

Almacenamiento	Despacho	Inventarios	Identificación
<p>Error de manejo: en identificación, en ubicación, rotación.</p> <p>Presentación inapropiada, limitaciones de espacio o equipos</p> <p>Materiales críticos</p> <p>Deterioro o merma de material</p>	<p>Error de verificación: en identificación, en calidad y en cantidad</p> <p>Transacciones irregulares: anticipadas, en exceso, préstamos</p> <p>Egreso mal emitido</p>	<p>Adaptación del sistema</p> <p>Corte documental</p> <p>Error en la toma física: identificación, conteo, captura de datos</p> <p>Ajustes de diferencias</p> <p>Tratamiento de la información</p>	<p>Falta de normalización: descripción, unidad de medida, código</p> <p>Proliferación de códigos: duplicados, mal aplicados, inexistentes</p> <p>Desconocimiento del producto</p> <p>Falta de archivo técnico y documentación</p>
Recepción	Documentación	Sistema	Otras
<p>Error de verificación: en identificación, en calidad, en cantidad</p> <p>Transacciones irregulares: Anticipadas, incompletas, en exceso, en lugar diferente</p>	<p>Errores documentales: elaboración, transcripción, validación, liquidación</p> <p>Trámites documentales irregulares: anticipados, incompletos, rezagados, extraviados</p> <p>Movimientos extracontables</p>	<p>Incumplimiento de principios: Universalidad del control, documentación, orden secuencial, cronología</p> <p>Errores de falta de: conciliación, depuración, actualización, seguridad</p> <p>Ajustes de inconsistencias</p>	<p>Incumplimiento de normas y procedimientos</p> <p>Falta de seguridad: personal asignado, acceso, caución, prevención de accidentes, guardias</p> <p>Funciones encomendadas</p> <p>Ausencia de autoridad</p> <p>Urgencias</p>

Cuadro 16.9. Desagregación de las causas principales de diferencias en los inventarios

16.5. Bibliografía

- ANDERSON D.; SWEENEY D.; WILLIAMS TH., *Métodos cuantitativos para los negocios*, International Thomson Editores, 1999.
- BALLOU, *Logística empresarial*, Díaz de Santos, 1991.
- CHASE; AQUILANO; JACOBS, *Administración de producción y operaciones*, Irwin McGraw-Hill, 2000.
- GANTHER; FRAZIER, *Administración de producción y operaciones*, 4ta. ed., Thomson, 2000.
- GOLDRATT, E.; FOX R, *La carrera*, Editorial Castillo, 1994.
- GOLDRATT E., *El síndrome del pajar*, Editorial Castillo, 1994.
- KRAJEWSKY; RITZMAN, *Administración de operaciones, estrategia y análisis*, Prentice Hall, 2000.
- LÓPEZ ARAOZ, CARLOS, *Dirección de operaciones. Logística de negocios*, ICDA, 2002.
- ROUX, M., *Manual de logística para la gestión de almacenes*, Gestión 2000, 1997.
- SORET LOS SANTOS, IGNACIO, *Logística comercial y empresarial*, ESIC, 1994.

PLANIFICACIÓN AGREGADA

ALICIA CALABUIG
CECILIA VIRGINIA QUIROGA
HÉCTOR MARCELO CASABENE

17.1. Concepto y naturaleza de la planeación agregada

Una de las funciones del departamento de operaciones es la elaboración de los planes agregados de producción, para apoyar el logro del **plan estratégico** de la empresa, detallando la manera en que se va a proveer de la capacidad operativa para satisfacer los pronósticos de demanda a mediano plazo y a un costo mínimo.

La planeación agregada **define el volumen de producción y los recursos requeridos para la elaboración de bienes o prestación de servicios, que la organización necesita en un determinado horizonte de tiempo**; por lo que para ello se torna necesario relacionar la información entre ésta y los distintos planes de la organización, teniendo en cuenta los factores externos a la misma.

Si bien la responsabilidad de la planeación agregada es del área de operaciones, ésta requiere la cooperación de otras áreas de la empresa para coordinar su plan futuro. En la elaboración del **plan agregado de producción (Aggregate Production Plan)** el departamento de producción debe interrelacionarse con otras áreas al abordar temas de presupuesto, personal y mercadotecnia.

Al referirse a niveles de producción, de inventario, de compras, de personal, y otros, se están utilizando y coordinando recursos que

son vitales para el desarrollo del presupuesto de la empresa, así como también el plan agregado constituye la clave y la justificación principal para el presupuesto del departamento de operaciones.

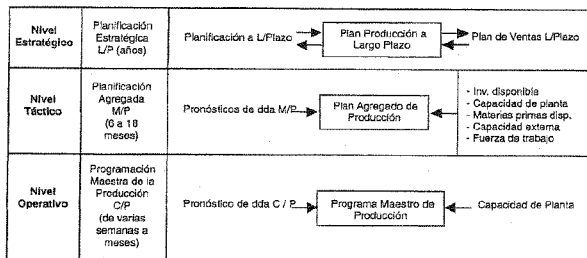
El área de personal se ve afectada cuando en la planeación a mediano plazo se incluyen contrataciones, despidos y horas extra como recursos para nivelar la capacidad de producción.

Lo mismo ocurre con el departamento de comercialización, donde la relación es intensa y en ambos sentidos. Por un lado la planeación agregada es la que permite a comercialización, *a posteriori*, brindar un buen servicio al cliente mediante la oferta de producción. Por otro lado, mercadotecnia mantiene continuamente informado al departamento de operaciones de las demandas y sus fluctuaciones, inclusive utilizando estrategias adecuadas para operar variaciones en ésta, que ayudan a la planeación agregada a nivelar su tasa de producción. Además se debe contar con la información que brindan los planes comerciales a mediano plazo, para elaborar los planes de capacidad para este mismo periodo de tiempo, proyectando el nivel general de producción y bosquejando los resultados que se deben alcanzar, expresados en números de unidades de sus líneas de productos.

17.2. Planeación jerárquica de la producción

Las distintas instancias de planeación de operaciones se llevan a cabo en diferentes niveles en la estructura de planeamiento del departamento (ver cuadro 17.1), ya sea por su grado de análisis o por su instancia en el horizonte de tiempo que abarcan. "Configurando una jerarquía de planeamiento que se correlaciona con los distintos niveles en la estructura organizacional" (1).

La planeación agregada, como herramienta táctica de operaciones, coordina los objetivos y planes entre el nivel estratégico y operativo, estableciendo para cada uno de ellos sus propias metas. A través de este proceso se implementan las estrategias definidas por la organización para el área, haciendo llegar la información al nivel inferior para que se sincronicen las actividades y se ejecuten las operaciones.



Cuadro 17.1. Planeación jerárquica de la producción

17.3. Unidad de medida, horizonte de planificación y cubos de tiempo

La planificación agregada, como herramienta de acción táctica, toma información proporcional del plan estratégico de operaciones y proyecta los resultados que se pretenden alcanzar en un periodo de tiempo determinado.

Para ello es necesario definir:

- **Unidad de medida:** líneas o familias de productos.
- **Horizonte de planificación:** período de tiempo que abarca el plan.
- **Cubos de tiempo:** periodicidad del horizonte de planificación.

(1) SOLANA, RICARDO. *Producción, su organización y administración en el umbral del tercer milenio*. Ediciones Interoceánicas, 1994.

17.3.1. Unidad de medida

En la confección del plan agregado de producción la unidad de medida más empleada es la de **familia** de productos, definiéndola como un **grupo de productos o servicios que tienen condiciones de demanda similares y requisitos comunes de procesamiento, mano de obra y materiales** (2); es decir, aquellos productos cuya unidad de medida sea homogénea.

No es sencillo determinar los grupos de familias en casos donde la variación en los productos finales es muy amplia, pero lograrlo evita el esfuerzo y el costo que implicaría elaborar un plan para cada uno de los artículos que se producen.

Ejemplos de unidades agregadas de recursos:

- Número total de trabajadores.
- Horas de tiempo de máquinas.
- Toneladas de materias primas.

Ejemplos de unidades agregadas de productos:

- Número de pacientes atendidos.
- Horas de servicios prestados.
- Toneladas de acero forjados.
- Litros de jugos producidos.

Ejemplo: vemos el caso de una empresa fabricante de pañales descartables y toallas femeninas que clasifica sus productos en dos familias:

- Familia de pañales descartables:
 - tamaño chico;
 - tamaño mediano;
 - tamaño grande;
 - tamaño extra grande.
- Familia de toallas femeninas:
 - toallas femeninas;
 - protectores diarios.

Todos los productos que componen esta familia se elaboran con el mismo proceso productivo y poseen insumos comunes entre ellos.

Ejemplo: un Centro Médico Integral puede hacer agregación por familia de servicios, tales como:

- Servicio externo clínico.
- Servicio de odontología.
- Servicio de laboratorio.

Cada familia conformada tiene similitud en el servicio que presta, en la mano de obra, en sus costos y en sus insumos, permitiendo agrupar todos los consultorios externos de medicina clínica, los servicios odontológicos y los de análisis y hemoterapia.

Tanto en las empresas manufactureras como en las de servicio la mano de obra es de vital importancia, por lo que las unidades agregadas de este recurso dependen generalmente del tipo de personal requerido, así como también de la flexibilidad de la fuerza de trabajo.

Puede ocurrir que todo el personal esté capacitado por igual, o bien que estén capacitados por habilidades o por sectores del proceso, por lo que la agrupación resulta distinta en cada situación.

En el primer caso, si toda la mano de obra está capacitada por igual, puede realizarse una sola agregación o acumulación para la planificación, aun cuando las habilidades de los empleados sean diferentes, como puede ser el caso de la empresa que fabrica pañales descartables y toallas femeninas.

En el segundo caso, la conformación de cada familia de productos generalmente se lleva a cabo según las habilidades del personal o por la capacitación específica recibida, como puede ser el ejemplo del **centro médico integral**.

(2) RAJABESY, KIRWAN. *Administración de operaciones. Estrategia y análisis*. Prentice Hall, 2000.

17.3.2. Horizonte de planificación

Otro aspecto a determinar es el **horizonte de planificación** que debe abarcar el plan agregado. Generalmente éste comprende un período que abarca entre 6 a 18 meses, permiti-

tiendo relacionar el plan estratégico de operaciones con el programa maestro de la producción.

17.3.3. Cubos de tiempo

El horizonte de planificación se subdivide en períodos más pequeños denominados **cubos de tiempo** que abarcan los meses comprendidos en el horizonte de planificación. Se asigna una división mensual siempre que sea posible, pero si la información disponible no

lo permite puede optarse por períodos trimestrales.

De esta manera el plan agregado permite ir ajustando y equilibrando la capacidad de planta con la demanda agregada (3).

17.4. Secuencia de las actividades en la planeación agregada

Las actividades a realizar para elaborar un plan agregado de producción pueden presentar la siguiente secuencia:

- Definir las familias de productos agregados, si es que la empresa produce variedad de bienes, determinar un horizonte de planeación y su periodicidad o cubos de tiempos.
- Poseer un pronóstico de demanda para cada producto, que indique las cantidades a venderse en cada período del horizonte de planeación, de modo de determinar los pronósticos de productos y servicios individuales, transformándolos en una demanda agregada que sea compatible con la capacidad de producción.
- Analizar la variación de los requerimientos de producción entre períodos. El administrador de operaciones, en el momento de establecer el plan agregado de producción, debe analizar todos los factores internos y externos involucrados en el proceso de planeación, revisando las op-

ciones que modifican la demanda y aquellas que hacen lo propio con la oferta. De ser necesario, la organización deberá realizar acciones destinadas a modificar la duración y nivel de demanda, ya sea mediante tácticas de precios, promociones y publicidad, etc. Por ejemplo, los hoteles y las compañías aéreas ofrecen descuentos de fin de semana y precios especiales para temporadas bajas; las empresas telefónicas ofrecen tarifas diferenciales en determinados horarios; los cines disminuyen los precios en funciones matutinas o de traspasche.

- Determinar el número de trabajadores, cantidad de materiales, de máquinas y otros elementos de capacidad de producción que se requerirán en cada período a fin de adecuarlos a la demanda agregada. Por ejemplo, teniendo en cuenta la cantidad estimada de habitaciones a ocupar en el período de tiempo analizado, un gerente de hotel puede determinar el número de personal requerido y los recursos a

utilizar, así como también los insumos necesarios para la operatividad de los servicios para cada cubo de tiempo del horizonte de planificación.

Comparar la capacidad real de operaciones con los requerimientos de demanda en cada período de planeación. Cuando la capacidad requerida no concuerda con la disponible se deberán desarrollar alternativas de recursos para ajustar la capacidad necesaria de producción. Ante cada situación se propondrán alternativas y se analizarán las posibilidades de implementación, teniendo en cuenta las posibi-

cas de la organización y los costos derivados de las distintas opciones.

- Seleccionar de entre las alternativas propuestas aquella que satisfaga la demanda agregada y que cumpla los objetivos de la organización. Durante la elaboración del plan agregado, y antes de su implementación definitiva, es necesario someterlo a un proceso iterativo de revisiones y ajustes hasta que el mismo es aceptado por las distintas áreas funcionales.
- Implementar el plan agregado utilizando técnicas heurísticas o de optimización.

17.5. Alternativas de planificación

La planeación de operaciones resulta oportuna para equilibrar los cambios necesarios a realizar en la administración de la producción ante la variabilidad de la demanda de los clientes.

Es por eso que cuando se lleva a cabo la planeación agregada se toman decisiones para tratar de equilibrar la oferta y la demanda de bienes o servicios.

Se pueden considerar las siguientes:

- **VARIABLES QUE MODIFICAN LA OFERTA:** contrataciones y despidos de personal, uso de tiempo extra y de tiempo ocioso, mano de obra eventual y de tiempo parcial, uso de inventarios como amortiguador o colchón entre producción y demanda, subcontratación para la obtención de los productos que la empresa no puede fabricar, cooperación entre empresas, entre otros.
- **VARIABLES QUE MODIFICAN LA DEMANDA:** precios diferenciales, aumento del número de vendedores, uso de la promoción y de la publicidad, introducción de productos complementarios, trabajos pendientes o reservaciones para ubicar la demanda en períodos más favorables, entre otros.

Es necesario contar con posibilidades de ajustes en los sistemas operativos para adaptarse a los cambios que la demanda del mercado consumidor requiere, de modo que las organizaciones cuenten con alternativas de soluciones que varíen según el factor tiempo y costos, como ser:

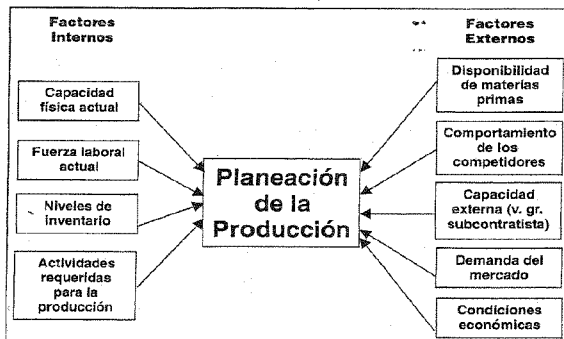
- Hay alternativas que, debido a su inversión en dinero y tiempo de disponibilidad, son consideradas a largo plazo; y se denominan **alternativas de ajustes estructurales**. Por su importancia, éstas requieren ser tratadas a nivel estratégico por la organización. Para decidir ajustes de tipo estructural se necesita realizar un análisis detallado de las variaciones de la demanda y determinar si es apropiado efectuar inversiones que impliquen ampliar la estructura operativa y adecuar los diseños de los procesos. Por ejemplo, inversiones en estructuras edilicias; maquinarias; equipos y otros bienes de capital, ampliarían la capacidad de producción en planta requiriendo la adecuación de los diseños de los procesos. Por lo general estas alternativas de ajustes estructurales requieren inversiones, en el cual el departamento financiero deberá analizar su viabilidad en la

(3) Demanda agregada: la demanda también se puede agrupar en familia de productos y de esta manera aplicarla en la planeación agregada.

evaluación de los recursos aplicables y de su rentabilidad proyectada. De la decisión adoptada en el ámbito de alta dirección, con la participación del área comercial, operaciones y financiera, se modificará o no el plan estratégico de la organización, como también los planes comerciales, operativos y financieros a largo plazo.

