.

Se calcula el stock de seguridad utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de nivel de servicio} * \text{Desviación estándar de las diferencias}$$

$$= 0,70 * 2,38 = 1,666, \text{ es decir, } 2.$$

Tabla de expectativas parciales

A	B
0,4000	0,00
0,1900	0,52
0,1500	0,67
0,1100	0,84
0,0850	1,04
0,0500	1,28
0,0200	1,64
0,0160	1,75
0,0120	1,88
0,0075	2,05
0,0033	2,33
0,0016	2,57
0,0006	2,88
0,0003	3,09

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

6.3 PLANIFICACIÓN DE MATERIALES UTILIZANDO KANBANS

De origen japonés Kanban se puede traducir como “señal”. El Kanban original de Toyota era una tarjeta que, cuando se ‘activaba’, implicaba que, o bien el material debía ser movido hasta el próximo puesto de trabajo o que se tenía que producir. Se diseñaron para reemplazar las órdenes de trabajo escritas, ya que un Kanban para una operación de montaje o fabricación era la autorización para fabricar el producto en la cantidad autorizada en la tarjeta.

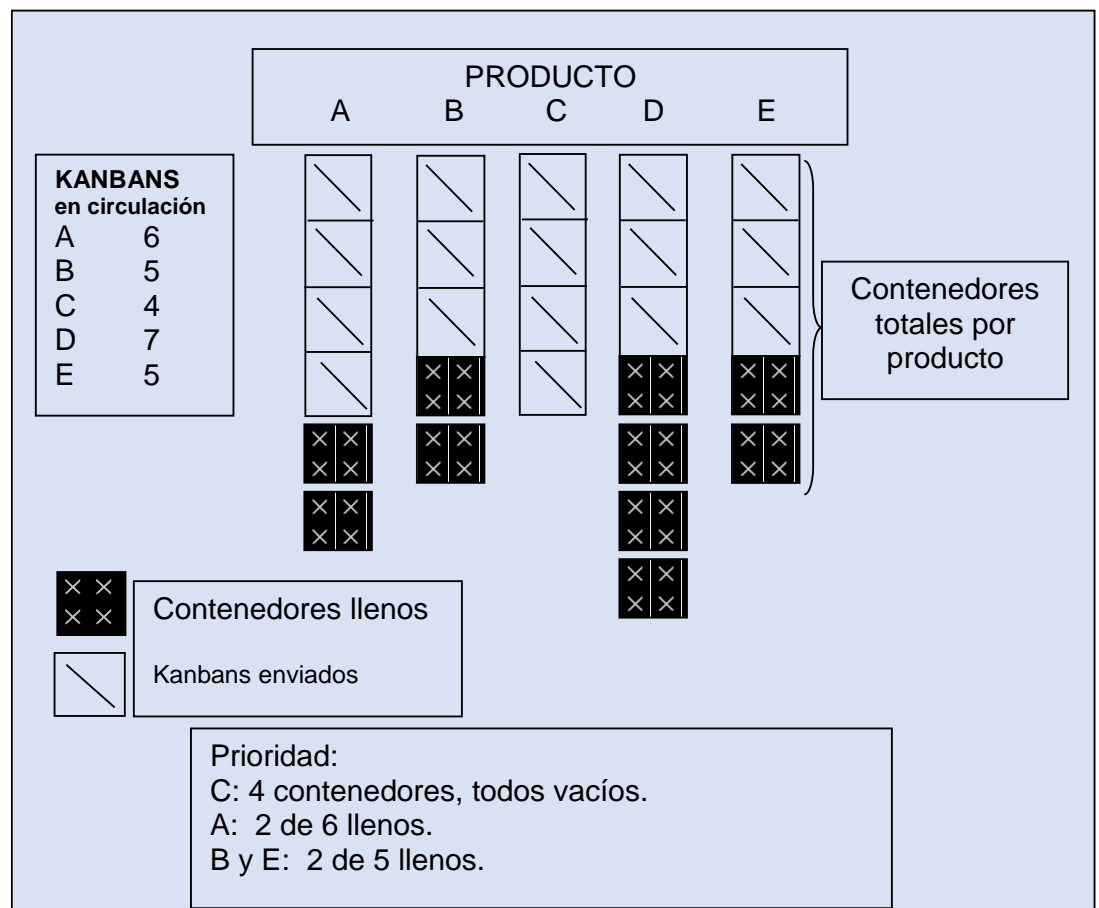
Para calcular los parámetros clave de la reposición, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- La tasa de uso.
- La frecuencia de fabricación o suministro.
- Los plazos.
- El stock de seguridad.

Con esta información disponible, se puede calcular:

- El punto de reposición.
- La cantidad de reposición.

Los Kanban pueden tener diferentes formas: tarjetas, recipientes o incluso áreas dibujadas en el suelo de la planta.



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Los Kanban pueden operar como sistemas de tarjeta única o como sistemas de dos tarjetas. En el sistema de dos tarjetas hay una que se denomina Kanban de producción y otra llamada Kanban de transporte. Los Kanban de producción se mueven dentro del puesto de trabajo y funcionan como orden de fabricación. Estos deben contener toda la información necesaria para fabricar la pieza a la que hagan referencia. En cambio, los Kanban de transporte se mueven entre dos centros de trabajo e indican las cantidades de producto a retirar del proceso anterior.

KANBAN DE PRODUCCIÓN

<u>PUESTO DE TRABAJO</u>	T – 27	Identidad del puesto Kanban Puede ser especial para este artículo Estanterías cercanas al área de trabajo
Pieza N°	1.287/AB	
Capacidad del recipiente	60	
Ubicación e inventario	A–10–2	
Centro de trabajo		
<u>MATERIAS PRIMAS</u> (entradas)		
Pieza N° 1.476	Ubicación A–10–50	Pueden ser artículos comprados o de otros centros de trabajo
Pieza N° 1.842	Ubicación A–10–40	
Pieza N° 1.954	Ubicación A–10–32	

