

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DESDE LA
PERSPECTIVA DE ASKIN Y GOLDBERG (2003)**

DIANA PAOLA GARAVITO ACOSTA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN LOGÍSTICA INTEGRAL
BOGOTÁ
2010**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DESDE LA
PERSPECTIVA DE ASKIN Y GOLDBERG (2003)**

DIANA PAOLA GARAVITO ACOSTA

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de
Especialista en Gerencia en Logística Integral**

Director

Alexander Garrido

Ingeniero Industrial – M.Sc.

Docente Universidad Militar Nueva Granada

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN LOGÍSTICA INTEGRAL
BOGOTÁ
2010**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado su luz y permitir encontrar en mi camino, a las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo durante el ciclo académico de la especialización y en su culminación a través de este trabajo de grado que hoy permite que se haga realidad la obtención de un nuevo título profesional en mi vida.

Hago un especial agradecimiento a mi asesor quien estuvo siempre dispuesto a brindarme su apoyo y comprensión.

JUSTIFICACIÓN

Las guías de estudio en las etapas iniciales de aprendizaje sobre un tema específico, revisten una importancia significativa toda vez que facilitan a los estudiantes los procesos de comprensión básica y lo acompañan en la tarea de ubicar y definir las herramientas de estudio que más convengan y que cumplan con las necesidades académicas.

El presente trabajo representa un guía general sobre el contenido del libro “Design and Analysis of Lean Production Systems” de los autores Ronald Askin y Jeffrey Goldberg, por tanto, todas las ideas aquí expresadas corresponden en su totalidad a los autores mencionados. El resumen se elaboró en español lo cual facilitará un mejor entendimiento del contenido, en especial para aquellos estudiantes que no tengan un buen dominio del idioma inglés.

INTRODUCCIÓN

DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AJUSTADA

La conceptualización de la producción ajustada, permite contar con mecanismos más complejos y completos en donde el rol de cada individuo se ubica como centro de todas las actividades de producción, incorporando una gestión de calidad en donde se insta por eliminar cualquier desperdicio, operaciones que no agregan un valor a la producción y productos finales defectuosos y gastos innecesarios de recursos, entre otros.

Más que una serie de metodologías que sin duda indican cómo hacer las cosas de una forma concreta, la producción ajustada incluye rigurosos procesos de calidad para que la producción fluya sin dificultades.

Así es como los autores, *Ronald G. Askin* y *Jeffrey B.. Goldberg* desarrollan a lo largo del texto la siguiente filosofía:

Ir más allá de los conceptos básicos!, es una acertada afirmación, toda vez que se necesita más que el “que” para el análisis y diseño de sistemas de producción, siendo muy importante el “por qué” y el “cómo”.

¿POR QUÉ LEER ESTE LIBRO?

Este texto presenta conceptos básicos de los sistemas de producción y provee de una forma más detallada y profunda, la descripción y el uso de conceptos, en comparación con los que se pueden encontrar en otros textos de administración de operaciones.

También se describen con precisión, modelos matemáticos de decisión y herramientas para mejorar los sistemas de producción, analizando cómo, cuándo y por qué utilizar uno u otro método.

Mientras resalta modelos de planeación, el texto se va adentrando en temas de ingeniería tales como reducción de tiempos, pruebas de operaciones de producción, sistemas jerárquicos de decisión y explicación de modernas filosofías tales como competencia basada en tiempos, manufactura ajustada y administración de la cadena de abastecimiento.

Este texto puede ser usado de distintas formas ya que presenta una visión moderna de diseño y análisis de sistemas de producción apropiado para estudiantes de pregrado y posgrado de ingeniería industrial o carreras afines.

Los autores, Askin y Goldberg utilizan una metodología de enseñanza fuerte que anima a los estudiantes a evaluar el problema, desarrollar modelos matemáticos, desarrollo de algoritmos de solución, entre otros.