Se pueden incorporar a la planeación agregada alternativas de ajustes de capacidad a mediano y corto plazo, a fin de equilibrar las variaciones de la demanda, denominadas también **alternativas de ajuste transitorio**. La demanda esperada de los clientes suele presentar picos y mesetas permitiendo las modificaciones en la ca-

pacidad de un mes a otro. La decisión de cuáles son las alternativas convenientes para implementar dependen de factores internos y externos a la organización, ver cuadro 17.2. Los factores internos estarían dados por los costos involucrados en los recursos de producción, por la posibilidad de acceder a ellos y por las políticas de la organización. Cuando se estudian posibilidades que dependen de factores externos a la organización, hay que determinar primeramente si contamos con el mercado que se adapte a las alternativas propuestas y luego se analizan los costos asociados a cada una de ellas.



Cuadro 17.2. Información requerida para el sistema de planeación de la producción (*)

(*) CHASE; ADOLANDO; JACOBS. Administración de producción y operaciones. Irwin McGraw-Hill, 2000.

17.5.1. Estrategias operacionales

El plan agregado de operaciones se confecciona de acuerdo con la conveniencia y políticas de la organización, que previamente han sido plasmadas en la planificación estratégica, por lo que se trabaja realizando los ajustes necesarios para sincronizar la productividad con las demandas fluctuantes. Para ello, el planificador cuenta con distintas alternativas de ajuste transitorio que se utilizarán para ampliar o disminuir la capacidad a mediano y corto plazo, conformando las estrategias de operaciones.

Estas alternativas pueden ser:

- Variación en el nivel de la fuerza laboral.
- Variación en las tasas de producción por utilización de horas extra o de tiempo ocioso.
- Ajustes en el tiempo del trabajo diario.
- Incorporación de mano de obra temporal o eventual.
- Variación en los niveles de inventarios.

a) Variación en el nivel de la fuerza laboral

Esta alternativa consiste en igualar la tasa de producción con la demanda mediante la opción de contratar o despedir mano de obra, según como se presenten las variaciones de la demanda.

Decidir por esta estrategia puede ser efectivo en algunas situaciones evitando los tiempos ociosos y acumulaciones de inventarios y horas extra. La planeación agregada debe examinar el efecto que estas políticas tienen sobre los costos y las utilidades.

El uso de esta opción suele traer aparejado riesgos, tales como:

- Imposibilidad de contar con mano de obra especializada para contratar cuando se incrementa la demanda o, por el contrario, necesidad de capacitar y entrenar, lo

- Acumulación de órdenes de pedido de los clientes.
- Aogotamientos.
- Subcontratación.
- Capacidad compartida.

Estas alternativas se disponen como opciones válidas en la administración de operaciones, y cada una de ellas aportará ventajas y desventajas, que se analizarán desde distintas ópticas antes de tomar una decisión. Una vez que se ha tomado la decisión de utilizar determinadas alternativas de ajuste transitorio, éstas se convierten en fuertes estrategias de planeación de operaciones.

Algunas alternativas actúan como opciones de capacidad porque no intentan modificar la demanda, sino que absorben las variaciones de ella; otras son opciones de demanda porque el propósito es, mediante alguna acción deliberada de la organización, aplacar o suavizar cambios de la demanda según la planificación de las operaciones.

que conlleva a la disminución en los niveles de producción.

- Despedir a los trabajadores, cuando el ritmo de la demanda baja. Impacta en la motivación de los que continúan en la organización, así como también se deterioran las relaciones con el medio; los empleados pueden disminuir su ritmo de trabajo por temor a ser despedidos.
- Se incrementan los costos de contratación debido a las actividades a llevar a cabo, desde anuncios de demanda laboral, reclutamiento, entrevistas, exámenes, trabajos administrativos, formación y entrenamientos en el periodo de seguimiento, hasta la adaptación a las tareas, por lo que se produce mayor cantidad de desechos iniciales y caída de productividad.

Se incrementan los costos de despidos originados por los gastos administrativos, indemnizaciones y aquellos costos derivados de los conflictos que se presentan en esta situación.

b) Variación en las tasas de producción por utilización de horas extra o de tiempos ociosos

La utilización de horas extra evita contratar trabajadores eventuales, impidiendo la acumulación de inventarios y los retrasos en los servicios sin variar la mano de obra, pasando a ser una ventaja para la empresa. Por lo general, los operarios aceptan complacidos cierta cantidad de horas extra, pero se debe tener en cuenta que su exceso crea situaciones de fatiga, reducción de la calidad del producto, accidentes de trabajo, enfermedades profesionales. Además se deben considerar las limitaciones legales y de convenio de trabajo que acotan la cantidad de horas extra aceptables para el buen estado del individuo.

El pago de las horas extra incrementan los costos, pero evitan aquellos derivados de la reducción de la producción, cuando la demanda está aún sin satisfacer.

c) Ajustes en el tiempo del trabajo diario

Ante fluctuaciones en las ventas, los empleados suelen trabajar más horas en temporadas de alta demanda a cambio de menos horas de

Este tipo de opción es habitual en industrias con demanda de alta estacionalidad como las de bebidas frescas en temporada de primavera y verano.

La situación opuesta también merece un análisis. Cuando decrece la demanda y se producen tiempos ociosos de los trabajadores, la empresa debe absorber los costos, por el pago de los salarios y cargas sociales, aun cuando no se trabaja, y que se refleja en una productividad inferior a la normal. La opción radica en analizar si mantener horas ociosas resulta mejor decisión que el despido, permitiendo conservar a los trabajadores calificados y eficientes dentro de la organización, evitando los efectos negativos que producen los despidos. Solamente es posible mantener el nivel de mano de obra ociosa en periodos cortos de tiempo.

Se suele optar por otorgar vacaciones en los periodos de baja demanda, reduciendo la mano de obra sin costo adicional, siempre que no exista algún impedimento legal o de convenio colectivo de trabajo.

trabajo en temporadas de baja demanda. También en esta alternativa hay que tener en cuenta los aspectos legales y sindicales.

d) Incorporación de mano de obra temporal o eventual

Los empleados a tiempo parcial o los empleados eventuales son una alternativa para ampliar la capacidad de operaciones en periodos cortos de tiempo. Se usa especialmente en el sector servicios, pero también en empresas de transformación, para cubrir las necesidades de mano de obra poco calificada.

Es muy común en los restaurantes de comida rápida, supermercados, empresas de turismo, etc., así como también en industrias cuya materia prima principal deriva de productos de temporada, como las industrias de enlatado de frutas y de verduras.

e) Variación en los niveles de inventarios

En esta opción se utiliza el nivel de inventario como amortiguador o colchón entre la oferta y la demanda, usando acciones encontradas, ya sea acumulando o agotando los inventarios, permitiendo de esta manera una operación más uniforme.

En los periodos de baja demanda se pueden incrementar los inventarios para posteriormente satisfacer pedidos cuando la demanda es alta.

Para adoptar este tipo de alternativa hay que analizar los costos asociados a los stocks, siendo estos costos un porcentaje elevado sobre el valor del producto final. Los costos de mantener inventarios incluyen:

- Costo de almacenamiento propiamente dicho: alquiler, almacenes, depreciación, impuestos y seguros.
- Costos de gestión de materiales: equipos, depreciación, electricidad y costos operativos.
- Costos de pérdida, desechos y obsolescencia.
- Costos del capital inmovilizado.

f) Acumulación de órdenes de pedidos de los clientes

Suelen presentarse situaciones en las cuales los clientes, mediante un acuerdo previo, permiten que les envíen los pedidos con retraso o que los ubiquen en lista de espera.

Por ejemplo, una empresa automotriz acuerda con un proveedor retrasar la entrega de un pedido, acumulándolo con el despacho del siguiente.

g) Agotamientos

Existen organizaciones, especialmente las de servicios, que tienen como opción válida no satisfacer la demanda en su totalidad, sino un porcentaje selectivo de ella, tal es el caso de escuelas, hoteles, restaurantes, modistos,

Costos generados por personal administrativo.

Contrariamente, cuando la empresa enfrenta periodos de creciente demanda, y no cuenta con niveles de inventarios suficientes, se originan problemas que derivan en pérdidas de venta por no cumplir con los tiempos de entrega y un deficiente servicio al cliente.

En general, los costos de pedidos pendientes de cumplimiento son muy difíciles de medir y, además de la pérdida de la venta, venta pendiente o servida con retraso, existen aquellos que se originan por mostrar una imagen negativa de la empresa ante los clientes, por envíos urgentes, por trabajos adicionales del personal administrativo y de ventas.

Para mantener estable los niveles de mano de obra, utilizar un número reducido de horas extra o incurrir en niveles bajos de tiempos ociosos. La empresa debe analizar sus costos para poder establecer cuál es el límite de acumulación de inventarios conveniente y qué escasez se puede permitir, utilizando los inventarios para amortiguar las fluctuaciones de la demanda.

Si la competencia es excesiva, puede acarrear serios problemas a la empresa que adopte esta opción, puesto que puede perder ventas actuales y futuras. Es difícil medir los costos de esta opción en el momento actual, pero disminuir servicio al cliente se verá plasmado drásticamente en las utilidades futuras.

etc., que por considerar a su organización prestigiosa, desechan demanda que no está de acuerdo con las pretensiones impuestas por la organización.

Al igual que en la opción anterior, en las organizaciones industriales de sectores altamente competitivos los costos por agotamiento del inventario reflejan la reducción de la es-

b) Subcontratación

No contar con la suficiente capacidad instalada para hacer frente a un incremento de la demanda hace que las empresas recurran a la opción de contratar a otra industria del ramo para que fabrique una determinada cantidad de productos durante un cierto periodo de tiempo, logrando de esta manera adquirir capacidad temporal. Esta decisión deriva en un costo de subcontratación, que es el precio que una empresa paga a otra para que fabriquen las unidades de productos que necesita. Ese precio puede ser mayor o menor que el costo resultante de producirlo internamente.

Esta alternativa puede referirse al producto terminado, así como también a algunos de sus componentes. Esta opción tiene algunas ventajas, tales como no realizar inversiones adicionales por falta de capacidad, evitar la sobreutilización del equipo fijo, no incurrir en nuevas contrataciones o posteriores despidos, horas extra; no poseer impedimentos legales ni de convenio.

i) Capacidad compartida

Para hacer frente a distintas funciones se suele contar con personal flotante capacitado y, de esta manera, cubrir puestos según se presenten las necesidades de capacidad. Es una alternativa que se puede ejecutar dentro de la misma empresa o fuera de ella. Se transfieren empleados de un área a otra, previo entrenamiento, incrementando la capacidad en el sector que la necesita.

Puede efectuarse entre distintas sucursales, transfiriéndose mano de obra con el fin de aprovechar el incremento de demanda y no perder ventas, o bien puede ser que dos or-

trategia de servicios a los clientes y se manifiesta en la pérdida de prestigio ante los usuarios y la posible pérdida de ventas futuras.

Si bien la subcontratación soluciona un problema en una situación donde hay fluctuaciones de demanda, se deben analizar los riesgos que derivan de esta opción, tales como:

- La probabilidad de perder clientes, porque los adquiere la empresa que se subcontrata, lo cual hace necesario una sólida confianza con la empresa a contratar.
- Poco control sobre el proceso productivo y, por lo tanto, sobre la calidad del producto fabricado, sobre los tiempos de entrega y de cumplimiento hacia el cliente.
- Disponibilidad de empresas a subcontratar en el medio.
- Costos adicionales por el margen de beneficio a obtener por la empresa subcontratada.

Esta opción es considerada como una estrategia de alto riesgo.

organizaciones intercambien clientes entre sí cuando agotan su capacidad.

Vistas las posibles alternativas de capacidad a mediano plazo que posee una organización, para hacer frente a demandas que fluctúan en distintos periodos de tiempo, vemos que no siempre pueden implementarse fácilmente debido a factores que limitan su accionar:

- Si una industria produce bienes perecederos no puede utilizar la acumulación de inventario como alternativa para nivelar la producción.

- Si se necesita personal altamente calificado y el mercado laboral no lo proporciona, no se puede utilizar la alternativa de despidos y contrataciones.

- Una organización de servicio no puede utilizar la opción de lista de espera o pedidos pendientes con demasiada frecuencia si existe capacidad en exceso en la competencia, porque corre el riesgo de perder a sus clientes.

Todo lo mencionado anteriormente para la planeación agregada en el sector manufacturero es de aplicación similar en el sector servicios. Dadas las características propias de los servicios, al planificar se deben adaptar las alternativas, adecuándolas en cada caso, llevando a cabo una combinación en las opciones de estrategia.

La planeación agregada, en este tipo de organizaciones, prácticamente es un sinónimo de los presupuestos y de la planeación de personal por lo que se suele denominar **plan de personal (Staffing Plan)**.

La mano de obra resulta vital para el desarrollo y la prestación del servicio, por lo que la planeación agregada de operaciones está enfocada generalmente a determinar la plantilla del personal y el control de sus costos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Contar con mano de obra flexible que permita, cuando está disponible, reasignarla en otros puestos de trabajo. Así como también respecto de las variaciones de las horas de trabajo cuando se incrementa la demanda.
- Planificar acertadamente las horas de trabajo para asegurar satisfacer la demanda con respuesta rápida.
- Contar con mano de obra eventual cuando se presenta demanda no prevista.

Cuando se planean los niveles de capacidad en los sistemas de servicios, los gerentes de producción se encuentran que al no poseer inventarios de productos terminados que actúen como amortiguador entre la capacidad

del sistema y la demanda de los clientes, y al no contar con un patrón de demanda uniforme, deben usar distintas alternativas que permitan disminuir la diferencia entre la tasa variable de la demanda y la tasa constante de la producción.

La demanda en este sector no es uniforme, lo que provoca que se busque manipularla y hacerla más uniforme, mediante el uso de las alternativas mencionadas precedentemente.

Hay organizaciones que determinan algunas formas de incentivos para los periodos que baja la demanda o periodos fuera de pico, tal es el caso de las empresas telefónicas que ofrecen tarifas reducidas por llamados que se efectúan a determinadas horas.

También se utilizan programas de citas y los programas fijos como tácticas para uniformar la demanda. Generalmente los profesionales de la salud, abogados, contadores y profesores programan con anticipación citas con sus clientes para evitar el tiempo de espera en la prestación del servicio requerido y de esta manera mantener una capacidad de producción uniforme.

Debido a sus características hay organizaciones que poseen programas de operaciones en donde los clientes deben ajustar su demanda a los programas de las empresas, tal es el caso de los servicios de aerolíneas.

Aunque estas medidas de flexibilizar las operaciones de servicios, tratando de satisfacer la demanda volátil, de alguna manera mejoran la prestación de las operaciones parcialmente, puesto que la demanda sigue siendo no uniforme.

Entonces, ¿qué estrategia debe adoptar la empresa? La alternativa adecuada para una organización, ya sea manufacturera o de servicio, depende de cuál es la que mejor se adapte a ella en cuanto a necesidades de capacidad, costos relativos a cada una de las operaciones utilizadas y cuál es su situación competitiva en el mercado.

17.6. Opciones para desarrollar un plan agregado

Las áreas funcionales de una organización que aportan insumos para el plan agregado suelen tener objetivos opuestos que rivalizan por el uso de los recursos de la organización. Podemos mencionar algunos de los objetivos a considerar durante el desarrollo de un plan de producción: **minimizar** cambios en las tasas de producción, cambios en los niveles de inventarios, inversión en inventario, costos, cambios en los niveles de la fuerza de trabajo; **maximizar** la utilización de la planta y equipo, ganancias, servicios al cliente.

Se debe establecer un equilibrio entre estos objetivos con la finalidad de obtener un plan agregado aceptable, considerando diversas acciones. Estas pueden ser: **reactivas (o pasivas)** y **agresivas (o activas)**.

Las acciones **reactivas** son aquellas tendientes a atender los requerimientos de la demanda, por lo que la organización buscará adaptarse y satisfacerla mediante opciones tales como: modificar las horas extra, los niveles de la fuerza de trabajo, los niveles de inventarios, la subcontratación, la programación de vacaciones, etc.

Por el contrario, las acciones **agresivas** son las que intentan modificar la demanda.