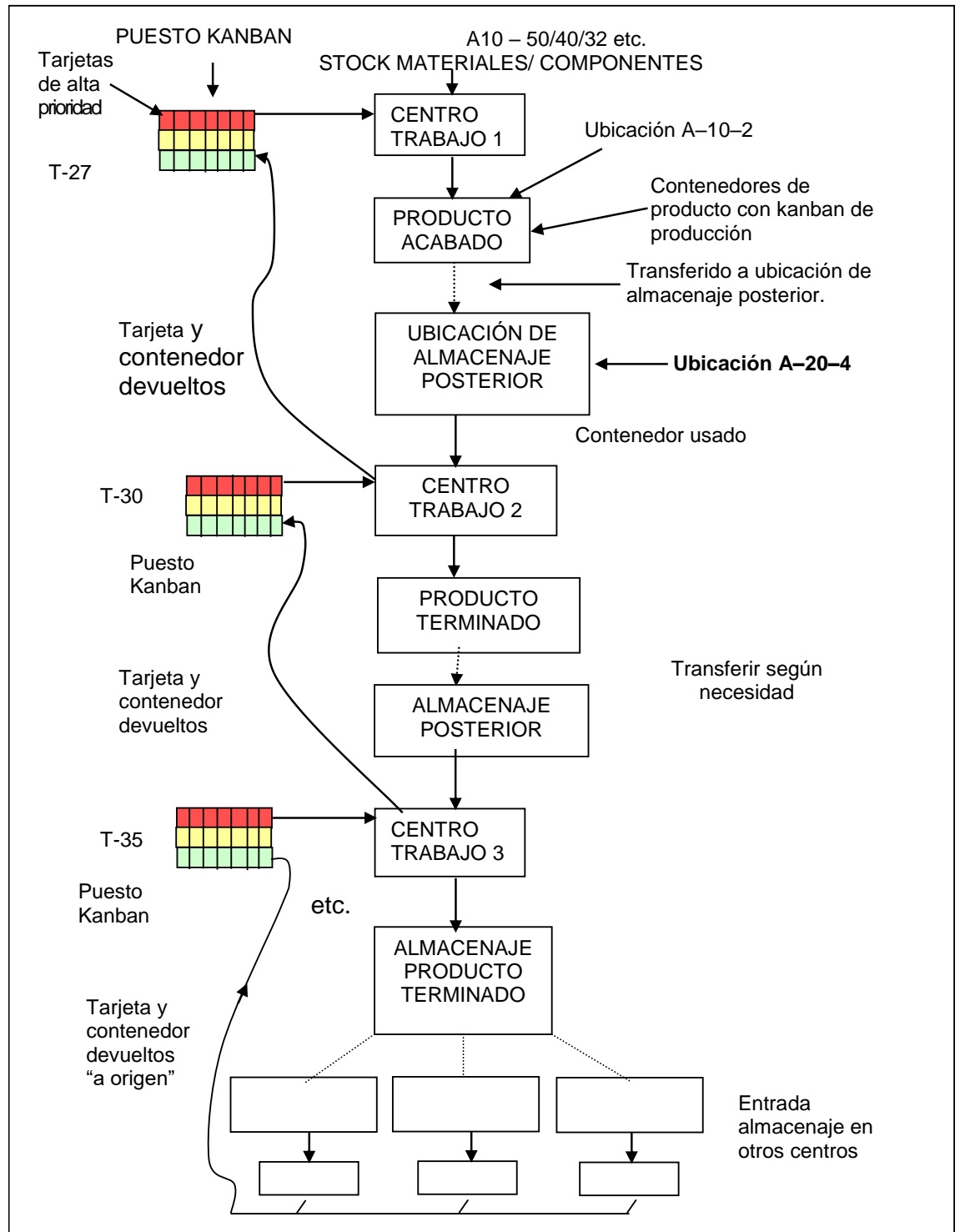
Si el cálculo de la tarjeta kanban indica una necesidad de 13 tarjetas, se producirán 13 tarjetas idénticas.

TODO SISTEMA KANBAN TIENE KANBANS DE PRODUCCIÓN.

KANBAN DE TRANSPORTE

N° pieza	1.287/AB	Área que usa la pieza 1.287/AB
Capacidad del recipiente	60	
Puesto de trabajo siguiente	T – 30	Ubicación a donde se lleva el 1.287/AB terminado
Ubicación de inventario siguiente	A–20–4	
Puesto de trabajo anterior	T – 27	
Ubicación del inventario anterior	A–10–2	

FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA KANBAN



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Los pasos del proceso Kanban que se muestra en la página anterior son:

- El operario del centro de trabajo 1 selecciona una tarjeta Kanban de producción de su casillero (el puesto Kanban T27)
- Trae los materiales necesarios de las ubicaciones de almacenaje A-10-50/40/32.
- Produce la pieza 1.287/AB - 60 unidades. Coloca los componentes y la tarjeta Kanban en el contenedor con los componentes.
- Pone el contenedor completo en la ubicación de almacenaje A-10-2.
- A su debido tiempo, el contenedor se transfiere a la siguiente ubicación de almacenaje usada por el centro de trabajo 2.
- Cuando el centro de trabajo 2 usa los componentes, el contenedor y la tarjeta Kanban vuelven al centro 1.

El Kanban de transporte funciona así:

- Cuando el operario del centro 2 ha usado el contenido de un recipiente vuelve al área de almacén del centro A-20-4. En el contenedor vacío hay un Kanban de transporte con detalles sobre el producto: código, cantidad, etc.
- En la zona del almacén se elige un nuevo contenedor del mismo componente, que contiene un Kanban de producción.
- El operario coloca el Kanban de producción en el contenedor vacío y engancha el Kanban de transporte en el contenedor lleno.
- El operario vuelve al centro 2 a procesar los componentes.

Los Kanban de transporte se usan a menudo en estaciones de trabajo que suministran a varias ubicaciones posteriores.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE KANBANS NECESARIOS

Para calcular cuántos kanbans son necesarios se han de realizar los siguientes cálculos:

$R =$ Tasa de uso – por ejemplo, 500 por hora.

$T_P =$ Tiempo de producción por unidad – por ejemplo, 1,4 minutos.

$T_D =$ Tiempo de cambio de contenedor – por ejemplo, 3 minutos para mover el contenedor de una estación de trabajo a otra.

$C =$ Capacidad del contenedor – por ejemplo, 60 unidades.

$X =$ Variación en la tasa de demanda – es decir, porcentaje por encima y por debajo de la media – por ejemplo, 5% (0,05)

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

N = Número de Kanban necesarios.

La fórmula es:

$$\frac{R}{60} * \frac{[(T_P * C) + T_D] * (1 + X)}{C}$$

$$\frac{500}{60} * \frac{[(1,4 * 60) + 3] * (1 + 0,05)}{60} = 8.333 * 1.5225 = 12,686 \text{ (es decir, 13)}$$

A veces el número de Kanban se modifica en función de la experiencia; por ejemplo, si se encuentra que el inventario aumenta, se puede quitar una tarjeta Kanban. Si, por el contrario, hay una escasez constante de inventario, se pueden agregar Kanban.