El contenido mostrado a través de los capítulos incluidos, presenta una imagen completa de la producción moderna y del análisis y diseño de sistemas, permitiendo seleccionar con certeza el material y métodos que se desean implementar en un escenario real.

OBJETIVOS PRINCIPALES

- Comprender conceptos difíciles de los sistemas de producción.
- Trabajar con problemas reales, de la misma forma se haría en el trabajo.
- Aprender sobre nuevos enfoques de los sistemas de producción.
- Estudiar sistemas de control de inventarios multi escalonados de la mejor forma posible.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. La Empresa Industrial.
2. Introducción al Sistema de Producción y el Papel del Inventario
3. Caracterización del Mercado
4. Estrategia de Manufactura y la Cadena de Suministro
5. Planeación Agregada
6. Etapa Inicial del Control de Inventarios.
7. Sistemas PULL descentralizados.
8. Sistemas de Producción Multi-Etapa: Planeación de Requerimientos de Materiales para Demanda Dependiente.
9. Modelos Multi Etapas.
10. Fabricación Ajustada y la Filosofía Justo a Tiempo.
11. Programación de Compras.
12. Control de Planta: sistemas y extensiones.

RESUMEN GENERAL DEL CONTENIDO TEMÁTICO

Capítulo 1 - La Empresa Industrial

Introduce al alumno en qué es una empresa de negocios, proporcionando una visión de cómo las diversas áreas funcionales se unen para saber conducir a la empresa; explica el alcance y el papel del sistema de producción dentro de la empresa, y presenta cuál es la utilidad y limitaciones de los datos contables como fuente para los parámetros del modelo que se va a utilizar.

Capítulo 2 - Introducción al Sistema de Producción y el Papel del Inventario

Proporciona una referencia sobre definiciones importantes, las funciones y componentes de los sistemas de producción. Presenta el *tradeoff*¹ entre los inventarios, costos de instalación y la escasez.

Explica varios de los principios básicos y leyes que regulan el comportamiento de los sistemas de producción, desde las pequeñas leyes de curvas de aprendizaje, son explicadas e ilustradas en el contexto de las operaciones de producción.

¹ *Tradeoff*, es un término técnico económico de difícil definición que se utiliza para explicar que para obtener una compensación o lograr un objetivo en ocasiones se deben sacrificar otros.

Capítulo 3 - Caracterización del Mercado

Cubre el proceso de identificación de oportunidades del mercado, se concentra en modelos matemáticos para pronóstico de la demanda, también

en los modelos no cuantitativos y en el diseño y monitoreo de los sistemas de pronósticos.

Es un capítulo independiente y para perfiles superiores de lectores, se puede pasar por alto sin que se pierda la continuidad de la lectura del libro. Estos temas son incluidos en esta primera etapa de la lectura, con el fin de reforzar la noción de que la demanda del cliente, tanto puede facultar como limitar la producción.

Capítulo 4 - Estrategia de Manufactura y la Cadena de Suministro

Cubre estrategias de planificación de largo alcance y la importancia de hacer una coordinación de la información a través de la cadena de suministro.

Se analizan los factores clave para especificar estrategias de producción, y problemas, tales como el efecto "látigo" (Bull-Whip)², que puede ocurrir cuando la información no se intercambia libre y confiablemente.

Presenta una discusión sobre los ajustes que ha hecho la globalización de los problemas para el diseño de sistemas de producción en escenarios donde están incluidos el transporte y las condiciones culturales; así como una introducción a los modelos de decisión.

²El efecto Bull Whip o Látigo es un fenómeno que se presenta por fallas en la sincronización de comunicación entre los actores de las cadenas de suministro, lo cual imposibilita su debida gestión y eficiencia para llegar al cliente final, produciendo variabilidades e inestabilidades en la demanda.

Capítulo 5 - Planeación Agregada

Este capítulo hace un recorrido por los conjuntos más tradicionales de modelos de planeación agregada a mediano plazo y hace énfasis en el uso de modelos de red apropiados y la aplicabilidad general de la programación lineal.