Por ejemplo, si queremos aumentar la demanda, en aquellos períodos en que es inferior a la capacidad de la firma, y disminuirla cuando ocurra lo contrario, debemos implementar acciones comerciales, tales como: promoción, disminución de precios, generación de nuevos productos, servir con retraso.

Generalmente los gerentes combinan acciones reactivas y agresivas en diversas formas, y su aplicación conlleva a la determinación de la estrategia a utilizar.

Dos estrategias muy diferentes, la estrategia de **caza** y la estrategia de **nivelación**, son útiles como punto de partida para la búsqueda del mejor plan.

Ajustarse a la demanda es la finalidad de una estrategia de caza. Se persigue que la producción planificada satisfaga las necesidades período a período, valiéndose de contrataciones, despidos, subcontratación, horas extra, etc. La ventaja de esta alternativa es que se mantienen niveles bajos de inventarios y se consigue flexibilidad a los cambios de la demanda. Lo negativo es la inestabilidad que genera en la producción originando gastos por el ajuste continuo de los niveles de fuerza de trabajo, posibles distanciamiento de los trabajadores y pérdida de productividad y calidad como consecuencia de los cambios en la fuerza de trabajo.

En una estrategia de nivelación se persigue mantener constante la mano de obra o una tasa de producción estable durante el período. En el primer caso, mantener constante la mano de obra, lo fundamental es dejar invariable la producción regular por período. Para hacer frente a variaciones en las necesidades, la producción total puede cambiar usando horarios reducidos durante los períodos de menor actividad, utilizando horas extra para los períodos de máxima actividad y empleando subcontratistas, cuando se requiera para cubrir las necesidades adicionales.

En el segundo caso, conservar una tasa de producción constante, es fundamental mantener inalterable la producción total por período. Las variaciones en las necesidades se absorben programando los períodos de vacaciones para que coincidan con las épocas de menor actividad, realizando previsión de inventarios, planificando las horas extra para mantener una tasa de producción nivelada, permitiendo los atrasos en las órdenes para ajustar las fechas de programación según los requerimientos de producción.

Cuando se utilizan por sí solas estrategias de caza y de nivelación difícilmente se logre el mejor de los planes agregados. Se obtienen mejores resultados si se consideran planes que no impliquen estrategias puras. Lo más

adecuado es utilizar una estrategia **mixta** en la cual se aplique una gama de alternativas reactivas y que vaya más allá de una estrategia de caza o de nivelación en forma **pura**.

Podemos definir como **estrategias puras** a aquellas que actúan sobre una sola variable, por ejemplo, contratar, despedir, subcontratar, etc.

17.7. Técnicas para la planeación agregada

La planeación agregada refleja cómo los sistemas de producción logran los objetivos planeados por la organización, haciendo un uso adecuado de los recursos disponibles mientras se satisfacen restricciones de la demanda agregada.

Para la confección de un plan agregado se han desarrollado distintos métodos, siendo algunos de más fácil aplicación que otros, así como también algunos métodos optimizan y otros son aproximaciones al óptimo.

17.7.1. Modelos matemáticos

En la elaboración de un plan agregado la aplicación de las técnicas de programación matemática resulta óptima en la medida en que el planteamiento del modelo se acerque a la realidad del sistema de producción.

En la práctica, resulta difícil debido a los innumerables factores que intervienen, muchos

de ellos cambiantes, y que necesitan ser ajustados continuamente, ya sean los modelos matemáticos como los intuitivos o de prueba-error, por lo que estas técnicas sirven como base para luego desarrollar planes alternativos que lo mejoren y lo acerquen a las condiciones reales.

- Las principales técnicas de planeación son:
 - Modelos matemáticos:
 - Programación lineal:
 - General.
 - Transporte.
 - Modelo de coeficiente administrativo.
 - Reglas lineales de decisión.
 - Simulación.
 - Método gráfico y cuadros (técnica prueba-error).

a) Programación lineal

1. General

La **programación lineal** es uno de los modelos matemáticos más utilizados. Autores varios, como BOWMAN (1956), MARNE (1958), SHWINTER (1972), GOLDBER (1975), BITTON-HAX (1977), CANDEA (1977), BANKER y COLLINS (1986) han realizado importantes aportes en su aplicación.

La programación lineal busca minimizar los costos derivados de la mano de obra regular, horas extra, contrataciones y despidos, inventarios y retrasos.

Para ello se plantea una función objetivo a optimizar, que está relacionada con las restricciones que poseen cada uno de los recursos a utilizar para satisfacer la demanda agregada.

Ejemplo

A modo de ejemplo vemos cómo una fábrica de bicicletas de carrera tiene que determinar cuánto producir en cada uno de los trimestres del próximo año, para cumplir a tiempo con la demanda prevista.

La demanda agregada durante cada uno de los trimestres del año es:

Primer trimestre:	40 bicicletas
Segundo trimestre:	60 bicicletas
Tercer trimestre:	75 bicicletas
Cuarto trimestre:	25 bicicletas

La empresa al principio del primer trimestre cuenta con un inventario de 10 bicicletas, y al comienzo de cada trimestre debe determinar la cantidad de unidades a producir en el mismo, estableciendo que la fabricación en un período de análisis sirve para satisfacer la demanda de ese período.

Por la capacidad instalada en la planta industrial se sabe que durante cada trimestre se puede fabricar hasta 40 bicicletas en el tiempo regular de trabajo a un costo total de \$ 400 por bicicleta.

Si la demanda en un período resultara mayor a la prevista, la empresa puede decidir fabricar más bicicletas, pero para ello necesita recurrir al empleo de horas extra durante un trimestre a un costo total de \$ 450 por bicicleta.

Al final de cada trimestre se presentan los costos de mantenimiento de inventario que son de \$ 20 por bicicleta.

Ante la problemática presentada la empresa determina un programa de producción para minimizar la suma de los costos de producción y de inventario para los cuatro trimestres mediante el uso de la programación lineal.

Lo primero a determinar es el número de bicicletas a fabricar en cada uno de los trimestres mediante trabajo en tiempo normal y en tiempo extra.

Es necesario definir cuáles son las variables de decisión que se utilizan en la programación, por lo que definimos las siguientes:

x_t = Bicicletas producidas con trabajo en tiempo normal (a \$ 400 por bicicleta) en el trimestre t , donde $t = 1, 2, 3, 4$

y_t = Bicicletas producidas con trabajo en tiempo extra (a \$ 450 por bicicleta) en el trimestre t , donde $t = 1, 2, 3, 4$

e_t = Bicicletas en existencia final del trimestre t , donde $t = 1, 2, 3, 4$

La función objetivo será el costo total (CT) de la producción en tiempo regular, en tiempo extra y de mantenimiento de inventario.

$$\text{Min } z = \sum_{t=1}^n (Cr_t, Ce_t, Cs_t) \quad \text{donde, } t = 1, 2, \dots, n$$

o sea

$$\text{Min } z = Cr_1x_1 + Cr_2x_2 + Cr_3x_3 + Cr_4x_4 + Ce_1y_1 + Ce_2y_2 + Ce_3y_3 + Ce_4y_4 + Cs_1e_1 + Cs_2e_2 + Cs_3e_3 + Cs_4e_4$$

Donde:

Cr_t = Costo del tiempo regular de trabajo por bicicleta $t = 1, 2, 3, 4$

Ce_t = Costo del tiempo extra por bicicleta $t = 1, 2, 3, 4$

Cs_t = Costo de mantenimiento de inventario por bicicleta $t = 1, 2, 3, 4$

La función de costo total a minimizar sería:

$$\text{Min } z = 400x_1 + 400x_2 + 400x_3 + 400x_4 + 450y_1 + 450y_2 + 450y_3 + 450y_4 + 20e_1 + 20e_2 + 20e_3 + 20e_4$$

Si d_t es la demanda durante el período t , entonces $d_1 = 40$; $d_2 = 60$; $d_3 = 75$ y $d_4 = 25$ bicicletas, podemos decir que el inventario final para cada trimestre puede expresarse de la forma:

$$\text{Inventario final del trimestre } t = \text{Inventario final del trimestre } (t-1) + \text{producción del trimestre } t - \text{demanda en el trimestre } t$$

Lo que es igual a:

$$e_t = e(t-1) + (x_t + y_t) - d_t \quad \text{siendo } (t = 1, 2, 3, 4) \quad (1)$$

Esta ecuación relaciona las variables de decisión asociadas a diferentes periodos de tiempo:

$$e_2 = e_1 + x_1 + y_1 - 75$$

$$e_3 = e_2 + x_2 + y_2 - 25$$

En la formulación de problemas de programación lineal de múltiples periodos, normalmente es complicado encontrar la relación de las variables de decisión en distintos periodos.

La demanda en el período t será satisfecha a tiempo, si y sólo si $e_t \geq 0$; y si vemos que se tiene $e_t - 1 = (x_t + y_t)$ para cumplir con la demanda en el período t , entonces se cumplirá con la demanda en el dicho período si y sólo si:

$$e_t - 1 + (x_t + y_t) \geq d_t \quad \text{o} \quad e_t = e_t - 1 + (x_t + y_t) - d_t \geq 0$$

Esto significa que las restricciones $e_t \geq 0$ ($t = 1, 2, 3, 4$) aseguran el cumplimiento de la demanda en cada trimestre.

Para armar el conjunto de restricciones del problema, primeramente usamos las cuatro restricciones relacionadas al uso del tiempo normal para asegurar que la producción en cada período no sea mayor que 40, quedando $x_1, x_2, x_3, x_4 \leq Pr_t$

Siendo Pr_t = producción en tiempo normal para ($t = 1, 2, 3, 4$)

Luego se añaden las restricciones de la forma (1) para cada período de tiempo t ($t = 1, 2, 3, 4$) y se arman las cuatro restricciones siguientes:

$$e_1 = 10 + x_1 + y_1 - 40$$

$$e_2 = e_1 + x_2 + y_2 - 60$$

2. Resolución por método Simplex

Elementos utilizados en las siguientes grillas y su correspondencia con respecto a la terminología usada en el ejercicio planteado:

$P_1/P_2/P_3/P_4$ Son los vectores asociados a x_1, x_2, x_3, x_4 respectivamente

$P_5/P_6/P_7/P_8$ Son los vectores asociados a y_1, y_2, y_3, y_4 respectivamente

$P_9/P_{10}/P_{11}/P_{12}$ Son los vectores asociados a e_1, e_2, e_3, e_4 respectivamente

$P_{13}/P_{14}/P_{15}/P_{16}$ Son los vectores asociados a o_1, o_2, o_3, o_4 respectivamente

Se agregan las restricciones:

$x_t \geq 0$ Para evitar niveles de producción negativo de inventario

$y_t \geq 0$ Para evitar niveles de producción negativo de inventario

$e_t \geq 0$ Para asegurar el cumplimiento de la demanda de cada trimestre a tiempo

Por lo que se obtiene:

$$\text{Min } z = 400x_1 + 400x_2 + 400x_3 + 400x_4 + 450y_1 + 450y_2 + 450y_3 + 450y_4 + 20e_1 + 20e_2 + 20e_3 + 20e_4$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$x_1 \leq 40; x_2 \leq 40; x_3 \leq 40; x_4 \leq 40$$

$$e_1 = 10 + x_1 + y_1 - 40$$

$$e_2 = e_1 + x_2 + y_2 - 60$$

$$e_3 = e_2 + x_3 + y_3 - 75$$

$$e_4 = e_3 + x_4 + y_4 - 25$$

O lo que es igual:

$$x_1 + y_1 - e_1 = 30$$

$$x_2 + y_2 + e_1 - e_2 = 60$$

$$x_3 + y_3 + e_2 - e_3 = 75$$

$$x_4 + y_4 + e_3 - e_4 = 25$$

$$x_1 + o_1 = 40$$

$$x_2 + o_2 = 40$$

$$x_3 + o_3 = 40$$

$$x_4 + o_4 = 40$$

con $e_t \geq 0; x_t \geq 0; y_t \geq 0$ para un ($t = 1, 2, 3, 4$)

siendo o_t la capacidad no utilizada u ociosidad

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-450	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	60	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-450	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	0	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	0	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₉	0	40	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₁₀	0	40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-85500		-450	-450	-450	-450	-450	-450	-450	0	0	450	0	0	0	0	0	0	0
C ₁ -Z ₁			50	50	50	50	0	0	0	0	-20	-20	-20	-470	0	0	0	0	0

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-400	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	60	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	75	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-450	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₉	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₁₀	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-84000		-400	-450	-450	-450	-400	-450	-450	-50	0	450	0	0	0	0	0	0	0
C ₁ -Z ₁			0	50	50	50	-50	0	0	0	30	-20	-20	-470	0	0	0	0	0

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-400	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	75	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-450	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₉	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₁₀	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-82000		-400	-400	-450	-450	-400	-450	-450	-50	0	450	0	50	0	0	0	0	0
C ₁ -Z ₁			0	0	50	50	-50	0	0	0	30	-20	-20	-470	0	-50	0	0	0

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-400	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-450	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	-400	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	-400	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-80000		-400	-450	-400	-450	-400	-450	-450	-50	0	450	0	50	50	0	0	0	0
C ₁ -Z ₁			0	0	0	50	-50	0	0	0	30	-20	-20	-470	0	-50	-50	0	0

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-400	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-400	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	-400	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	-400	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-78750		-400	-400	-400	-400	-400	-450	-450	-400	-50	0	50	400	0	50	50	0	0
C ₁ -Z ₁			0	0	0	0	-50	0	0	-50	-20	-20	-470	0	50	-50	0	0	0

Base	C	P ₁	P ₂												P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂					
P ₁	-400	40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂	-450	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃	-450	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄	-400	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₅	-20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₆	-400	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₇	-400	40	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₈	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z ₁	-78450		-400	-400	-400	-400	-430	-450	-450	-400	-20	0	50	400	30	50	50	0	0
C ₁ -Z ₁			0	0	0	0	-20	0	0	-50	0	-20	-70	-420	-30	-50	-50	0	0

X = (40, 40, 40, 25, 0, 10, 35, 0, 10, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 15) (*)

Cuadro 17.3. Resolución por el método Simplex

(5) BetoSanc@fices.unsl.edu.ar

La solución óptima para el problema es:

- $Z = 78.450$
- $x_1 = x_2 = x_3 = 40$
- $x_4 = 25$
- $y_1 = 0$
- $y_2 = 10$
- $y_3 = 35$
- $y_4 = 0$
- $e_1 = 10$
- $e_2 = e_3 = e_4 = 0$
- $o_1 = 0$
- $o_2 = 0$
- $o_3 = 0$
- $o_4 = 15$

3. Transporte

El método de transporte es un problema particular de aplicación de programación lineal. La primera aplicación de este método se debió a E. H. BOMMAN en 1956 quien, basándose en una serie de hipótesis, procuró minimizar el costo total.

Este método supone (6):

- Que se dispone de un pronóstico de demanda para cada uno de los periodos.
- Que se posee un plan de nivel de mano de obra como fuerza de trabajo en tiempo regular.
- Que se conocen los límites de horas extra para cada periodo, así como también

A similar resolución se podría haber arribado a través de la herramienta provista junto con el software Excel denominado *solver*, que permite resolver, entre otros, problemas de programación lineal.

El costo mínimo obtenido en el programa es de 9 78.450, debiendo producir 40 bicicletas con trabajo normal durante los trimestres 1, 2, 3, y 25 bicicletas en el trimestre 4.

También se deben fabricar 10 bicicletas en tiempo extra durante el trimestre 2, y 35 bicicletas en el trimestre 3.

Solamente habrá costos de inventario en el primer trimestre.

En el cap. 12 se desarrolló otro ejemplo de aplicación de la programación lineal.

la capacidad de subcontratación, si fuese necesario.

- Que todos los costos están relacionados linealmente con la cantidad de bienes producidos. Si se genera un cambio en el volumen de producción, genera un cambio en los costos.