Además, el número de Kanban ha de reflejar los cambios en las velocidades de la operación y la variabilidad de la demanda.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

7 TIC'S APLICADAS A LA FABRICACIÓN

7.1 PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE FABRICACIÓN – MRPII “MANUFACTURING RESOURCE PLANNING”

Las primeras aplicaciones del MRP eran sistemas para obtener planes de necesidades de materiales. Su objetivo era tener disponibles los componentes y materiales en el momento necesario. Estos sistemas mostraban qué se tenía que hacer y cuándo, pero no producían planes de capacidad que analizaran si esos planes eran factibles en términos de capacidad.

El MRP básico evolucionó hacia el MRPII (Manufacturing Resource Planning).

El MRPII es más amplio y contempla cálculos de capacidad, planificación de capacidad estimada y planificación de las necesidades de capacidad (Capacity Requirements Planning: CRP).

Aunque el sistema MRPII se centra en los procesos de fabricación, también está relacionado con:

- Contabilidad. Suministra datos para calcular los costes del producto.
- Compras. Genera peticiones de compra para materiales y componentes.
- Proceso de pedidos. Ejecuta el programa maestro, especialmente en un entorno de fabricación bajo pedido.

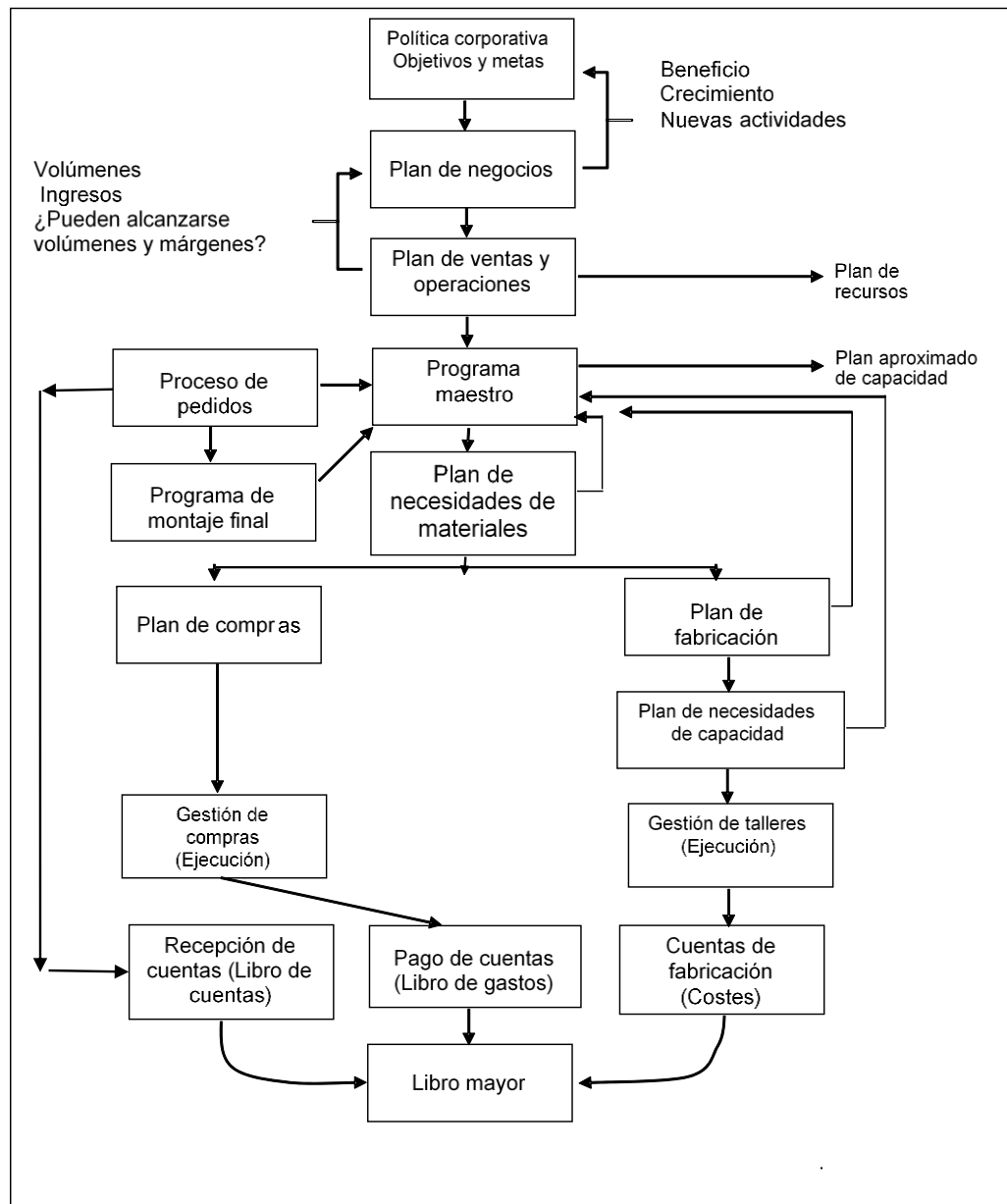
Entre los beneficios cabe destacar:

- Reduce los niveles de inventario
- Reduce la escasez de material
- Calcula los costes con más precisión
- Mejora la información de gestión
- Integra las actividades empresariales.
- El MRPII funciona con un circuito cerrado. En cada etapa del proceso, los resultados se comunican al nivel previo. Por ejemplo, si el proceso de planificación de las necesidades de capacidad (CRP) revela que se necesita más capacidad de la que hay disponible, se notificará al nivel superior para que el programa maestro pueda reajustarse.
- Integridad de la información, ya que los datos sobre productos, procesos y estado del inventario se almacenan en un único lugar.

Los sistemas MRPII están extendiéndose para cubrir actividades de la cadena de suministro tales como planes de necesidades de distribución, que planifican los requerimientos para las reposiciones de almacenes, depósitos y clientes importantes.

Los sistemas MRPII son modulares, lo que implica que el usuario puede decidir que módulos instalar inicialmente y extender el sistema cuando lo necesite.

El funcionamiento del MRP II se ilustra a continuación.



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

7.2 **PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA ERP (“ENTERPRISE RESOURCE PLANNING”)**

El ERP es un software de gestión que integra todos los procesos de la empresa.

La esencia del ERP es que permite a la empresa operar con un conjunto único de datos, almacenados en una base de datos única. Los datos son utilizados de maneras diferentes por procesos diferentes, pero son los mismos datos. De esta manera se garantiza la integridad de la información.