Concluye con una discusión sobre el desglose de los programas de producción a medio plazo que obedecen a un programa maestro que indica cuántos productos terminados deben producirse.

Capítulo 6 - Control de inventarios de una etapa

Trata sobre los modelos de inventario de punto de reorden³, el modelo EOQ (Cantidad óptima de inventario) se explica basado en criterios de tiempo, manufactura interna, restricciones, variaciones de los precios, y la demanda estocástica.

El capítulo presenta ejemplos con múltiples productos y problemas newsvendor⁴, y también aborda la demanda dinámica a través de problemas e ilustra temas de gestión como los sistemas de clasificación ABC para la priorización de materiales que representan un mayor valor dentro del total del inventario.

³ *Este concepto hace parte del modelo de revisión continuo o también conocido como sistema de cantidad de pedido fijo.*

⁴ *También conocido como el problema del vendedor de periódicos, es uno de los modelos probabilísticos más conocidos para determinar niveles óptimos para el control de inventarios. A través de este modelo se determina la cantidad de pedido para un único producto con una demanda estocástica y costos fijos de exceso de inventario y de unidades faltantes.*

Capítulo 7 - Sistemas PULL Descentralizados

Comienza con una explicación de los requisitos básicos para mecanismos de órdenes de producción y plantea varios enfoques alternativos, incluyendo los sistemas de producción “pull” y “push”, haciendo especial énfasis en las estrategias Pull a través de la aplicación del sistema Kanban.

Analiza el impacto de la varianza y el comportamiento dinámico e incluye finalmente una evaluación y descripción de los sistemas CONWIP (control de producción mediante inventario constante).

Capítulo 8 - Sistemas de Producción Multi-Etapa: Planeación de Requerimientos de Materiales para Demanda Dependiente.

Cubre los sistemas Push (de empuje) en donde las órdenes de materiales se empujan a lo largo del proceso hasta llegar a la operación final. Ofrece una descripción de las ventajas y limitaciones que se presentan en los sistemas de producción con este mecanismo.

Se muestra cómo una idea conceptualmente simple puede llegar a ser compleja en un escenario aleatorio y continuo. El capítulo, también se ocupa de tratar el sistema de planificación de requerimientos de materiales MRP evaluando dicha capacidad con la integración con el resto de la empresa.

Capítulo 9 - Modelos Multi Etapas.

Presenta modelos de producción más avanzados tipo multi-etapa y multi-item; hace una explicación sobre las estrategias de descomposición y modificación de las estructuras de costos.

Hace un comparativo entre los distintos modelos que permiten definir el tamaño de los lotes y la capacidad de cada uno.

Este capítulo es matemáticamente más sofisticado que los demás y está recomendado en especial para estudiantes de posgrado.

Capítulo 10 - Fabricación Ajustada y la Filosofía Justo a Tiempo.

Analiza la evolución reciente y la consolidación de las ideas en los paradigmas de la fabricación ajustada para la eliminación de residuos y racionalización de todos los recursos y procedimientos de fabricación.

Promueve el concepto “fool-proofing”⁵ o “a prueba de tontos”, reducción de tiempos, diseño de instalaciones eficientes, reducción de la variabilidad y el control estadístico de procesos. También se discute el papel del mantenimiento preventivo y la utilidad de los diagrama de flujo en los procesos.

⁵ Es una serie de métodos que se utilizan para eliminar las causas de error y defectos dentro de un proceso de producción.

Capítulo 11 - Programación de Compras.

Presenta herramientas de programación para el control de producción (shop-floor). Muestra el progreso de las distintas configuraciones de producción: single-machine, two-machine, flow-shop (los distintos productos siguen una misma secuencia de fabricación), job-shop (en donde los productos siguen secuencias de fabricación distintas) y habla sobre makespan⁶, flowtime⁷ y el retardo en el cumplimiento de los objetivos trazados.

⁶Es un término utilizado para referirse al tiempo total en el que todos los trabajos completan su ejecución.