Conociendo los niveles de la fuerza de trabajo, los límites de capacidad (disponibilidades), las cantidades pronosticadas de demanda (requerimientos), el nivel de inventario inicial y los costos para cada periodo del horizonte de planificación, se elabora una tabla como se muestra en la siguiente figura, correspondiente a un plan de producción en cuatro periodos de tiempo:

Producción por trimestre	Periodo de tiempo				Capacidad no utilizada	Capacidad total
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}		
Inventario inicial	0	CS	2CS	3CS	M	Io
Tiempo regular	Cr	Cr+Cs	Cr+2Cs	Cr+3Cs	0	P _{r1}
Tiempo extra	Ca	Ce+Cs	Ce+2Cs	Ce+3Cs	0	P _{e1}
Tiempo regular	M	Cr	Cr+Cs	Cr+2Cs	0	P _{r2}
Tiempo extra	M	Ce	Ce+Cs	Ce+2Cs	0	P _{e2}
Tiempo regular	M	M	Cr	Cr+Cs	0	P _{r3}
Tiempo extra	M	M	Ce	Ce+Cs	0	P _{e3}
Tiempo regular	M	M	M	Cr	0	P _{r4}
Tiempo extra	M	M	M	Ce	0	P _{e4}
Demanda	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		

Cuadro 17.4. Plan de producción por método de transporte

- Para la construcción de la tabla precedente se utiliza la siguiente información:
- CS_t** = Costo unitario de mantenimiento de inventario por periodo.
- Cr_t** = Costo unitario del tiempo regular por periodo.
- Ce_t** = Costo unitario del tiempo extra por periodo.
- M** = Nivel de inventario inicial.
- P_{r,t}** = Producción en tiempo regular en el periodo t.

- P_{e,t}** = Producción en tiempo extra en el periodo t.
 - D_t** = Demanda pronosticada para el periodo t.
 - O** = Capacidad no utilizada/ociosidad.
- Cada una de las celdas formadas en la tabla de disponibilidades/requerimientos (origenes/destinos) se encuentra asociada a una variable de decisión X_{ijt} (7) que representa las unidades provenientes de un origen (en este caso trimestre de producción y tipo de tiempo de

(6) Adaptación KHALILY; KUTMAN, op. cit. en nota (2).

(7) X_{ijt} : o: origen, producción por trimestre; d: destino, demanda por trimestre.

producción) que atenderá los requerimientos de un destino (en este caso demanda de los distintos trimestres).

Este tipo de problema requiere como condición el balanceo, es decir, la sumatoria de los orígenes debe ser igual a la sumatoria de los destinos. En el problema del cuadro 17.5 la capacidad de producción excede a la demanda de ese período, por lo que se recurre a un destino ficticio que a su vez brinda información adicional: capacidad de producción no utilizada u ociosa.

Si la relación hubiese sido inversa, demanda mayor que capacidad de producción, no se requeriría un destino ficticio, sino un origen de este tipo que represente la cantidad de demanda que quedaría insatisfecha.

Fila primera: cantidad de inventario inicial para el momento actual y que puede utilizarse para satisfacer la demanda en cualquier trimestre del plan (x_{it} , $t = 1, \dots, 5$)

Fila segunda: producción en tiempo regular en el primer trimestre y que también puede usarse para satisfacer la demanda en cualquier trimestre posterior del plan (x_{it} , $t = 1, \dots, 5$)

Fila tercera: cantidad de producción en tiempo extra, como alternativa propuesta, para el primer trimestre y que puede satisfacer la demanda durante cualquier trimestre posterior del plan.

Fila cuarta a novena: igual procedimiento.

Fila décima: demanda pronosticada en cada trimestre de planeación. Si se desea poseer inventario al final del cuarto trimestre se adiciona a la demanda del período.

Columnas:

- Períodos de tiempo (cubos) que el plan de producción abarca. Los costos que aparecen en el primer período son del tiempo regular y extra. A partir del segundo período, al costo de producción correspondiente se agrega el costo de almacenamiento de los períodos que transcurren desde que se producen hasta que se consumen. Por ejemplo (Cr + 2 Cs) corres-

pondiente al período tercero y a la producción regular del primer trimestre.

- Capacidad no utilizada: con respecto al inventario inicial se asigna un costo lo suficientemente grande que sea desechado cuando se está optimizando. En las filas restantes el costo es cero porque no existe ningún tipo de penalización para esta situación. Los costos de no utilizar la capacidad son cero.
- Capacidad total disponible: la cantidad de productos que se puede fabricar en tiempo regular y en tiempo extra para satisfacer las necesidades de producción.

En las celdas internas compuestas por la intersección entre la producción en tiempo regular y extra en cada trimestre, se tratará de encontrar la cantidad de unidades a fabricar de manera que minimice el costo total y se respeten las restricciones de capacidad de inventario final y necesidades de producción.

- Los recuadros que aparecen en la esquina superior derecha de cada celda indican cuánto cuesta producir una unidad en el período, y en algunos casos se adiciona la unidad en inventario para su venta en un período futuro.

Las celdas sombreadas en la parte inferior izquierdo de la tabla no son factibles para el plan. Se asignan costos arbitrariamente grandes para que el método, al tratar de minimizar los costos de fabricación, evite producir en esas fuentes.

- El método, en su afán de optimizar, elegirá las alternativas más económicas, y son aquellas en que los bienes se producen y se venden en el mismo período. Debido a las restricciones de capacidad no siempre se puede elegir.
- El costo unitario de manejo del inventario inicial, en el primer período, es igual a cero en función de decisiones tomadas al planificar.

Los datos del problema general de programación lineal se utilizan en el método de transporte, ver cuadro 17.5.

Producción por trimestre	Período de tiempo				Capacidad no utilizada	Capacidad total
	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}		
Inventario inicial	0	20	40	60	1000	10
Tiempo regular	400	420	440	450	0	40
	30	10				
Tiempo extra	450	470	490	510	0	35
					35	
Tiempo regular	1000	400	420	440	0	40
		40				
Tiempo extra	1000	450	470	490	0	35
		10			25	
Tiempo regular	1000	1000	400	420	0	40
			40			
Tiempo extra	1000	1000	450	470	0	35
			35			
Tiempo regular	1000	1000	1000	400	0	40
				25	15	
Tiempo extra	1000	1000	1000	450	0	35
					35	
Demanda	40	60	75	25	110	

Cuadro 17.5. Resolución por método de transporte

Siendo la función de costo total a minimizar:

$$CT = (10.0) + (30.400) + (10.420) + (35.0) + (40.400) + (10.450) + (25.0) + (40.400) + (35.450) + (25.400) + (15.0) + (35.0)$$

$$MinCT = 0 + 12.000 + 4.200 + 0 + 16.000 + 43.500 + 0 + 16.000 + 15.750 + 10.000 + 0 + 0$$

$$MinCT = \$ 78.450$$

Se deben producir 40 bicicletas con trabajo normal durante los trimestres 1, 2, 3 y 25 bicicletas en el trimestre 4. Debiendo fabricar con tiempo extra 10 bicicletas en el trimestre 2 y 35 bicicletas en el trimestre 3.

El costo mínimo obtenido en el programa de producción es de \$ 78.450.

b) Modelos de coeficientes administrativos

Este modelo, aplicado por E. H. BOWMAN en 1963 parte de la experiencia y desempeño exitoso en las decisiones pasadas del administrador de la producción. Esas experiencias se utilizan como base para decisiones futuras mediante la aplicación de técnicas de regresión detallando la correspondencia entre variables, por ejemplo de demanda y mano de obra.

c) Reglas lineales de decisión

Esta técnica (*) fue desarrollada por CHARLES C. HOIT, FRANCO MONICLIANI, JOHN E. MUMY y HERBERT SIMON en 1960 y se la conoce como la regla HMMPS. El modelo intenta especificar, a través de un conjunto de funciones cuadráticas de costo, el cálculo de la producción y el volumen de la mano de obra para un período de-

d) Simulación

Este modelo denominado **programación por simulación**, desarrollado por R. C. VERGIN (1966), emplea un procedimiento de búsqueda hasta encontrar la combinación que minimiza los costos relacionado con la tasa de producción y la cantidad de mano de obra.

Más tarde, TAUBERT (1968) denominará **regla de búsqueda** a un sistema muy similar donde a partir de un plan agregado con valores de producción regular, horas extra, subcontratación, etc., que satisfaga las necesidades de producción, realiza un análisis y determinación de los costos, luego continúa la búsqueda mediante otras combinaciones determinando sus costos.

El proceso de búsqueda continúa hasta que no se introducen mejoras en los costos, por lo que se elige la última combinación simulada. El inconveniente que presenta este mo-

Este modelo pretende reflejar correctamente el comportamiento de las distintas variables de producción involucradas en la toma de decisiones. Aunque esta técnica funciona bien en ciertos contextos, no se emplea con demasiada frecuencia; ya que una de las causas es la dificultad de los directivos para analizar los datos pasados y ajustar el modelo de regresión.

terminado, minimizando su costo total, así como también de las contrataciones y despidos, horas extra e inventarios.

Encontrar este tipo de funciones en cada caso específico resulta un esfuerzo considerable, por lo que no es de fácil aplicación.

delo es la gran cantidad de alternativas a simular, lo que puede, a través del desarrollo de los medios informáticos llegar a ser un método apreciable en los planes agregados de producción.

La **investigación operativa**, a través de los años y con el incremento del uso de las computadoras, ha desarrollado la aplicación de varios métodos para la planeación agregada de la producción, buscando delinear planes de capacidad que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles para adecuarse y satisfacer la demanda agregada.

En la práctica de la administración de operaciones no es común el uso de estas técnicas matemáticas debido a la necesidad de conocimiento previo a su aplicación, pero no obstante es importante destacar que es una herramienta útil para la planificación.

(*) Heizer: *Revisa, Dirección de la producción*, Prentice Hall, 2001.

17.7.2. Método gráfico y cuadros

Si bien este método no garantiza un plan de producción óptimo, su uso está ampliamente difundido por ser de fácil aplicación y sencillo de representar, utilizando hojas de cálculo para facilitar el proceso de decisión.

Este enfoque implica elaborar diferentes alternativas de planeación, incorporando mejoras para reducir los costos hasta llegar a un plan agregado aceptable. El proceso de evaluación de los planes alternativos permite a los planeadores comparar la demanda proyectada con la capacidad existente en planta.

A través de la aplicación de este método es factible:

- Obtener los datos de los registros, ya sea contables para costos o bien directamente del personal de gerencia.
- Determinar los requerimientos de demanda para cada período a analizar.
- Determinar cuál es la capacidad, medida en tiempo regular, tiempo extra y subcontratación para cada período.
- Determinar los costos de mano de obra, los costos de contratar y despedir perso-

nal, los costos de mantenimiento y agotamiento de inventario.

- Aplicar las políticas de la compañía con respecto a los inventarios y a la mano de obra.
- Exponer los planes alternativos y considerar sus costos totales.

Esta técnica no posee un proceso sistemático para su elaboración, pero se sustenta en gráficos y tablas, que ordenan los datos para luego analizar sus resultados y seleccionar aquel que minimice los costos y sea compatible con las políticas de la organización.

A continuación se presenta un problema utilizando el método propuesto para su resolución:

Una empresa dedicada a la fabricación de pañales descartables debe lograr un plan de producción para el próximo semestre que le permita cubrir la demanda estimada por su departamento de comercialización y ventas a un mínimo costo.

La información suministrada por las diferentes áreas de la empresa, es:

PRESUPUESTO DE VENTAS (UNIDADES)

Tamaños/Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Chico:	280	290	280	230	200	200	1.480
Mediano:	340	310	270	270	240	270	1.700
Grande:	600	690	700	480	300	350	3.120
Totales:	1.220	1.290	1.250	980	740	820	6.300

Cuadro 17.6. Información de comercialización

INVENTARIO INICIAL

Tamaños	Unidades
Chico:	40
Mediano:	60
Grande:	100
Totales:	200

Cuadro 17.7. Información de control de la producción

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Días laborables	21	19	22	21	21	20	124

Inventario de seguridad:

% definido de la demanda del mes:

25

Otros datos:

Tiempo (hs) requerido para fabricar 1 unidad:

5

Horas disponibles de trabajo por día:

8

Finanzas:

Costo de mantenimiento de inventarios:

\$ 5,0

P/unid.

Costo del agotamiento de inventarios:

\$ 7,5

P/unid.

Costo de subcontratar:

\$ 80,0

P/unid.

Relaciones humanas:

No existen límites para la cantidad de horas extra.

Costo de contratación de un nuevo trabajador:

\$ 70,0

Costo de despido de un trabajador:

\$ 50,0

Costo de la hora normal de trabajo:

\$ 7,0

Costo de la hora extra de trabajo:

\$ 10,5

Cuadro 17,8. Otros datos

Gerencia general:

- Sólo se construirá el stock de seguridad con horas normales de trabajo.
- El stock de seguridad será considerado para el costo de mantenimiento de inventarios.
- Los pedidos no atendidos en un mes pasan como deuda del mes siguiente.

Analizaremos a continuación las diferentes estrategias de producción posibles para esta empresa a fin de determinar cuál es la más beneficiosa desde el punto de vista de costos, teniendo en cuenta que para esta etapa del análisis lo que se necesita es la información de la familia de pañales y no abierta por

tamaño, la que necesitaremos cuando confeccionemos el PMP (plan maestro de producción).

Estrategias de producción:

- Producción exacta variando la fuerza laboral.
- Fuerza laboral constante y utilización de horas extra.
- Fuerza laboral constante con agotamiento de existencias e inventario variable.
- Fuerza laboral constante y subcontratación.
- Opción mixta: horas extra, subcontratación, producción exacta.

a) Producción exacta: fuerza laboral variada

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Inventario inicial	200	324	341	323	250	216	
Demanda estimada	1.220	1.290	1.250	980	740	820	6.300
Días disponibles	21	19	22	21	21	20	124
Producción requerida	1.325	1.289	1.222	902	675	809	
Horas de producción requeridas	6.625	6.445	6.110	4.510	3.375	4.045	
Horas disponibles por trabajador	168	152	176	168	168	160	
Trabajadores requeridos	40	43	35	27	21	26	
Trabajadores contratados/desp.	0	3	-8	-8	-6	5	
Costo de contratación/despido	0	210	-600	-600	-360	350	1.660
Costo de horas normales	47.040,0	45.752,0	43.120,0	31.752,0	24.656,0	29.120,0	221.480,0
Stock de seguridad requerido	305	323	313	245	185	205	
Inventario final	324	341	323	250	216	228	
Costo mantenimiento inventario	1.310,0	1.662,5	1.660,0	1.432,5	1.165,0	1.110,0	8.340,0
Costo total	48.350,0	47.624,5	45.180,0	33.584,5	26.161,0	30.580,0	231.480,0

Cuadro 17,9. Producción exacta, fuerza laboral variada

Comentarios: en esta opción el departamento de programación y control sólo ha debido determinar la necesidad de horas de trabajo por mes para cubrir exactamente la demanda y el stock de seguridad y de esa manera obtener la cantidad de trabajadores que se requieren en cada período, contratando y/o despidiendo según sea el caso.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos en cada una de las alternativas expuestas se comenta brevemente los ítem que pueden presentar algún problema:

La **producción requerida** es la necesidad de producción en cada período analizado.

La **producción requerida** es igual a la demanda estimada más el stock de seguridad menos el inventario inicial.

Para enero sería $1.220 \text{ u} + 305 \text{ u} (1.120 \times 0,25) - 200 \text{ u} = 1.325 \text{ u}$.

Las **horas de producción requeridas** se obtienen multiplicando la producción requerida calculada en el período por el tiempo requerido para fabricar cada unidad de producto.

Para el mes de enero sería $1.325 \text{ u} \times 5 \text{ horas} = 6.625 \text{ horas}$.

Los **trabajadores requeridos** en cada período se calculan dividiendo las horas de producción requeridas por las horas disponibles por trabajador.

Para enero sería $6.625 \text{ horas} / 168 \text{ horas} = 39,43$ lo que es igual a 40 operarios (se aproxima por exceso).

Los **trabajadores a contratar** en un determinado período se determinan por la diferencia entre el número de trabajadores necesarios para dicho período y el anterior.

Para febrero es necesario contratar 3 trabajadores que viene dado por: cantidad de trabajadores necesarios para febrero menos la cantidad de trabajadores necesarios para enero ($43 - 40$).

La **cantidad de trabajadores despedidos** en un determinado período, se obtiene mediante la diferencia entre los trabajadores del período anterior y los necesarios para el período analizado.

En marzo es necesario despedir 8 operarios.

Horas normales para un determinado periodo: número de trabajadores por los días trabajados por las horas trabajadas.

Para enero sería 40 operarios x 21 días x 8 horas día: 6.720 horas normales.