Algunos sistemas ERP pueden necesitar extenderse con otros softwares para gestionar totalmente la cadena de suministro. Todos estos sistemas conexos toman sus datos de la base de datos del ERP y los usan para planificar, establecer modelos, preparar instrucciones de fabricación, desarrollar planes de distribución, etc. Los resultados retroalimentan al sistema ERP para su ejecución en forma de instrucciones de fabricación, órdenes de compra, reposición de materiales, etc.

Un sistema ERP aporta muchos beneficios:

- Niveles reducidos de stocks de materiales, trabajo en curso y artículos terminados.
- Mejor uso de la capacidad de fabricación y mejor uso de los recursos “cuello de botella”.
- Mejor información de gestión. Agrega y presenta datos comunes de la base de datos ERP, y no de sistemas de información individuales (de cada una de las funciones de la empresa)
- Mejor coste de producción, basado en un análisis más detallado de los inductores de coste. Se utiliza el ABC (“Activity Based Costing” – Coste basado en las actividades)
- Mejor control de los materiales. Hay una mayor visibilidad de los materiales que se hallan en todas las fases de fabricación.
- Mejora de la integración de la información.
- Plazos más rápidos de cumplimiento de pedidos, debido al mejor procesamiento de los mismos y a una mejor planificación de la producción.

Los sistemas son modulares (se pueden comprar los módulos necesarios y posteriormente agregar módulos adicionales conforme las necesidades del negocio cambian).

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

La implantación del ERP no consiste en el traslado de los procesos existentes a una base de datos integrada, sino que implica el rediseño de los procesos para hacer que la empresa funcione con más eficacia y eficiencia. Esta mayor eficacia y eficiencia se buscan aumentando la capacidad de respuesta, simplificando los procesos y recortando los derroches. Son los procesos mejorados los que determinan la estructura de los sistemas ERP. Esto no significa que el sistema no se actualice una vez implantado. Nuevas actividades empresariales y la mejora constante de los procesos implicarán que el ERP tenga que ser actualizado.

7.3 **PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN AVANZADAS APS (“ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING”)**

Aunque el MRP evolucionó hacia el MRP II, seguía existiendo problemas con la programación con capacidad finita.

En los años 80 Eli Goldratt desarrolló un enfoque denominado Tecnología de Producción Optimizada (OPT: “Optimised Production Technology”) Este enfoque estaba basado en la identificación y programación de los recursos cuello de botella. El OPT permitió la planificación y la programación de materiales y de capacidad en un mismo proceso.

A principios de los años 90, surgió la Planificación y Programación Avanzada, APS (Advanced Planning and Scheduling), como una herramienta de planificación basada en limitaciones, con origen en la filosofía OPT.

El APS presenta un plan “óptimo” al planificador, el cual puede resolver conflictos de limitaciones y modificar prioridades y parámetros de producción. El sistema permite así, que el planificador use sus habilidades conjuntamente con un potente software de modelización para obtener un plan factible.

La metodología APS, no reemplaza el MPS, el plan aproximado de capacidad asociado, el MRP y el plan de necesidades de capacidad correspondiente, sino que las utiliza de forma más eficiente.

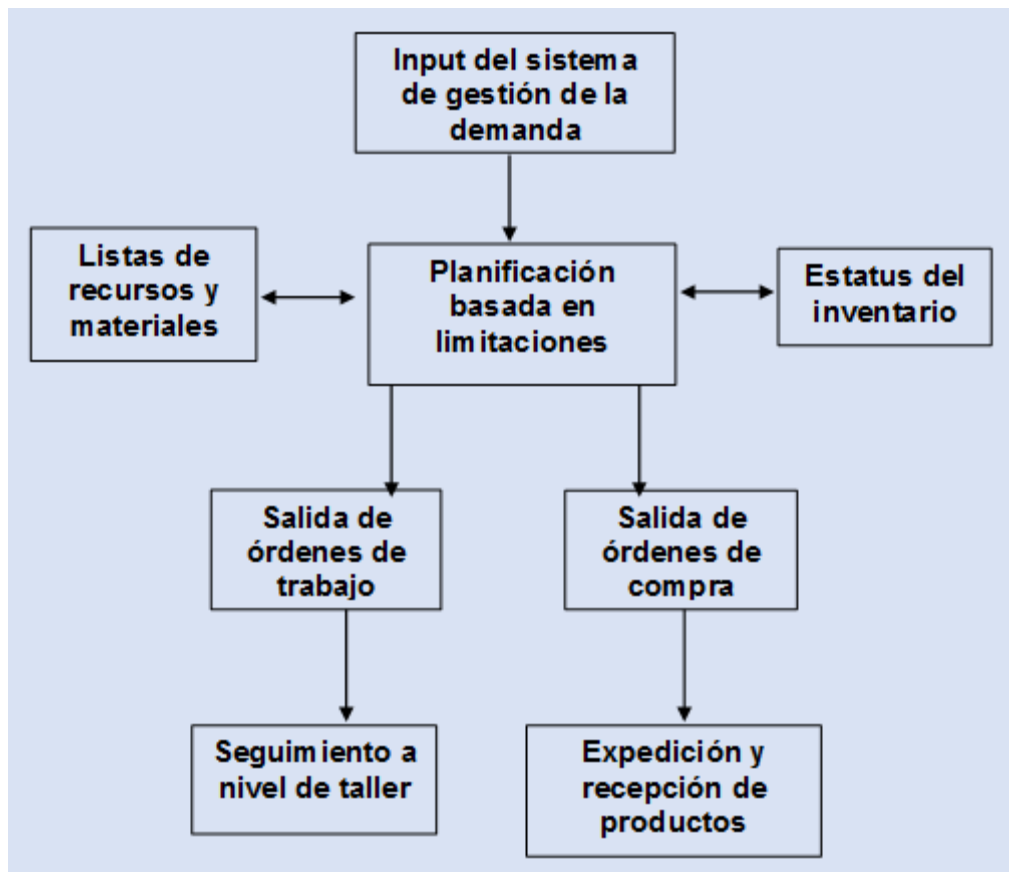
Las características principales del APS, las podemos resumir en:

- El enfoque APS consiste en producir planes de compras y producción que puedan trabajar con una amplia gama de limitaciones, relacionadas con:
 - La disponibilidad de material: demoras o plazos largos para materiales especificados en la lista de materiales.
 - La capacidad de las máquinas: las necesidades exceden a la capacidad en los centros de trabajo cuello de botella.
 - El arranque y la secuenciación: depurar opciones entre productos.
 - Disponibilidad de personal y sus habilidades.
 - La disponibilidad de herramientas.
 - El activo circulante: necesidad de mantener el trabajo en curso dentro de unos valores especificados.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