El **costo de la variación** en la mano de obra se calcula multiplicando los respectivos costos unitarios por las correspondientes contrataciones y despidos.

En febrero se producen 3 contrataciones, por lo que su costo sería:

\$ 70 x 3 trabajadores = \$ 210.

En marzo se efectivizan 8 despidos y su costo estaría dado por:

\$ 50 x 8 trabajadores = \$ 400.

El **costo de horas normales** se determina multiplicando las horas normales del periodo por el costo de la hora normal de trabajo.

En enero sería: 6.720 horas x \$ 7 la hora = \$ 47.040.

El **inventario final** viene dado por el stock de seguridad más el excedente de producción.

En enero sería: 305 u + 19 u = 324 u.

Las unidades excedentes se obtienen: (horas de producción normal menos horas de producción requeridas) dividido por las horas para fabricar una unidad de producto.

En enero sería: (6.720 horas - 6.625 horas) / 5 horas = 19 unidades.

Para el **costo de mantenimiento de inventario** se utiliza la siguiente fórmula:

$((\text{Inventario inicial} + \text{Inventario final}) / 2) \times \text{costo unitario de mantenimiento}$.

En enero: $((200 \text{ u} + 324 \text{ u}) / 2) \times \$ 5 = \$ 1.510$.

b) Fuerza laboral constante; subcontratación

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Inventario inicial	200	55	0	0	95	430	
Demanda estimada	1.220	1.290	1.250	980	740	820	6.300
Días disponibles	21	19	22	21	21	20	124
Producción requerida	1.020	1.235	1.250	980	645	390	
Horas disponibles por trabajador	168	152	175	168	168	150	992
Trabajadores disponibles	32	32	32	32	32	32	
Horas disponibles	5.376	4.864	5.632	5.376	5.376	5.120	
Producción disponible	1.075	973	1.126	1.075	1.075	1.024	
Unidades por subcontratar	0	262	124	0	0	0	
Inventario final	55	0	0	95	430	534	
Costo de la subcontratación	0	20.960,0	9.920,0	0	0	0	30.880,0
Costo horas normales	37.632,0	34.048,0	39.424,0	37.632,0	37.632,0	35.840,0	222.208,0
Costo mantenimiento inventario	637,5	137,5	0	237,5	1.312,5	2.560,0	4.985,0
Costo total	38.269,5	35.145,5	49.344,0	37.869,5	38.944,5	38.500,0	258.075,0

Cuadro 17.10. Fuerza laboral constante, subcontratación

Comentarios: en esta opción, en el primer mes, obtenemos una determinada fuerza laboral que continúa constante para el resto de

los meses. La demanda que no logra cubrirse con producción normal se subcontrata a proveedores externos.

En enero se producen con horas normales 55 unidades en exceso a la demanda, las que se toman como inventario inicial de febrero para la determinación de la producción requerida o necesaria.

Con esta alternativa no se construye Inventario de seguridad, ya que la gerencia ha determinado que sólo podrá construirse con trabajo en horas normales de la dotación de planta.

Solamente se comentarán los ítem no vistos en la alternativa anterior.

Las **horas disponibles** se calculan multiplicando la cantidad de trabajadores necesarios del periodo por las horas disponibles por trabajador.

Para enero sería: 32 operarios x 168 horas / trabajador = 5.376 horas.

Para obtener la **producción disponible** se divide el total de horas disponibles por las horas necesarias para fabricar una unidad de producto.

Siendo para enero: 5.376 horas / 5 horas = 1.075 unidades.

Las **unidades a subcontratar** se obtienen por la diferencia entre la producción requerida y la disponible, teniendo en cuenta que se mantiene nivelada la mano de obra.

En febrero sería: 1.235 unidades - 973 unidades = 262 unidades a subcontratar.

El **costo de subcontratación** surge de multiplicar la cantidad de unidades a subcontratar por el costo del mismo, siendo para febrero: 262 unidades x \$ 80,0 por unidades = \$ 20.960,0.

c) Fuerza laboral constante; variación y agotamiento de inventario

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Inventario inicial	200	55	-252	-386	-291	44	
Demanda estimada	1.220	1.290	1.250	980	740	820	6.300
Días disponibles	21	19	22	21	21	20	124
Horas disponibles por trabajador	168	152	175	168	168	160	992
Trabajadores disponibles	32	32	32	32	32	32	
Horas disponibles mes	5.376	4.864	5.632	5.376	5.376	5.120	
Producción disponible	1.075	973	1.126	1.075	1.075	1.024	
Inventario final	55	-252	-386	-291	44	248	
Costo horas normales	37.632,0	34.048,0	39.424,0	37.632,0	37.632,0	35.840,0	222.208,0
Costo pedidos pendientes	0	1.965,0	2.895,0	2.182,5	0	0	7.042,5
Costo mantenimiento inventario	637,5	137,5	0	0	110,0	730,0	1.615,0
Costo total	38.269,5	36.150,5	42.319,0	39.814,5	37.742,0	36.570,0	230.365,5

Cuadro 17.11. Fuerza laboral constante, variación y agotamiento de inventario

Comentarios: en esta opción se determina la dotación mediante el cálculo de la necesidad de horas del semestre dividida por las horas disponibles de un trabajador en el mismo periodo y se mantiene la dotación constante para los 6 meses analizados.

La demanda insatisfecha en un mes es trasladada como pedidos pendientes para el mes siguiente, por lo que se adiciona a la demanda de dicho mes.

En esta alternativa aparece el **costo de los pedidos pendientes**, que corresponde a las

unidades de producto que no se han fabricado en un determinado período y que se cumplimentarán en el siguiente.

Estos retrasos en satisfacer la demanda se producen debido a que el nivel establecido de mano de obra es inferior al que se necesitaría en el mes analizado.

En el caso de febrero, hay 262 unidades pendientes que multiplicadas por el costo unitario de agotamiento de inventario \$ 7,5 resulta \$ 1.965,0 de costo de pedidos pendientes.

Es necesario añadir que esta alternativa de trabajar con agotamiento de inventario trae aparejado una disminución del nivel de servicio al cliente.

d) Fuerza laboral constante; horas extra

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Inventario inicial	200	0	0	0	28	296	
Demanda estimada	1.220	1.290	1.250	980	740	820	5.300
Días disponibles	21	19	22	21	21	20	124
Horas disponibles por trabajador	168	152	176	168	168	160	
Trabajadores disponibles	30	30	30	30	30	30	
Horas disponibles mes	5.040	4.560	5.280	5.040	5.040	4.800	
Producción disponible	1.008	912	1.056	1.008	1.008	960	
Producción requerida en horas extra	12	378	194	0	0	0	
Horas extra	60	1.890	970	0	0	0	
Inventario final	0	0	0	28	296	456	
Costo horas normales	35.280,0	31.920,0	36.960,0	35.280,0	35.280,0	33.600,0	20.8320,0
Costo horas extra	630,0	19.845,0	10.185,0	0	0	0	30.660,0
Costo mantenimiento inventario	500,0	0	0	70,0	810,0	1.830,0	3.210,0
Costo total	36.410,0	51.765,0	47.145,0	35.350,0	36.090,0	35.430,0	242.190,0

Cuadro 17.12. Fuerza laboral constante, horas extra

Comentarios: en esta opción se parte de una dotación calculada sobre la necesidad de enero y a partir de dicho mes se mantiene constante. La gerencia no ha fijado límites para la realización de horas extra, por lo que se otorgarán las necesarias hasta cubrir la demanda mensual.

Es preciso conocer la cantidad de producción en horas extra para satisfacer los requerimientos de producción.

En enero existe un requerimiento de producción de 1.020 unidades y una producción dis-

ponible de 1.008 unidades, surgiendo como resultado una diferencia de 12 unidades que serán fabricadas con la utilización de horas extra.

La cantidad de horas extra necesarias se obtiene de multiplicar las unidades a fabricar en horas extra por el tiempo requerido en la elaboración de cada unidad.

Siendo en enero: 12 unidades x 5 horas cada una = 60 horas extra necesarias para satisfacer los requerimientos de producción del mes.

Los costos de las horas extra vienen dados por las horas extra necesarias multiplicadas por el costo de cada hora extra.

En enero son necesarias 60 horas extra con un costo de \$ 10,50 cada hora, lo que resulta en un costo incremental de \$ 630.

De las tres alternativas vistas con nivel de mano de obra constante, en el caso de falta de capacidad, habría que analizar a qué opción conviene acudir primero, si a variación de inventario, horas extra o subcontratación.

e) Horas extra (enero, febrero); subcontratación (marzo, abril); producción exacta (mayo, junio)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Inventario inicial	200	0	0	0	28	195	
Demanda estimada	1.220	1.290	1.250	980	740	820	6.300
Días disponibles	21	19	22	21	21	21	20
Horas disponibles por trabajador	168	152	176	168	168	160	992
Trabajadores disponibles	30	30	30	30	30	27	26
Horas disponibles mes	5.040	4.560	5.280	5.040	4.536	4.160	
Producción disponible	1.008	912	1.056	1.008	907	832	
Stock de seguridad	0	0	0	0	185	205	
Trabajadores contratados	0	0	0	0	0	0	
Trabajadores despedidos	0	0	0	0	3	1	
Producción requerida en horas extra	12	378	0	0	0	0	
Horas extra	60	1.890	0	0	0	0	
Unidades por subcontratar	0	0	194	0	0	0	
Inventario final	0	0	0	28	195	207	
Costo horas normales	35.280,0	31.920,0	36.960,0	35.280,0	31.752,0	2.9120,0	200.312,0
Costo de contratación / despido	0	0	0	0	150,0	50,0	200,0
Costo horas extra	630,0	19.845,0	0	0	0	0	20.475,0
Costo de la subcontratación	0	0	15.520,0	0	0	0	15.520,0
Costo mantenimiento inventario	500,0	0	0	70,0	557,5	1.005,0	2.132,5
Costo total	36.410,0	51.765,0	52.480,0	35.350,0	32.859,5	30.175,0	236.639,5

Cuadro 17.13. Horas extra (enero, febrero); subcontratación (marzo, abril); producción exacta (mayo, junio)

Comentarios: esta alternativa es denominada mixta, ya que se utilizan varias opciones de trabajo: como ser horas extra, subcontratación y contratación y despido. Para el primer mes se calcula la dotación justa para cubrir la demanda de dicho mes y se continúa con esa dotación hasta mayo, donde se pue-

de comenzar a efectuar contrataciones y despidos.

El stock de seguridad sólo podrá construirse en los meses de mayo y junio, ya que no está permitido utilizar horas extra ni subcontratación para fabricarlo.

Resumen del costo total de las alternativas				
A	B	C	D	E
\$ 231.480,0	\$ 258.073,0	\$ 230.865,5	\$ 242.190,0	\$ 238.639,5

Cuadro 17.14. Resumen

Corolario

Las alternativas A, B, C y D están basadas en estrategias puras, enfocándose en el costo específico a cada opción analizada. En cambio en la alternativa E se usa la estrategia mixta realizando combinaciones en la fuerza laboral, en las horas extra, subcontratación y variación en los inventarios.

Obviamente pueden existir otras combinaciones factibles para la obtención del costo mínimo.

17.8. Programa maestro de producción

Como resultado del manejo de la capacidad a mediano plazo y para satisfacer la demanda de bienes o servicios, se confecciona el **plan agregado de producción (PAP)** que sirve de base para la elaboración de un **programa maestro de producción (PMP - Master Production Schedule)**. En el PMP se define para cada producto las cantidades a fabricar y en qué período de tiempo dentro de un horizonte de planificación, logrando la coherencia necesaria entre ambos planes.

Este programa maestro o marco de la producción suministra información a los sistemas de planificación sobre las necesidades de materiales que se refieren a la producción o adquisición de las piezas o componentes necesarios, para hacer el producto final⁽⁹⁾, según sean las previsiones de demanda.

El programa maestro de producción cumple con las funciones de:

- Incorporar pedidos reales al sistema de programación.
- Concretar el **plan agregado de producción**, tanto en cantidades de productos finales como el tiempo de su fabricación.
- Descomponer los productos agregados planeados en artículos individuales programados.
- Utilizar con eficiencia la capacidad de producción, evitando tanto las subcargas como las sobrecargas de las instalaciones, y determinando su factibilidad.
- Informar al área de finanzas para que programe los presupuestos y flujo de efectivo necesario en los distintos períodos de tiempo.
- Informar al área de comercialización para que programe las entregas y distribuciones de los productos.

Para la realización del programa maestro de producción se hace necesario que el área de operaciones intercambie información con otras áreas funcionales que permitan alcanzar los objetivos y las metas propuestas en el plan de producción.

El PMP necesita ir reajustándose en la medida en que la demanda de clientes, los planes financieros y la disponibilidad de mano de obra se haya modificado, información que constituye los verdaderos *inputs* del programa, así como también los niveles de capacidades, los movimientos del inventario, el seguimiento a los proveedores, entre otros.

El PMP es de naturaleza dinámica, por lo que debe ser flexible y actualizado, adquiriendo continuidad en el tiempo. Requiere ser actualizado permanentemente, por lo general, por semana, lo que significa que una vez transcurrida una semana debe actualizarse la porción primera del programa, quitando el período transcurrido y agregándose otro período igual al final del mismo.

La primera parte del programa tiende a estar conformada por pedidos reales y la parte final por pronósticos de demanda. En el movimiento de los programas estos pronósticos se transforman en pedidos reales, por lo que se afecta dinero para solicitar materiales y se programa la mano de obra.

Mantener actualizado el PMP y permanecer flexible para que puedan introducirse los cam-

bios que producen los ajustes, cuando éstos se realizan en períodos de pedidos reales, suelen ser complicados para el programador, requiriendo ciertas decisiones en conjunto entre el gerente de operaciones y de comercialización.

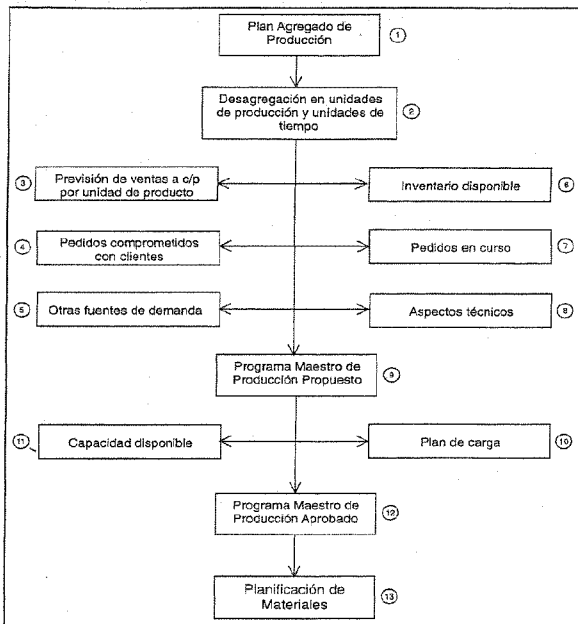
Las modificaciones introducidas suelen ser muy costosas, los incrementos en cantidad en el programa maestro de producción llegan a causar demoras en las entregas a los clientes, o altos costos de expedición, debido a la escasez de materiales.

Por otra parte, las disminuciones en las cantidades dan como resultado que una porción de los materiales o componentes no sean utilizados, incrementando de esa manera los costos de producción.

Lo mismo ocurre cuando se modifican las fechas en que se necesitan las cantidades propuestas en el programa maestro de producción. Todo esto hace que muchas organizaciones decidan **congelar** una parte, por lo cual no se autoriza ningún cambio a esos períodos congelados, que por lo general son los meses más cercanos; por ejemplo pueden mantenerse los próximos dos meses sin ninguna modificación. Esta porción a corto plazo del programa se la conoce como en **frío, fijo o congelado**, al resto como en **abierto**, y significa que se puede acomodar la programación a modificaciones y a nuevos pedidos.

(9) Hesse y Renown, op. cit. en nota (8).

17.9. Proceso de desagregación del PAP al PMP



Cuadro 17.15. Procesos de desagregación del PAP al PMP

Para la obtención de un **programa maestro de producción** factible, es necesario realizar un proceso de desagregación partiendo del **plan agregado de producción** (1), de acuerdo con las alternativas de decisión propuestas y teniendo en cuenta minimizar los costos.

Se procede a desagregar (2) las familias de productos en unidades de ítem finales definiéndolas en función de productos específicos. Los períodos de tiempo o cubos de tiempo se desagregan pasando de meses o trimestres, para el **plan agregado de producción**, a semanas, para el **programa maestro de producción** pudiendo ser períodos más cortos si fuese necesario.

La desagregación facilita precisar en qué momento hacen falta los productos y cuáles son las distintas actividades a llevar a cabo para obtenerlos.

Se hace necesario contar con la previsión de la demanda a corto plazo (3), con sus ajustes correspondientes por unidades de productos que junto a los pedidos comprometidos con los clientes (4) y otras fuentes de demanda (almacén, otras plantas, etc.) (5) determinan las necesidades de productos que deberán desagregarse en demandas semanales.

Por otra parte, a estas necesidades de productos se los analiza con lo disponible en inventarios (6), los pedidos que hubiese en curso de fabricación (7) y toda la información técnica (8) necesaria para conocer como serán los lotes de producción, aproximación de las fechas de fabricación, sus costos y otros aspectos.

Con la información obtenida se está en condiciones de elaborar un **programa maestro de producción** propuesto (9), dado que la carga de trabajo (10) que implica dicho programa deberá ser compatible con la capacidad disponible (11) con que se cuenta.

Cabe destacar que al realizar las desagregaciones mencionadas (en unidades de producto, en cantidad y en tiempo) suele suceder que lo que en el **plan agregado de producción** resultara perfectamente viable, luego no fuera así en el **programa maestro de producción**; por lo que se debe planificar la capacidad a corto plazo. Puede suceder que la capacidad disponible no alcance a cubrir el plan de carga de trabajo previsto en el **programa maestro de producción** propuesto, por lo que entonces se deberán tomar decisiones acerca de aumentos transitorios de la capacidad. Para ello se deberán realizar los cambios necesarios a fin de adaptar los requerimientos de producción a la capacidad, y siempre teniendo en cuenta que las necesidades previstas de los clientes sean satisfechas y que los servicios no se retrasen.

De no ser así, se deberá modificar el **plan agregado de producción** para que el **programa maestro de producción** propuesto sea factible.

Una vez realizadas estas medidas de ajuste, se confecciona el **programa maestro de producción** definitivo (12), del cual surgen cuáles serán las necesidades de materiales (13) que constituyen los datos de entrada al sistema de **planificación de requerimientos de materiales** (MRP, *Material Requirements Planning*). Ver cap. 18.

Con esta información el área de operaciones podrá determinar los programas detallados para la producción y el ensamble de los componentes. Los directores de operaciones confeccionan estos planes junto con los supervisores y capataces, desagregando el plan a mediano plazo en programas semanales, diarios y hasta en horas (14).

En el proceso de desagregación, para la elaboración del PMP, el horizonte de planificación abarca hasta doce meses en el uso de

(10) Mazzzi; Renner, op. cit. en nota (8).

planeación de requerimientos de materiales (MRP), pudiendo ser menor en otros sistemas.

Como requisito usualmente aceptado ⁽¹¹⁾, el horizonte de planeación deberá ser, como mínimo, igual al mayor tiempo de suministro acumulado (TSA) de los productos finales que incluye el PMP, entendiendo por TSA el tiempo que comprende la adquisición de las materias primas y materiales, fabricar las partes o componentes y el montaje del producto final. Por lo tanto el artículo que tenga el tiempo de demora más largo determinará

el tiempo mínimo que deberá abarcar un horizonte de planeación.

Dentro de dicho horizonte se hace necesario programar períodos de tiempo más cortos, que por lo general son semanas, permitiendo que las cantidades sean desagregadas, fijando claramente el momento en que éstas hacen falta y qué actividades se han de desarrollar para su obtención. Las cantidades se refieren a un determinado momento del período, normalmente al final del mismo y de esa manera es posible coordinar las emisiones y llegadas de pedidos con las consiguientes necesidades y disponibilidades ⁽¹²⁾.

17.10. El PMP en empresas que fabrican a pedido o para existencias

El procedimiento del programa maestro de producción en las empresas que poseen sistemas de fabricación a pedido o las que producen para existencias, difiere en la forma de administrar la demanda y en la determinación del tamaño de los lotes.

En la fabricación a pedido el programador no trabaja con pronósticos de demanda, sino con la lista de pedidos de los clientes, las fechas de entrega solicitadas y con los huecos abiertos en la producción, asignando las cantidades a fabricar.

También se asignan los pedidos que provienen del interior de la empresa, o los pedidos entre plantas; cuando se solicitan muestras de productos para promoción; de ingeniería de producto e investigación y desarrollo cuando realiza pruebas, así como también las piezas para repuestos y los pedidos de las sucursales.

En la fabricación para existencias, los pedidos provienen de los almacenes de la empre-

sa, basándose en los pronósticos de la demanda futura. El problema se presenta en cuánto programar de cada producto y que resulte económico hacerlo. Si se fabrican lotes pequeños se eleva el costo promedio unitario debido a que el costo fijo de preparación para la producción se distribuye sobre pocos productos.

Si por el contrario, se fabrican lotes grandes, también se eleva el costo promedio unitario, porque se involucran los costos de mantenimiento de inventarios que se han incrementado por el solo hecho de tener que mantener una mayor cantidad de productos en almacenes.

Es necesario lograr un equilibrio entre los costos de preparación para fabricar y el costo de mantenimiento de los productos en stock, determinando los lotes económicos de producción que minimizan el costo total.

El PMP se puede confeccionar a través de sistemas computarizados de programación, re-

sultando económico su realización y en algunos casos, indispensable para procesar todos los datos que provienen de varios departamentos de producción. La información de la demanda de los productos finales, la información del estado de los inventarios, las restricciones en la capacidad, los pronósticos de la demanda, el tamaño de los lotes y los niveles deseados de existencias de seguridad, son utilizados por la computadora para hacer de-

talados cálculos de programación maestra de producción, comparando estas cifras con las cargas de los centros de trabajo y con las restricciones de capacidad, generando un programa maestro de producción ⁽¹³⁾.

Cuando el PMP ha sido elaborado correctamente los productos finales se fabrican en las cantidades justas y convenientes, utilizando plenamente los recursos de producción y manteniendo bajos los niveles de inventarios.

17.11. Desarrollo del programa maestro de producción

Una vez que se han analizado las distintas alternativas de planificación agregada y habiendo elegido una de ellas, en función de minimizar los costos totales, se procede a confeccionar el **plan maestro de producción**, que consiste en desagregar, tanto el horizonte de tiempo como las unidades de productos, el plan agregado efectuado anteriormente, con el objeto de programar los lotes fijos de producción de cada producto en el período estrictamente necesario.

Siguiendo el ejemplo de la empresa dedicada a la fabricación de pañales descartables, desarrollado anteriormente, vemos que luego de analizar las alternativas propuestas se deberá elegir aquella menos costosa para la organización, siendo la **alternativa C (Fuerza laboral constante: Variación y agotamiento de inventario)** la opción seleccionada.

Se desagregan las familias de pañales por tamaños de pañal y el horizonte de tiempo se divide en semanas determinando la cantidad de productos a fabricar cada vez que se emite una orden de fabricación.

Los lotes fijos de producción son:

- Tamaño chico: 150 unidades
- Tamaño mediano: 230 unidades
- Tamaño grande: 300 unidades

En esta etapa de análisis se ha efectuado la desagregación de la información disponible en tiempo y por tamaño de producto, mediante el análisis semanal de los dos primeros meses del semestre (ver cuadro 17.16).

Lo primero que se obtiene es el plan agregado por tamaño, partiendo del *mix* de producción para cada ítem. Para el tamaño chico de pañal corresponde un 20 % de la familia de pañales; para el tamaño mediano, un 30 %, y para el tamaño grande, un 50 %. A partir de dicha información se determinan las semanas en que cada lote será fabricado para garantizar el abastecimiento fluido de productos al departamento de expedición.

En la figura correspondiente al PMP para pañales de tamaño chico se programa fabricar 150 unidades en la primera semana y 150 unidades en la tercera semana de enero, de esa manera se satisface la demanda planeada de 215 pañales.

De igual manera se confecciona el PMP para pañales de tamaño mediano y grande.

(11) CHURCH (1975); MALHO (1977); FLORES y otros (1978); SMITH (1983) y DOMÍNGUEZ MACRUCO, J. A. (2000).

(12) DOMÍNGUEZ MACRUCO, José Antonio y otros, *Dirección de operaciones, aspectos estratégicos en la producción y los servicios*, McGraw-Hill, 1995.

(13) GANTHER; FRAMER, *Administración de producción y operaciones*, 4ta. edición, Thomson, 2000.

PMP tamaño chico

Mes	Enero				Febrero			
Plan agregado de la familia	1.075				973			
Plan agregado chico (20 %)	215				195			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Plan Agregado Semanal	54	54	54	53	49	49	49	48
Inventario en exceso al PAP	0	96	42	138	85	36	137	88
Producción requerida (PMP)	150	0	150	0	0	150	0	0
Inventario final	96	42	138	85	36	137	88	40

Cuadro 17.16. PMP tamaño chico

PMP tamaño mediano

Mes	Enero				Febrero			
Plan agregado de la familia	1.075				973			
Plan agregado mediano (30 %)	323				292			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Plan agregado semanal	81	81	81	80	73	73	73	73
Inventario en exceso al PAP	0	149	68	217	137	64	221	148
Producción requerida (PMP)	230	0	230	0	0	230	0	0
Inventario final	149	68	217	137	64	221	148	75

Cuadro 17.17. PMP tamaño mediano

PMP tamaño grande

Mes	Enero				Febrero			
Plan agregado de la familia	1.075				973			
Plan agregado grande (50 %)	538				486			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Plan agregado semanal	135	134	135	134	122	121	122	121
Inventario en exceso al PAP	0	165	31	196	62	240	119	297
Producción requerida (PMP)	300	0	300	0	300	0	300	0
Inventario final	165	31	196	62	240	119	297	176

Cuadro 17.18. PMP tamaño grande

17.12. Bibliografía

- ADAMS JR.; EVERETT E.; EBERT, RONALD. *Administración de la producción y las operaciones*, Prentice Hall, 1991.
- CHASE; AQUILANO; JACOBS, *Administración de Producción y Operaciones*, Irwin McGraw-Hill, 2000.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, JOSÉ ANTONIO y otros, *Dirección de operaciones, aspectos estratégicos en la producción y los servicios*, McGraw-Hill, 1995.
- GATHER; FRAZER, *Administración de producción y operaciones*, 4ta. edición, Thomson, 2000.
- HEIZER; RENDER, *Dirección de la producción*, Prentice Hall, 2001.
- KRAJEWSKY; RITZMAN, *Administración de operaciones. Estrategia y análisis*, Prentice Hall, 2000.
- MERRETT; JACK, *Administración de operaciones*, Limusa Wiley, 1999.
- NOORI, HAMID; RADFORD, RUSSELL, *Administración de operaciones y producción. Calidad total y respuesta sensible rápida*, McGraw-Hill, 1997.
- RIGGS, JAMES, *Sistema de producción. Planeación, análisis y control*, Limusa, 1999.
- SCHROEDER, ROGER, *Administración de operaciones*, McGraw-Hill, 1992.
- SOLANA, RICARDO, *Producción, su organización y administración en el umbral del tercer milenio*, Ediciones Interoceánicas, 1994.
- VOLLMANN; THOMAS; BERRY, WILLIAM; WHYBARK, CLAY, *Sistemas de planificación y control de la fabricación*, Irwin, McGraw-Hill, 1995.

18.1. Programación a corto plazo

Siguiendo el esquema jerárquico del planeamiento de las operaciones, tenemos el **planeamiento estratégico de las operaciones**, el cual debe definir los objetivos o claves competitivas y las decisiones de diseño que determinan el sistema de producción de bienes o servicios. El planeamiento integrado de la **cadena de suministros** coordinará el flujo físico y de información, desde el proveedor hasta el cliente. La **planificación agregada** determinará los ajustes de capacidad y recursos en el mediano plazo; que habitualmente es de un año, enfocando en el cumplimiento de los objetivos, con las restricciones que impone la estacionalidad presente en la mayoría de los negocios. Planear las salidas en términos del producto terminado será el nivel siguiente.

Se requiere por último la planificación detallada del día a día, la que en realidad podrá extenderse desde el día hasta unos tres meses, dependiendo del negocio que se trate, estabilidad de los mercados, características de sus procesos, flexibilidad para adaptarse a los cambios, entre otros factores.

Planificación estratégica de operaciones
Diseño del sistema
Planeamiento táctico
Planificación agregada
Programación maestra
Programación detallada

Cuadro 18.1. Los niveles de planificación en las operaciones

Existe una relación estrecha entre sistema de planeamiento y control, tal como vemos en el cuadro 18.1.

Los sistemas de planeamiento y control deben contestar cuatro preguntas principales, las que determinan su relación con otros sistemas de gestión, como es el de inventarios:

- ¿Qué queremos producir, cuánto y cuándo?
- ¿Qué se requiere para ello, en términos de insumos y capacidad?
- ¿Qué tenemos disponible en materiales y capacidad de proceso?
- ¿Qué debemos ordenar en insumos y reservar en capacidad de trabajo, cuánto y cuándo?

La primera pregunta a contestar está relacionada a los pedidos que recibamos o al **plan maestro de producción (MPS)**, determinado sobre la base del pronóstico de demanda y de la política de uso de la capacidad (planificación agregada).

La segunda pregunta se contesta transformando el programa de productos terminados o plan maestro de producción (MPS) en un plan de requerimiento de recursos de producción, materiales y mano de obra necesarios para cumplirlo. Esta etapa suele denominarse **preparación**, que corresponde a cuando se define el proceso a realizar como secuencia de operaciones, en los centros de trabajo o puestos, en que se realizará cada uno y los tiempos requeridos de preparación y ejecución.

La tercera requiere consultar la disponibilidad de materiales en el inventario y de capacidad suficiente de mano de obra y proceso. Para esto último verificaremos si la carga de trabajo requerida por periodo a cada centro, puesto, sector o máquina es factible de atender con la capacidad disponible.

La cuarta se responde con el programa de materiales o componentes a fabricar o comprar y el programa de asignación de mano de obra y capacidad de proceso; centros o puestos de trabajo y secuencia asignada.

Esta última es la **programación de corto plazo**, que por el grado de detalle que requiere no puede superar unos pocos días o semanas. Corto plazo es un término relativo, ya que en cada sector significará periodos diferentes según lo estable o variable que sea, pero siempre será menor al planeamiento estratégico (se ocupa de las características del sistema operativo en el largo plazo), y el planeamiento agregado (se encarga de manejar la capacidad para enfrentar las variaciones estacionales).

Cada tipo de proceso (proyecto, taller, intermitente, línea de producción o planta procesadora), requiere diferentes sistemas de planeamiento y control, que incluyen la forma de realizar la programación de corto plazo o detallada.

En síntesis, la programación de corto plazo debe proveernos la información detallada de los recursos (insumos y capacidades de proceso o recursos) que se requieren para asegurar la producción de los bienes o servicios, el orden o secuencia en que se realizará cada etapa, fase u operación y las fechas en que deben efectuarse cada una de ellas.

18.1.1. Programación de la carga de trabajo

La programación detallada se requiere en todo tipo de proceso, pero nos concentraremos en las producciones de taller, trabajo a pedido e intermitentes, productos normalizados pero

Imaginemos algunas aplicaciones de la programación de corto plazo:

- Encargamos un trabajo a una imprenta, típico taller en el que deben preverse los insumos que se requerirán, papeles especiales y la confección de un original con indicación de los colores a utilizar, para luego determinar en qué momento contaremos con la capacidad disponible para la impresión en la máquina que corresponda, cumpliendo la fecha de entrega acordada con el cliente.

- Tenemos necesidad de consultar al dentista, por lo que solicitaremos un turno a su secretaria (responsable de la programación en este servicio) que lo asignará de acuerdo con la capacidad remanente (turnos no ocupados) y la urgencia que le comuniquemos. Si se requiere construir una prótesis el mecánico dental deberá asignarle una determinada prioridad y planificar la disponibilidad de todos los insumos, incluyendo materiales requeridos y su propio tiempo.