- El servicio al cliente: secuenciar los trabajos para cumplir con las fechas prometidas.
- Son bi-direccional, es decir trabajan de arriba abajo y de abajo a arriba (que los sistemas MRP no hacen).
- Capacidad multi-nivel para establecer el “disponible para prometer”, que en los sistemas MRP está restringida a los artículos de alto nivel comprendidos en el programa maestro.
- Capacidad de modelización y simulación. Los sistemas pueden optimizar en base a la minimización de inventarios, la capacidad limitada, etc.
- El APS es un sistema de aplicaciones especializadas que trabaja con el sistema ERP, aunque cada vez más está integrado como un módulo dentro del propio ERP. Reducción de inventarios, gracias a los reducidos niveles de trabajo en curso y stock de seguridad y a su planificación de materiales y programación de tareas.
- Aumenta el control sobre la fabricación, ya que los planes pueden revisarse para optimizar las circunstancias cambiantes y no es necesario tanto stock.
- Mejora el servicio al cliente. Todo lo anterior mejora el servicio al cliente, acorta los plazos, reduce los costes repercutidos a los clientes, etc.

A continuación, se muestra la estructura básica del modelo APS:



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

7.4 **GESTIÓN DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES (CRM: “CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT”)**

Hay una conciencia creciente de que los procesos relacionados con el cliente necesitan estar integrados totalmente con los procesos internos. Los sistemas CRM buscan administrar más eficazmente las relaciones con los clientes a través de la consolidación de toda la información relativa a cada cliente en una base de datos. Procesos tales como el MRPII, el ERP y el APS lo que hacen, son reducir drásticamente los costes. El CRM, además de buscar reducciones de costes, busca mejoras en la rentabilidad y el servicio al cliente.

Las encuestas muestran que la razón principal de los sistemas CRM es mejorar el servicio al cliente asegurando que las empresas se hallan más enfocadas a los clientes. Esto se hace más difícil si el número de canales de venta aumenta. El desarrollo de Internet como canal de ventas plantea muchos interrogantes sobre cómo relacionarse con los clientes. Además, la globalización de los mercados también hace que la gestión de los canales de venta sea más crítica.

Las compañías que han implantado CRM han informado que han obtenido beneficios importantes, particularmente, en la gestión de las cuentas de clientes. Esto es importante porque retener a los buenos clientes es más difícil a medida que aumenta la competencia.

Este es un tema emergente en la logística. Desde el punto de vista del Gestor de Materiales, cada vez, más empresas proveedoras se cambian a relaciones basadas en Internet. Esto puede hacer el trabajo más fácil o más difícil. Seguramente, el interés de los proveedores es hacer que el trato con ellos sea más fácil, sobre todo, en términos de disponibilidad de existencias, visibilidad de los planes de fabricación, plazos de entrega, etc.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

8 **CONCEPTOS BÁSICOS**

A través de la comprensión del entorno de fabricación, se pueden identificar los factores claves que sustentan las ventajas competitivas. Podemos citar conclusiones como:

- Agrupar productos simplifica la planificación.
- Cada entorno tiene sus propios modos de gestión de materiales y por tanto de fabricación.
- La matriz Puttick es una forma eficaz de clasificar productos ya que se focaliza en los aspectos competitivos y en identificar los impulsores del rendimiento.
- Según cómo sea el proceso productivo se debe diseñar la distribución de la planta, ya que de forma general:
 - Si los productos son de tipo estándar y de gran volumen, suelen implicar poco trabajo en curso.
 - Si tenemos mucha variedad de productos, suele implicar una gran diversidad de rutas de proceso, por lo que es más lento el ritmo de producción y por tanto suele implicar un mayor nivel de trabajo en curso.
 - Los talleres por tareas teóricamente son más versátiles, pero suelen presentar una ratio de flujo más lento.

Se ha descrito como se han establecido el vínculo entre la planificación a medio plazo de las ventas y operaciones y con el plan maestro de producción.

De la misma manera que el programa maestro desglosa las previsiones hechas para familias de productos en productos individuales, la planificación de materiales desglosa los productos en sus materiales y sub-montajes.

El programa maestro es un proceso difícil porque necesita estar continuamente reconciliando las necesidades de los clientes con la capacidad de la compañía.

Una vez se ha decidido qué hacer y cuándo, se puede proceder a la planificación detallada de las necesidades de materiales.

La lista de materiales indica los materiales y componentes necesarios para fabricar un producto. Se representan mediante diagramas en forma de árbol.

La planificación de las necesidades de materiales toma los resultados del programa maestro, es decir, toma las fechas y las cantidades de producto a producir y genera necesidades de materiales.

La lista de materiales se utiliza para:

- La definición del producto.
- La Planificación de la fabricación y las compras para cubrir las necesidades del programa maestro.
- Proporciona una base para documentar cambios del diseño del producto y para la simplificación de los mismos
- Permite calcular el coste de los materiales de un producto y proporciona la base para calcular los costes directos de la mano de obra.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

El MRP:

- necesita un stock de seguridad cuando las cantidades y los plazos pueden diferir de los programados
- el stock de seguridad puede calcularse utilizando el procedimiento de las expectativas parciales
- no gestiona eficientemente las discrepancias entre la capacidad requerida y la disponible

El MRPII:

- reduce inventarios porque se basa en un programa maestro derivado de un proceso de gestión de la demanda
- integra los procesos de planificación de ventas y operaciones con la fabricación
- es modular, adaptándose a cambios en el negocio
- los proveedores de ERP lo están incorporando como un módulo más.

Se pueden usar varios métodos para determinar las cantidades del lote.

- En la EOQ hay diferencias entre la producción y las necesidades, especialmente si la demanda es volátil.
- El método del lote periódico tiende a ignorar las oportunidades de consolidar la demanda de varias semanas.
- El método del mínimo coste total tiene la ventaja de usar toda la información de la planificación.

Los sistemas Kanban:

- se basan en registros visuales que estimulan la reposición basada en prioridades
- los niveles de inventario son controlados por el número de Kanban del sistema
- se calcula el número de Kanban necesarios, pero hay que revisar los cálculos si cambian las circunstancias
- proveen un método de control en tiempo real de las operaciones a nivel del taller.