- En una fábrica de tornillos, éstos son estandarizados dentro de una amplia gama, pero como el tiempo de preparación de las máquinas (la puesta a punto para comenzar la producción) demanda un tiempo considerable, se fabricarán por lotes, que servirán para atender la demanda de diversos clientes por un periodo determinado, digamos quince días. Deberá programarse entonces: cuándo asignaremos a la máquina una medida de tornillo determinada, de tal manera que no se agote la existencia. Los insumos necesarios (alambre) y las herramientas requeridas, deberán estar disponibles en el momento de iniciar la fabricación.

realizados por lotes y prestación de servicios. Dejamos para su tratamiento en profundidad en el capítulo respectivo a la programación de proyectos.

Los sistemas de planeamiento y control de la producción de talleres e intermitente por lotes realizan cuatro funciones principales:

- **Preparación:** determinar cómo fabricar, proceso, cantidad de materiales requeridos, tiempo de cada operación para la puesta a punto y para la tirada, herramienta necesario. Si el producto es estándar esta función se realiza en el lanzamiento inicial, cuando se comienza su producción; siendo parte del planeamiento estratégico.
- **Programación:** establecer cuándo se debe terminar y comenzar cada tarea, a fin de usar bien la capacidad disponible,

a) El concepto de carga de trabajo

Esta es la cantidad de trabajo, medida en unidades adecuadas, necesaria para hacer una determinada tarea. Debemos diferenciar dos conceptos clave en la programación: la carga de trabajo y el tiempo calendario. Este último transcurre entre dos momentos determinados (por ejemplo, el comienzo y el final de un trabajo). Si para hacer un trabajo se requiere una carga de diez horas hombre y lo hacemos en un solo puesto se requerirán diez horas tiempo (calendario). Si lo asignamos a dos puestos, la carga será igual (diez horas hom-

b) Criterios de programación

Se utilizan en la programación de carga dos criterios: **capacidad infinita o finita**. En el primero se asigna la carga sin tener en cuenta la restricción eventual de la capacidad, de

determinar y cumplir las fechas de entrega y sincronizar la disponibilidad de los diversos insumos y recursos.

- **Lanzamiento:** poner en marcha cada actividad o acción necesaria, determinando el orden en que se realizará y registrando las tareas realizadas o los problemas que surjan.
- **Control:** verificar el avance y ajustar cada etapa según se requiera.

Nos centraremos en el análisis detallado de la función de programación y en los criterios de lanzamiento, en cuanto a la asignación de prioridad de ejecución de los trabajos.

bre) pero el tiempo se reducirá a la mitad (cinco horas calendario).

La carga de trabajo máxima que puede admitir un puesto, sector o instalación en un periodo será la capacidad, que se mide con la misma unidad que las cargas (horas hombre, horas máquina, toneladas, unidades equivalentes, etc.).

El programador también trabaja con fechas, momentos en que se produce algún evento como comenzar o terminar la producción o alguna etapa del proceso.

acuerdo con el cálculo de recursos requeridos. En el segundo se tendrá en cuenta la disponibilidad real de recursos, como mano de obra o capacidad de las máquinas.

Proceso	Productos	Tecnología de proceso	Programación
Planta procesadora	Cemento, azúcar, químicos, gaseosas.	Automatización masiva. Plantas dedicadas, capital intensivo.	Programación centrada en las máquinas. Programación con capacidad finita.
Líneas de fabricación	Automóviles, electrodomésticos.	Automatización flexible. Líneas de montaje.	Programación finita. Centrada en las máquinas. Uso del JIT y Kanban para arrastre.
Fabricación intermitente	Componentes, autopartes, productos de consumo de gama amplia.	Organización y distribución física celular (tecnología de grupos).	Programación infinita de mano de obra o máquinas. Prioridad en el lanzamiento. Pedidos JIT o programa MRP.
Talleres. Producción a pedido	Productos especiales para el cliente, bajo volumen, prototipos.	Mano de obra intensiva. Máquinas versátiles, distribución física por proceso.	Programación infinita. Limitación por la mano de obra o máquinas especiales. Prioridades por pedido del cliente o programa MRP.

Cuadro 18.2. Relación entre programación y proceso en manufactura

Existen dos criterios extremos de asignación de capacidad para realizar un trabajo: hacia adelante, trata de determinar el próximo momento en que encuentra capacidad disponible para asignarlo y hacia atrás o regresiva, toma la fecha de entrega y desde allí regresa a hoy, determinando cuándo debe ejecutar el trabajo, lo más tarde posible pero finalizando en término.

Cada sistema maximizará un objetivo de las operaciones: el primero tratará de utilizar la

c) Diagrama de Gantt

Esta es la herramienta clásica de la programación de cargas en los centros de trabajo y talleres, que es muy fácil de interpretar visualmente, tanto en la etapa de planeamiento como en el control de avance (ver cap. 4). Fue creada por Henry Gantt, representante del movimiento de la **organización científica** junto con Frederick Taylor, preocupado a principios del siglo anterior, por los procesos y la integración de las operaciones.

capacidad tan pronto esté disponible, con lo cual mantendrá mayor inventario en proceso, en el segundo sistema la inversión de material y trabajo se realizará tan tarde como sea posible, aunque existiera capacidad disponible antes, logrando el mínimo de inventario en proceso e inmovilización financiera. Las claves competitivas, la estructura de costos y la flexibilidad necesaria en la programación, determinarán qué sistema es conveniente aplicar.

El programador debe tener presente qué objetivos son prioritarios en la programación. Por ejemplo, puede desear entregar un trabajo lo antes posible, evitar que su taller o planta tenga capacidad ociosa, trabajar al mínimo costo, no invertir en un trabajo hasta lo más tarde que pueda, entre otras alternativas. Esos criterios tienen efectos económicos, financieros y de servicio al cliente.

Para entregar lo antes posible, si se trata de un lote, podrá subdividirlo y transferir cada sublote a la siguiente operación, tan pronto termine la anterior, teniendo a cambio una mayor complejidad de transporte entre etapas del proceso, lo que incrementará el costo.

Para evitar que tenga capacidad ociosa podrá asignar trabajos a cada puesto tan pronto haya uno desocupado y lo permita el proceso; por lo que habrá muchos trabajos iniciados y paralizados en el taller.

Trabajar al mínimo costo requerirá comenzar y terminar cada lote sin discontinuar, para evitar preparar las máquinas o los puestos nuevamente, y transportar de una sola vez todo el lote procesado. Probablemente deba prometer fechas de entrega lejanas.

Si no desea inmovilizar trabajos durante el proceso hará su programación desde la fecha de entrega hacia hoy (criterio de programación regresiva), de tal manera de comenzar cada trabajo lo más tarde que pueda, pero cumpliendo la fecha final. Cualquier alteración en lo programado le hará incumplir con el cliente.

Una tarea del programador, en los sistemas a pedido, es la estimación de la fecha de entrega. Esta se determinará en función de las cargas de trabajo y los tiempos requeridos para realizar cada etapa del proceso, su secuencia y la capacidad disponible de cada recurso del proceso. En cualquier actividad operativa de fabricación de bienes o prestación de servicios, la confiabilidad de entrega es un componente competitivo clave.

d) Planilla de carga

Un método más sencillo de asignar paquetes de cargas a centros o puestos es la planilla de carga. Simplemente se van asignando los trabajos asignados en un período, determinando cada vez que se asigna una carga el saldo

de capacidad remanente, hasta agotar la del período. A partir de allí se asigna al período siguiente o se toma alguna decisión que incremente la capacidad, tal como trabajar horas extraordinarias.

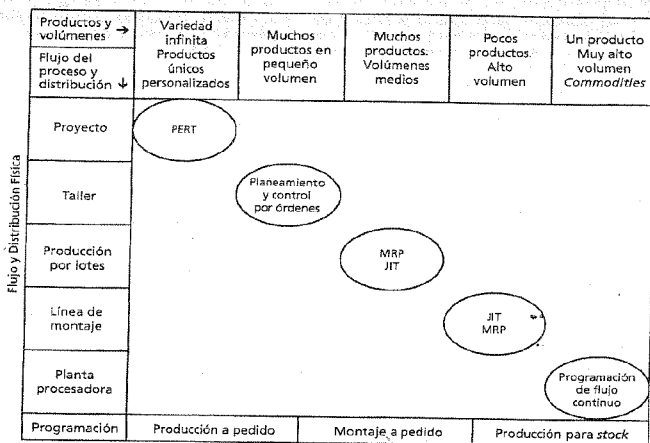
Planilla de carga del sector "A"		
Período programado: de 6/10 a 12/10/03		
Unidad de carga: horas hombre	Capacidad: 80 horas hombre/semana	
Orden de trabajo	Carga (hs-h)	Saldo capacidad
22	15	65
25	12	53
28	20	33
31	18	15
34	20	0 (5) (*)

(*) Pasa a período siguiente 5 horas hombre.

Cuadro 18.3. Planilla de carga (ejemplo)

Es un método simple de asignar cargas, requiriendo luego fijar el criterio o regla para el lanzamiento o despacho, que determine la prioridad de ejecución de cada orden o trabajo.

Esta planilla se puede completar con los tiempos reales de ejecución, agregados a la finalización de cada trabajo, lo que permite ajustar la programación futura, las estimaciones de carga y el cálculo de costos.



Cuadro 18.4. Sistemas de planeamiento y control

Existe una correlación entre tipo de proceso utilizado y el tipo de sistema de planeamiento y control requerido. La selección del sistema a utilizar es una decisión estratégica, debe tomarse una vez aclaradas las características y el volumen de producto requerido y la estrategia de proceso.

En la medida en que los productos (bienes o servicios) son más estandarizados y los procesos tienen un flujo más relacionado y lineal, la programación se hace más simple. Las situaciones son repetitivas; siendo la información de entrada a la programación, tiempos estándar de preparación y tirada, más confiables.

Las plantas procesadoras, así como las líneas de producción o montaje orientadas a pro-

ducto (uno o muy pocos productos fabricados en gran volumen), requieren centrarse en utilizar la capacidad del equipo, por ser capital intensivo.

En estos casos la programación de corto plazo está orientada a cumplir las metas de producción, manteniendo el ritmo de salida y el ritmo de provisión de insumos de manera tan estable como sea posible. Si pensamos en la modalidad de programación de un ingenio azucarero, la misma está centrada en el producto; ya que debe lograrse una producción diaria compatible con la capacidad efectiva de la planta. Para eso se debe asegurar el ingreso de los insumos requeridos, caña de azúcar, envases y otros, además de la energía necesaria, manteniendo el ritmo en todo el proceso.

18.2. Planificación de las necesidades de materiales

La programación a corto plazo incluye las provisiones de materiales requeridos para la producción de bienes o servicios. Debemos contestar a los interrogantes planteados, determinada la salida a lograr: ¿Qué materiales hacen falta para producir, cuánto de cada uno y cuándo deben estar disponibles?

Existen diversos sistemas de planificación dependiendo del tipo de proceso; es decir, si se trata de planificar materiales para un proyecto o taller (una o pocas unidades a pedido del cliente), o para una producción en línea o

intermitente (productos estandarizados en volúmenes medianos o grandes).

La planificación de materiales está integrada al sistema de control de inventarios y en forma más general a la gestión de la cadena de abastecimiento. La tendencia actual es que la planificación y el control integren todos los procesos de negocio, desde el cliente hasta los proveedores. Esta integración tendrá mayores ventajas cuando más lineal y continuo sea el proceso, lo que corresponde a la producción y distribución de productos masivos.

18.2.1. Necesidades de materiales en proyectos y talleres

Los proyectos tienen requerimientos de materiales asociados a cada etapa de los mismos. En la planificación deben determinarse los materiales requeridos en cada etapa, en tipo, cantidad y antelación (*lead time*), de acuerdo con el riesgo de demora o con el costo que origine el atraso. Como los materiales ingresan con una asignación determinada, se usarán en cierta etapa o actividad del proyecto, no existiendo un sistema de inventario permanente. El material ingresa al inventario transitoriamente y debería agotarse su existencia cuando finalizó la actividad en la que se lo usa.

Una empresa constructora está construyendo una casa, típico proyecto, en donde se requieren diez puertas, las que ingresan en un momento determinado a la obra, se colocan y el inventario debe volver a cero. Si nos quedara un excedente es que hubo un error de planificación.

Una empresa de servicios educativos prepara actividades de capacitación a medida del cliente o *in company*, para la prestación del servicio a un cliente determinado, ha preparado un material de lectura especial que debe estar disponible cinco días antes de la primera reunión, a fin de que los participantes lo lean con antelación. Ese material será utilizado únicamente en esa oportunidad.

En el caso de los talleres, procesos que se realizan a pedido a través de órdenes de trabajo y que se realizan compartiendo una instalación, encontraremos materiales de uso habitual en muchos de los trabajos realizados y otros que son destinados a una orden de trabajo en particular. Encontramos entonces artículos de *stock*, de los que tendremos existencia permanente, y otros con asignación específica.

La planificación de los materiales requeridos, de acuerdo con las especificaciones del diseño, corresponde a la función de **preparación del planeamiento** y control de la producción de taller o por órdenes.

Un taller de herrería que hace puertas y ventanas a pedido, probablemente tenga chapa de diferentes espesores y pintura antióxido, ya que la mayor parte de los trabajos que le solicitan llevan esos materiales, pero los herrajes, que tienen costo elevado y cada cliente los solicita diferentes, se adquieren para una determinada orden de trabajo.

Un taller de servicio de mantenimiento de automóviles es probable que tenga en *stock* líquido refrigerante o aceite de motor, que con frecuencia se requiere, pero los repuestos de recambio poco frecuente, se comprarán para un trabajo específico a realizar; por lo que ingresan al inventario y salen de él en un plazo muy corto.

18.2.2. Necesidades de materiales en procesos intermitentes y continuos

Los procesos intermitentes y continuos corresponden a productos con alta o muy alta estandarización que se producen de alguna de las siguientes maneras:

- En forma continuada como en las plantas procesadoras.
- Con una gama estrecha, mezclando los productos en una línea de montaje.
- En lotes, cuando la variedad es mayor.

Las características principales están dadas porque el inventario es permanente, aun cuando en algún momento las existencias sean nulas o muy bajas, mientras que en otro se hará la reposición y crecerán.

La característica fundamental que determina el sistema de cálculo de las necesidades de materiales es que la demanda de ellos depende de aquella del producto terminado; por lo que se los identifica como sistemas de administración de inventarios de demanda dependiente (ver cap. 16).

Además de las decisiones clave de administración del inventario (cuánto y cuándo ordenar) se requiere administrar el resto de los recursos, como la fuerza de trabajo (personal

asignado al proceso) y las capacidades del proceso.

Ejemplo

Si fabricamos mesas de computación de tres modelos diferentes, debemos determinar qué cantidad pensamos fabricar, de acuerdo con la demanda pronosticada y nuestra capacidad de producción. Decidido el programa maestro de producción (MPS), que nos dice cuántos productos de cada modelo planeamos fabricar en el período de un mes, calculamos la cantidad de materiales que se requieren para cada uno (madera, placa de aglomerado, laminado plástico, etc.) y en qué momento deseamos que estén disponibles. Según el proceso que requiere cada mueble calcularemos la carga de trabajo (cantidad de horas hombre u horas máquina que se requerirán en cada puesto); tales como cortar maderas y placas, ensamblar los muebles o terminarlos. La capacidad disponible en personal de producción o en máquinas puede ser suficiente o no. En este último caso deberemos tomar una decisión: reducimos el programa maestro de producto terminado, aumentamos las horas disponibles o subcontratamos parte de las operaciones, para cuadrar los requerimientos con la capacidad.

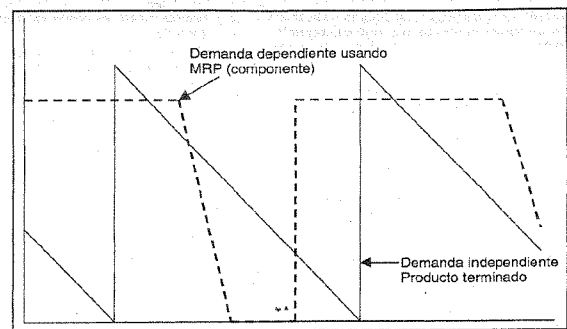
a) Planificación de requerimiento de materiales (MRP)

Muchas empresas fracasaron al tratar de administrar sus necesidades de materiales para la producción a través de sistemas desarrollados para atender demandas independientes de productos terminados. Los problemas eran de dos tipos: exceso de inventarios de algunos artículos y faltantes de otros. Se sumaban costos de inmovilización de existencias y de agotamiento o quiebre de stock.