Las empresas que usan sistemas ERP para gestionar de forma integrada la cadena de suministros consiguen ventajas competitivas, ya que:

- vincula objetivos corporativos y mercados, por ejemplo, a través de un proceso de planificación de ventas y operaciones
- es un sistema integrado de proceso de transacciones basado en una base de datos integrada y un software habilitador
- puede interconectarse con sistemas de apoyo que optimicen las decisiones, tales como sistemas de planificación y programación avanzadas
- integra los procesos para mejorar el servicio y reducir los costes

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

El APS:

- es una herramienta de programación basada en las limitaciones. Evolucionó a partir de los métodos OPT desarrollados por Goldratt.
- ofrece procesos veloces y bidireccionales de planificación de las ventas y las operaciones.
- se conecta con los sistemas ERP.
- Los beneficios del APS incluyen plazos más cortos, reducción de los inventarios en curso y un mejor control de la fabricación.

El CRM:

- las empresas implantan, cada vez más, sistemas CRM para mejorar la relación con los clientes más importantes
- el desarrollo del comercio electrónico como un canal nuevo de venta aumenta la diversidad de relaciones con los clientes
- la gestión de materiales debería beneficiarse de la progresiva implantación de sistemas CRM en los proveedores

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

9 ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

EJERCICIO 1

El plan de ventas y operaciones de la empresa E para el grupo de producto AB para el mes 5 es de 4.800 unidades.

El mes 5 comprende de la semana 19 a la 22, ambas inclusive. El grupo de producto AB tiene cuatro productos. Históricamente, la demanda de este grupo se ha dividido entre los cuatro productos tal como sigue:

Grupo de producto AB

AB1 = 40%

AB2 = 35%

AB3 = 15%

AB4 = 10%

Presente un programa maestro de producción para las 4 semanas asumiendo que la demanda total se va a distribuir uniformemente a lo largo de las cuatro semanas.

EJERCICIO 2

Complete la siguiente planificación para mostrar el “nuevo plan” necesario para los periodos 7 – 10, para conseguir la cifra de stock de cierre que se indica. Este proceso se desarrolla al final del Período 4, así que la previsión cubre 6 periodos. En este caso las previsiones para los periodos 5 y 6 no han cambiado.

Período	5	6	7	8	9	10	Total
Demanda prevista	60	65	50	45	60	70	
Plan antiguo	30	30					
Plan nuevo							
Stock de cierre							
Stock de apertura	100						
Objetivo de stock	10						

EJERCICIO 3

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

A partir de la siguiente descripción de un producto:

- Realice una estructura en forma de árbol
- Elabore una lista de materiales indentada.
- Calcule las compras necesarias para un lote de 100 unidades de ABC.

El producto ABC es un artículo del programa maestro (nivel 0). Sus ítems en los diferentes niveles son:

Nivel 1:

Conjunto A - Necesidad: 1

Abrazadera BR1 – Necesidad: 4 (Compradas)

Conjunto B – Necesidad: 1

Nivel 2:

El conjunto A necesita:

Placa base BP1- Necesidad: 1

Pasador SP1- Necesidad: 4

El conjunto B necesita:

Abrazadera BR2 – Necesidad: 1

Bisagra de montaje H4 – Necesidad: 2

Nivel 3:

La bisagra de montaje necesita:

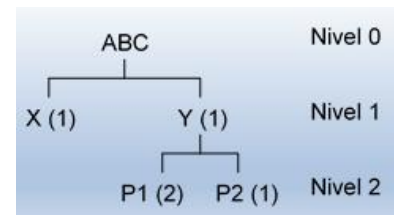
Placas agujereadas PP1 – Necesidad: 2

Pasador de ajuste SP1 – Necesidad: 1

EJERCICIO 4

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

A partir de la estructura simple del producto ABC:



y los datos del programa maestro establecer para cada nivel la siguiente información, es decir el MRP,

Necesidad bruta
 Recepción programada
 Neto disponible
 Neto proyectado
 Necesidad neta
 Recepción de orden planificada
 Lanzamiento orden planificada

Al final, hacer un resumen del MRP

Datos:

Montaje ABC

	SEMANAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Programa maestro				1.000	500	500	1.000	500
Stock libre			600					
Tiempo de suministro			1					
Lote/ Cantidad de pedido			1.000					
Stock de seguridad			300					
Recepciones programadas			1.000	En la semana 3.				

X (artículo comprado)

Stock libre	400
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	200
Recepciones programadas	1.000 En la semana 2.

Y (montado a partir de P1 y P2)

Stock libre	600
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	300
Recepciones programadas	1.000 En la semana 2.

P1 (artículo comprado)

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Stock libre	600
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	100
Recepciones programadas	1.000 En las semanas 3 y 6.

P2 (artículo comprado)

Stock libre	1000
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	400
Recepciones programadas	1.000 En la semana 2.

EJERCICIO 5

Conteste a las siguientes preguntas

- Una planta de prensado tiene 5 prensas parecidas. Trabaja 5 días a la semana con 8 horas diarias de trabajo. ¿Cuál es el tiempo disponible?
- En una muestra de un número considerable de semanas la media de horas trabajadas/semana fue de 110 y la media de horas disponibles de 130. ¿Cuál es, el % de utilización?
- La media de horas estándar del trabajo realizado a lo largo de una muestra de varias semanas fue 120 y la media de horas realmente trabajadas de 110 ¿Cuál es el % de eficiencia?
- Un centro de trabajo tiene 4 máquinas que trabajan 9 horas al día durante 5,5 días/semana. La utilización es del 80% y la eficiencia del 97%. ¿Cuál es la capacidad tasada?
- La empresa E tiene la siguiente planificación para las próximas 12 semanas:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pedidos en curso		160											
Recepciones planificadas		80	80	100	100	180	160	140	160	100	130	120	150
Pedidos planificados		100	100	180	160	140	160	100	130	120	150	100	100

Para ilustrar la carga hacia delante y hacia atrás, construya un plan de necesidades de capacidad basada en los dos siguientes criterios.

- Carga hacia delante con capacidad infinita.
- Carga hacia atrás con capacidad finita de 140h por semana.

El tiempo de suministro es de dos semanas.