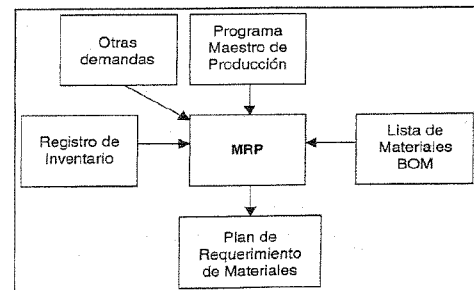
Los supuestos de la demanda independiente, continua y con desvíos aleatorios, no se cumplen en la demanda dependiente. Los

inventarios de reserva o seguridad para cubrir las variaciones eran caros y se mostraban ineficaces para salvar las enormes variaciones de demanda de componentes.

La demanda de componentes o materiales está determinada por el producto que planificamos fabricar, siendo por esta razón que le llamamos **dependiente**. Solamente durante ese período en que estamos produciendo el producto terminado se generará una demanda concentrada de componentes o materiales.



Cuadro 18.5. Niveles de inventario en demanda independiente y dependiente (productos terminados y componentes)



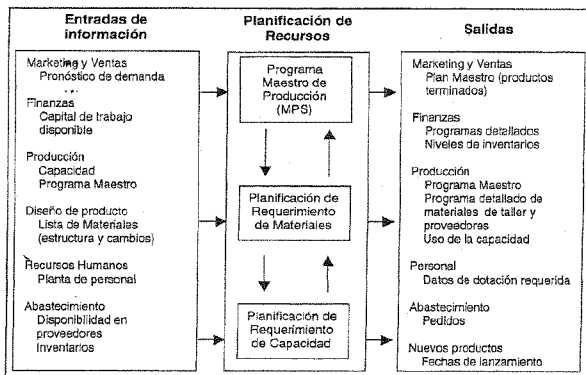
Cuadro 18.6. Planificación de requerimiento de materiales (MRP)

El MRP (de su sigla en inglés *Materials Requirement Planning*) proveyó ventajas importantes para la planificación de materiales:

- Calcula el requerimiento de componentes (artículos hijos) por **explosión** de los productos terminados que planificamos en el **programa maestro**, siendo éste un pronóstico mucho más exacto de demanda.
- Cuando decidimos un cambio del **programa maestro** de productos terminados (artículos padre) se actualiza auto-

máticamente el requerimiento de artículos hijos.

Permite ir más allá de la administración del inventario, planificando los recursos como la disponibilidad de fuerza de trabajo (mano de obra) o capacidad de proceso y hasta los requerimientos financieros. En este caso el sistema se lo identifica como MRP II, **planeamiento de recursos de manufactura** (*Manufacturing Resource Planning*) o CRP, **planeamiento de recursos de capacidad** (*Capacity Resource Planning*).



Cuadro 18.7. Información de entrada y salida en MRP

El **programa maestro de producción (MPS)** se determina en forma tentativa de acuerdo con la manera en que se habrá de encarar la demanda del mercado. Se podrá elegir:

- Adaptarse a la demanda en forma permanente.

- Mantener un ritmo de producción único acumulando o utilizando el **stock** original para alinear la oferta con la demanda.
- Elegir un programa intermedio con niveles de producción variables y acumulación y desacumulación de existencias.

La **lista de materiales (BOM)** es el archivo o base de datos de la estructura del producto. Tiene el desglose o explosión de los componentes para la producción de una unidad de producto terminado. La **lista de materiales** establece los diferentes niveles en que se explota el producto, desde producto terminado, conjuntos principales, conjuntos secundarios, subconjuntos, componentes, hasta materias primas. Establece en cada nivel la relación padres a hijos o producto a componente. La lista de materiales es un informe clave sobre la estructura de producto que surge del responsable de diseño del producto (ver cap. 16).

Se suele diferenciar la **lista de materiales de ingeniería**, que determina las relaciones en el diseño, de la **lista de materiales de producción (BOMP)**, en la que se han suprimido la explosión de los conjuntos o subconjuntos que se compran terminados. La lista, como se elabora en el **diseño**, requiere ajuste de **planeamiento y control** de acuer-

do con las decisiones de **hacer o comprar** que se tomen.

Ejemplo

Debemos programar los requerimientos de materiales para fabricar palas, cuyas asas compramos como un conjunto completo, ocupándonos sólo de traer un asa completa por producto. La explosión en componentes: soportes, manija, remaches o clavos lo debe hacer el proveedor, cuando realice su propia programación de requerimientos de materiales.

Los requerimientos para cada nivel de explosión del producto deben calcularse con un cierto adelanto con respecto a la fecha en que se los requiere. Este adelanto o **lead time** cumple la función de amortiguador respecto de variaciones e imprevistos, como incumplimiento del proveedor o falla de una máquina, que tendrá su costo por el inventario en curso que genera. Cuanto mayor sea el tiempo para procesar o transportar los materiales de una etapa a otra mayor será el **lead time** requerido.

Artículo	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Pala de nieve (producto)	Req. bruto (MPS)						150		
	Disponibile						30		
	Req. neto						120		
	Recibido				120				
Asa superior (conjunto)	Req. bruto				120				
	Disponibile				10				
	Req. neto				110				
	Recibido			110					
Soporte asa (subconjunto)	Req. bruto		110						
	Disponibile		40						
	Req. neto		70						
	Recibido	70							
Clavo (uso 2)	Req. bruto		220						
	Disponibile		90						
	Req. neto		130						
	Recibido	130							

Lead time de conjuntos: 2 semanas

De partes y materias primas: 1 semana (Indicados por las flechas).

Cuadro 18.8. Funcionamiento del MRP

Con respecto al tamaño de los lotes de compra o producción (ver cap. 15) que surgen de la explosión con el MRP, en primera instancia se tomará el lote como fue calculado: cantidad de producto terminado (del MPS) por el uso del componente (del BOMP), nos da el requerimiento bruto, menos el inventario disponible nos da el requerimiento neto. Como los productos y componentes son de uso repetido (diseños estandarizados), es posible mantener en existencia los excedentes, si se

b) MRP II, CRP y ERP

En la descripción realizada del MRP vemos que éste es un instrumento limitado a la determinación de los materiales requeridos, considerando que la capacidad para cumplir un programa maestro determinado es infinita.

La evolución del MRP llevó a considerar la capacidad de planta finita a fin de calcular la factibilidad de llevar a cabo un plan proveyendo la información necesaria para ajustar la capacidad o el plan. Aparece el MRP de ciclo cerrado, incluyendo el proceso requerido para la fabricación de los productos y su demanda de recursos, por ejemplo mano de obra y capacidad de proceso.

El MRP II es una técnica ampliada para la planificación de recursos. La sigla tiene ahora otro significado. MRP II refiere al **planeamiento de recursos de manufactura** (*Manufacturing Resource Planning*), pudiendo realizar el planeamiento en unidades de materiales, de procesos con los recursos correspondientes y financieros, con las erogaciones en el período que corresponda.

El **planeamiento de recursos de capacidad**, el CRP (*Capacity Resource Planning*) determina las rutas (operaciones a realizar en cada centro de trabajo) calculando las cargas de trabajo necesarias y el uso de la capacidad de cada centro. Para realizar ese cálculo el sistema determina el tamaño de lote y la operación a realizar, toma de la base de datos de operaciones el tiempo estándar calculando la carga requerida en cada centro de trabajo.

compra o fabrica por encima del requerimiento inmediato. En los modelos de inventario de demanda independiente existe el supuesto que el costo unitario es independiente de la cantidad de pedido, lo que no siempre es cierto. Esto lleva a establecer mínimos a pedir para aprovechar descuentos: se calcula el requerimiento con la fórmula habitual, pero la cantidad real a solicitar debe superar un mínimo a partir de la cual el proveedor acepta entregar o realiza un descuento.

Confeciona un programa por centro, acumulando los diferentes trabajos a realizar en un período, por ejemplo una semana, y compara la carga acumulada con la capacidad. Si la carga acumulada no supera la capacidad el plan se emite como aprobado, mientras que si hay insuficiencia de capacidad se emite un informe para tomar una decisión de incremento (horas extra, subcontratación u otra solución) o modificar el plan.

Posteriormente a las soluciones de planificación para la manufactura, tanto de materiales como de recursos y capacidad, se desarrolló una aplicación orientada a la distribución, la que administra los inventarios en los canales, incluyendo los almacenes y fábricas que surten los pedidos. El **planeamiento de recursos de distribución** (DRP —*Distribution Requirement Planning*—) se ocupará de las necesidades de cada artículo, las propuestas de reaprovisionamiento, las disponibilidades en origen (almacén o fábrica), los programas de recepción y envío, y todo otro asunto relacionado con la administración de inventarios en el canal de distribución.

La orientación actual es hacia la integración, que converge hoy en la gestión integrada de la cadena de abastecimiento. La interrelación de los sistemas de gestión de manufactura o fabricación (MRP y CRP) con los de distribución (DRP) han dado lugar a los sistemas integrados de **planeamiento de recursos de la empresa** (ERP —*Enterprise Resource Planning*—).

c) MRP en operaciones de servicio

El MRP nace como un sistema de administración de materiales en demanda dependiente y se perfecciona como administración de recursos en la manufactura; es decir, en la producción de bienes. La prestación de servicios no suele estar limitada por los materiales, sino por la capacidad. Aunque puede requerir materiales para realizar el servicio, la restricción suele ser un recurso que determina la capacidad, tal como el personal, el equipo o la instalación.

Se puede utilizar el MRP como un sistema programador de corto plazo de los recursos, insumos y capacidad requerida, basándose en un **programa maestro** de acuerdo con la demanda estimada del servicio. El programa

d) Puesta en marcha y operación del MRP

Para la puesta en marcha de un MRP se requiere el soporte informático adecuado, existiendo en el mercado sistemas de información para el planeamiento de corto plazo de un amplio rango de precios, algunos adecuados a pequeñas industrias. Los sistemas integrados ERP tienen costos de adquisición e implantación elevados. Uno de los más populares es el software R/3 de SAP (1) junto a otras soluciones integradas u orientadas a industrias particulares.

Como en todo sistema de información la calidad de la salida responde a la calidad de la información de entrada. Se requiere una depuración de los datos iniciales disponibles y una actualización inmediata de la información posterior.

El sistema MRP es particularmente potente cuando los productos tienen una estructura compleja, con varios niveles de explosión, los lotes son de regular tamaño y el entorno es relativamente estable. Para lotes muy pequeños o un entorno volátil, en que las previsiones

de demanda, capacidad o cumplimiento de entregas no son confiables, su uso puede ser engorroso.

La forma de operar del MRP por requerimiento; es decir, disponer de los componentes con un adelanto o *lead time* determinado, al momento en que se utilizarán, genera la necesidad de que se utilicen aun cuando la demanda del producto padre haya cambiado. Si entre el momento de planificación del requerimiento y el de fabricación la demanda del producto padre se redujo, existe el riesgo sobre que nos quede inventario ocioso de componentes si reducimos el programa, o de producto terminado si lo mantenemos. Si por el contrario la demanda se hubiera incrementado tendríamos dos opciones:

- Mantenemos el programa inicial generando lucro cesante por los pedidos no atendidos.
- Incrementamos el programa de producto terminado, originando faltantes de componentes.

(1) <http://www.sap.com>.

Las respuestas habituales a estos problemas, particularmente graves cuando el entorno es cambiante y poco confiable, son dos: congelar el **plan maestro** o crear una fuerza de **activadores**. El congelamiento del **plan maestro de producción** (MPS) durante cierto tiempo protege a los responsables de la producción y el abastecimiento de los vaivenes de la demanda, pero los aísla de las necesidades del mercado, inflando los inventarios y generando lucro cesante. La presencia de los activadores quita credibilidad a los

programas, incrementa la cantidad de puestas a punto y arranque de lotes y produce un ambiente conflictivo interno y con los proveedores.

Planteadas así las soluciones extremas parece imposible una de compromiso. Los sistemas **Justo a tiempo** y la integración de la **cadena de suministro**, que se analizan en los capítulos respectivos, se han orientado a la superación estructural de esos problemas.

18.3. Bibliografía

- CHASE; AQUILANO; JACOBS, *Administración de producción y operaciones*, Irwin McGraw-Hill, 2000.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, JOSÉ ANTONIO y otros, *Dirección de operaciones, aspectos estratégicos en la producción y los servicios*, McGraw-Hill, 1995.
- GANTHER; FRAZIER, *Administración de producción y operaciones*, 4ta. edición, Thomson, 2000.
- KRAJEWSKI; RITZMAN, *Administración de operaciones. Estrategia y análisis*, Prentice Hall, 2000.
- ORLICKY, J., *Material Requirement Planning*, McGraw-Hill, 1975.
- ORLICKY, J.; FLOSSL, G., *Orlicky's Material Requirements Planning*, McGraw-Hill, 1994.
- <http://www.sap.com> (software integrado SAP).
- <http://www.cinterac.com.ar> (ProductPlan).
- <http://www.ulasoft.com.ar> (Capataz).
- <http://www.cpware.com> (Planeación de Recursos Empresariales).
- <http://www.toolsgroup.com> (Toolsgroup).

19.1. Concepto

Justo a tiempo (JAT) es una filosofía de gestión que tiende a fabricar los productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas. Todos los elementos deben ser suministrados en la medida en que son requeridos. Producir una unidad de más, para JAT es tan malo como producir una de menos. Terminar la producción un día antes de lo previsto es tan malo como acabarla un día después.

Para R. SCHONBERGER, un sistema de producción JAT produce bienes y/o servicios justo a tiempo de ser vendidos, partes justo a tiempo de ser ensambladas, formando productos acabados, semielaborados justo a tiempo de ser convertidos en partes o en otros semielaborados, y compra de materias primas justo a tiempo de ser incorporadas en el proceso de fabricación.

HANS STREIBER⁽¹⁾ señala que, dado que el mundo ideal de JAT radica en nunca tener inventario de partes o de material sobrante, en el caso de, por ejemplo, la industria automotriz, apenas llega la materia prima para fabricar un auto, los empleados deben estar listos para armarlo; apenas se aprieta la última tuerca, el producto terminado debe estar montado en el camión que lo va a despachar al concesionario, y apenas llega allí, el auto ya debe estar vendido y el cliente listo para subirse a él.

Materias primas, partes y productos semielaborados en existencia en cualquier punto de la planta que no están siendo trans-

formados, ensamblados o procesados, representan una porción del capital de la empresa que no está generando utilidades. SHIMMHO desarrolla un sencillo ejemplo relacionado con el manejo de inventarios, para poner de relieve algunos aspectos de interés.

Cita el caso de una empresa hipotética que fabrica computadoras. Los productos (PCs) son vendidos en su totalidad a fin de año, devengándose un ingreso de \$ 125.000.000. Si se adquieren a principios de año todas las partes para armar las PCs, debe realizarse en ese momento una inversión de \$ 100.000.000, que será el costo de los productos vendidos, obteniéndose en consecuencia, una utilidad de \$ 25.000.000 y una rentabilidad sobre la inversión (ROI) del 25 %. Más adelante se pregunta qué pasaría si la operación de compra, en lugar de realizarse íntegramente a comienzos de año, se llevara a cabo en dos etapas: \$ 50.000.000 en enero y \$ 50.000.000 en julio. Seguramente, las ventas seguirán siendo de \$ 125.000.000 al final del año y las utilidades de \$ 25.000.000. Lo que se ha modificado es la inversión promedio anual en inventario de materia prima, la que será de sólo \$ 50.000.000. (ROI = 50 %). A continuación, va un poco más allá. Supone una inversión en compra de partes de \$ 25.000.000 (trimestrales); es decir, la realización de adquisiciones parciales cuatro veces al año de las necesidades anuales, con lo cual la inversión promedio anual asciende a \$ 25.000.000 (ROI = 100 %) quedando libres

(1) Streiber, Hans, *La lucha contra el exceso de inventario*, www.patagon.com, julio de 2001.