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

SOLUCION EJERCICIO 1

Requerimiento total por semana = $4.800/4 = 1.200$

Requerimiento total para cada producto

AB1 = $40\% * 4.800 = 1.920$

AB2 = $35\% * 4.800 = 1.680$

AB3 = $15\% * 4.800 = 720$

AB4 = $10\% * 4.800 = 480$

Total = 4800

El MPS para el grupo AB en mayo podría ser:

	Semana	19	20	21	22	Total
Producto						
AB1		480	480	480	480	1.920
AB2		420	420	420	420	1.680
AB3		300		300	120	720
AB4			300		180	480
Total		1.200	1.200	1.200	1.200	4.800

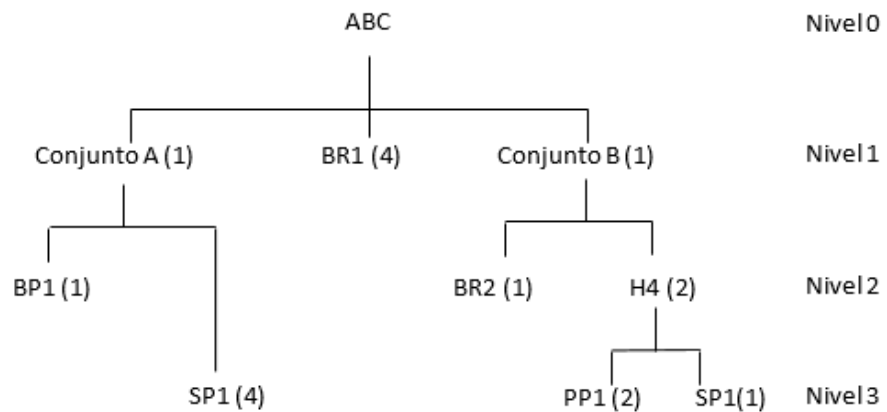
SOLUCION EJERCICIO 2

Período	5	6	7	8	9	10	Total
Demanda prevista	60	65	50	45	60	70	350
Plan antiguo	30	30					60
Plan nuevo			25	45	60	70	200
Stock de cierre	70	35	10	10	10	10	
Stock de apertura	100						
Objetivo de stock	10						

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

SOLUCION EJERCICIO 3

- La estructura en forma de árbol



Lista de materiales indentada del producto ABC

Nivel			Cantidad necesaria
1	2	3	
Conjunto A			1
		SP1	4
	BP1		1
BR1			4
Conjunto B	BR2		1
	H4		2
		PP1	2
		SP1	1

- Las compras necesarias para un lote de 100 unidades de ABC.

<u>Artículos comprados</u>			
BP1	1 * Conjunto A =	1	100
SP1	4 + 1 * H4 =	4 + 2 = 6	600
BR1	4	4	400
BR2	1 * Conjunto B =	1	100
PP1	2 * H4 =	4	400

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

SOLUCION EJERCICIO 4

Se empieza por el ítem de nivel 0.

Plan MRP para el montaje ABC

	SEMANAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Programa maestro				1.000	500	500	1.000	500
Stock libre			600					
Tiempo de suministro			1					
Lote/ Cantidad de pedido			1.000					
Stock de seguridad			300					
Recepciones programadas			1.000	En la semana 3.				
	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta				1.000	500	500	1.000	500
Recepción programada			1.000					
Neto disponible	600	600	1.600	600	100	-400	-1.400	-1.900
Neto proyectado	600	600	1.600	600	1.100	600	600	1.100
Necesidad neta					200		700	200
Recepción de orden planificada					1.000		1.000	1.000
Lanzamiento orden planificada				1.000		1.000	1.000	

Se continúa con los ítems de nivel 1: 'X' e 'Y'. Se empieza, por ejemplo, por X. Para una unidad de ABC se necesita 1 unidad de X. Así, para calcular las necesidades brutas (NB) de X, se procede de la siguiente manera:

$$NB(x) = 1 * LOP(ABC)$$

Siendo LOP(ABC) el lanzamiento de órdenes de planificadas de ABC.

Por tanto, las necesidades brutas de ABC son:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Lanzamiento orden planificada				1.000		1.000	1.000	
Stock libre			400					
Tiempo de suministro			1					
Lote/ Cantidad de pedido			1.000					
Stock de seguridad			200					
Recepciones programadas			1.000	En la semana 2.				

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Plan MRP para X (artículo comprado)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta				1.000		1.000	1.000	
Recepción programada		1.000						
Neto disponible	400	1.400	1.400	400	400	-600	-1.600	-1.600
Neto proyectado	400	1.400	1.400	400	400	400	400	400
Necesidad neta						800	800	
Recepción de orden planificada						1.000	1.000	
Lanzamiento orden planificada					1.000	1.000		

A continuación, se realiza la explosión de necesidades de Y, para lo cual es necesario calcular sus necesidades brutas. Sus necesidades brutas se calculan a partir de la fila "Lanzamiento de órdenes planificadas" del producto ABC.

Como por cada ABC es necesaria una Y, las necesidades brutas de Y se calcularán como:

$$NB(Y) = 1 * LOP(ABC)$$

Por tanto, las necesidades brutas de ABC son:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Lanzamiento orden planificada				1.000		1.000	1.000	
Stock libre			600					
Tiempo de suministro			1					
Lote/ Cantidad de pedido			1.000					
Stock de seguridad			300					
Recepciones programadas			1.000	En la semana 2.				

Plan MRP para Y (montado a partir de P1 y P2)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta				1000		1000	1000	
Recepción programada		1.000						
Neto disponible	600	1.600	1.600	600	600	-400	-1400	-1400
Neto proyectado	600	1600	1600	600	600	600	600	600
Necesidad neta						700	700	
Recepción de orden planificada						1.000	1000	
Lanzamiento orden planificada					1000	1000		

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

A continuación, se realiza la explosión de necesidades de los ítems de nivel 2 (ítems P1 y P2)

Como para cada Y se necesitan dos P1, las necesidades brutas de P1 se calcularán de la siguiente forma:

$$NB(P1) = 2 * LOP(Y)$$

Plan MRP para P1 (artículo comprado)

Stock libre	600
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	100
Recepciones programadas	1.000 En las semanas 3 y 6.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta					2000	2000		
Recepción programada			1.000			1000		
Neto disponible	600	600	1.600	1600	-400	-1400	-1400	-1400
Neto proyectado	600	600	1600	1600	600	600	600	600
Necesidad neta					500	500		
Recepción de orden planificada					1.000	1.000		
Lanzamiento orden planificada				1000	1000			

A continuación, se realiza la explosión de necesidades de P2. Como para cada Y se necesita un P2, las necesidades brutas de P2 se calcularán de la siguiente forma:

$$NB(P2) = 1 * LOP(Y)$$

Plan MRP para P2 (artículo comprado)

Stock libre	1000
Tiempo de suministro	1
Lote/ Cantidad de pedido	1.000
Stock de seguridad	400
Recepciones programadas	1.000 En la semana 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidad bruta					1000	1000		
Recepción programada		1.000						
Neto disponible	1000	2.000	2.000	2000	1000	0	0	0
Neto proyectado	1000	2000	2000	2000	1000	1000	1000	1000
Necesidad neta						400		
Recepción de orden planificada						1.000		
Lanzamiento orden planificada					1000			

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

La solución del MRP es:

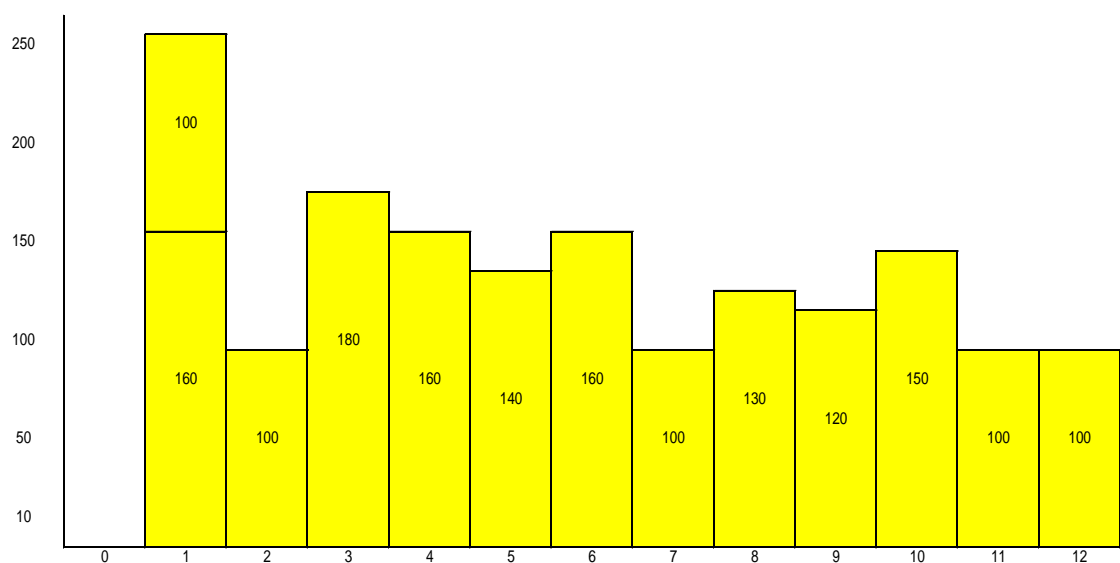
	1	2	3	4	5	6	7	8
ABC				1.000		1.000	1.000	
X					1.000	1.000		
Y					1.000	1.000		
P1				1.000	1.000			
P2					1.000			

La tabla resumen anterior muestra cuándo se han de lanzar las órdenes de producción (y cuánto se ha de pedir) de ABC e Y. También muestra las órdenes de compra de los ítems X, P1 y P2.

SOLUCION EJERCICIO 5

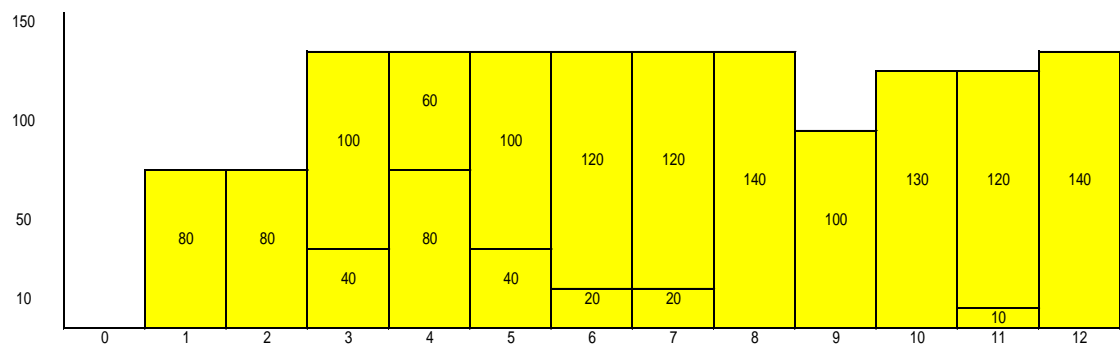
- El tiempo disponible calculado es $5 \times 5 \times 8 = 200$ horas/semana
- $(110/130) \times 100 = 84,6\%$
- $(120/110) \times 100 = 109\%$
- La capacidad tasada es: $(4 \times 9 \times 5,5) \times 0,8 \times 0,97 = 153,6$

Carga hacia delante con capacidad infinita



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

Carga hacia atrás con capacidad finita



LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

10 **ACTIVIDADES DE REPASO**

- ¿Puede identificar los aspectos competitivos de la empresa Inditex a través de la matriz de Puttick?
- ¿Por qué podría considerarse el programa maestro como un área clave en una compañía de fabricación? ¿Qué información necesita el programador maestro para realizar su trabajo? ¿Cómo contribuye la planificación aproximada de la capacidad a la eficacia del programa maestro?
- ¿Cuáles son los beneficios de organizar maquinaria diversa en células de fabricación de productos completos, respecto a la producción mediante el traslado de productos entre grupos de máquinas separadas por distancias largas?
- ¿Qué repercusiones tiene sobre la gestión de materiales la organización de la producción en células dedicadas especializadas?
- ¿Qué es una lista de materiales? ¿Cuáles son los usos de la lista de materiales?
- En vista de la complejidad evidente de los sistemas MRP ¿merece la pena utilizarlos? ¿Qué mejoras aportan al servicio al cliente, utilización de activos, etc.? ¿Qué información es necesaria para procesar el MRP?
- ¿Cuáles son los beneficios potenciales de un ERP para los Gestores de Materiales?

LOGÍSTICA	FABRICACIÓN	UNIDAD 8
-----------	-------------	----------

11 EJERCICIOS VOLUNTARIOS

- Según el siguiente programa maestro de producción, introduzca valores en la fila del MPS y calcule el inventario proyectado resultante. Nota: Este no debería estar por debajo del stock de seguridad.

Pieza de maquinaria ZA – 1

Stock disponible 200

Stock de Seguridad 100

Lote 300

Semana	18	19	20	21	22	23	24
Previsión	150	200	300	350	200	180	120
MPS		300(1)					

Inventario

proyectado

(1) Es una recepción programada.

- A continuación, se presenta el programa maestro de producción para la pieza de fundición AB-3, fabricada bajo pedido. Complete la fila del disponible para prometer correspondiente a cada semana del programa maestro de producción. Asuma que no hay stock inicial. Muestre los efectos de los dos pedidos adicionales siguientes:
 - 70 unidades en la semana 22.
 - 150 unidades en la semana 24.

Semana Nº	20	21	22	23	24	25	26
Pedidos de los clientes	50	50	35	30	0	10	10
MPS	200			200		200	
Disponible para prometer							
Inventario proyectado							