⁷ Es el periodo de tiempo requerido para completar un trabajo específico o definir una cantidad de trabajo

El procedimiento del cuello de botella se muestra en este capítulo para ver cómo se integra a modelos de enfoque previos. Se concluye con el reconocimiento que estos enfoques de programación tradicionales y cuantitativos con frecuencia llegan a supuestos simplistas. Esto nos lleva a una discusión de enfoques basados en el conocimiento, que intentan ser más realistas.

Capítulo 12 - Control de Planta: sistemas y extensiones.

El texto finaliza con una colección de importantes temas de programación. El capítulo comienza con la explicación de las arquitecturas de control jerárquicas vs heterárquicas y los requisitos para los sistemas de ejecución de manufactura, seguido de temas especiales para sistemas de flujo, incluyendo de igual forma técnicas de programación como: equilibrio de la línea (line-balancing), transmisión de lotes (lote-streaming) , y flujo de re-ingresos.

Cubre también la importancia de las herramientas de gestión de la cadena de suministro y cuestiones que se plantean en los sistemas de manufactura flexible.

Capítulo 1

La Empresa Industrial

Automóviles, teléfonos, muebles, ropas y juegos. Estos y todos los otros productos que usamos en nuestra vida diaria son diseñados, fabricados y entregados con la intención de sacar una beneficio para el productor mediante el mejoramiento de localidad de vida los clientes. Con el fin de lograr este resultado, los empresarios deben disponerse a juntar los recursos financieros, tecnológicos, de información y humanos para diseñar, implementar y operar el sistema de fabricación completo.

El diseño y operación de los sistemas de producción, involucran el manejo de los recursos de producción que llenen las exigencias de los clientes. La administración de los recursos requiere el desarrollo y ejecución de los calendarios de producción, detallando como usar recursos para convertir materias primas en productos terminados. Los ítems físicos usados y producidos por el sistema son conocidos como **Inventario**. Los inventarios son creados durante el proceso de producción y mantenidos en la forma de materias primas, partes de componentes, sub-montajes y productos terminados. El alcance del sistema de producción incluye **planeación a largo plazo**, **horarios de producción** a mediano plazo y **control de decisiones** a corto plazo. La adquisición de nuevas capacidades y el desarrollo de empleados productivos requieren de planeación con meses de anticipación al uso actual de estos recursos. Podríamos ser capaces de desarrollar un plan para estas actividades, pero la naturaleza estocástica del mundo como se evidencia en la averías de las maquinas, entregas tardías, partes defectuosas y cambios en las ordenes de los clientes, requieren que seamos capaces de reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes. Si planeamos sabiamente, tendremos la flexibilidad de adaptarnos a los eventos aleatorios del mundo diario.

En la conversión de materia prima en productos entregados, se involucran muchos pasos. Típicamente debemos fabricar muchos partes de componentes, ensamblar estas partes en un producto final y entregar el producto al punto de venta. La fabricación y ensamblaje pueden ocurrir en

una misma locación o pueden involucrar instalaciones esparcidas alrededor del mundo. Algunas compañías escogen mantener tantas actividades “En casa” como sea posible, mientras que otras compañías son poco menos que administradores de producción, subcontratando la mayoría de las actividades. La última de las situaciones se ha ido convirtiendo cada vez más en la más común para productos complejos en la medida que las compañías buscan arreglárselas con el mundo dinámico. La figura 1.1 ilustra todo el proceso de producción para un producto grande como un automóvil o un computador. En cada etapa del proceso incurrimos en costos y añadimos valor al producto.

A lo largo del sistema debemos asegurar el ajuste a los requerimientos de calidad del producto y ejecutar las funciones de soporte administrativo necesarias. Esto se vuelve cada vez más complejo cuando se trata con múltiples culturas, sistemas de medidas, idiomas y estándares. La firma industrial mantiene su existencia mediante el suministro a clientes de productos cuyo valor social excede sus costos de producción más el de entrega. Miremos las medidas que determinan la viabilidad de la firma según se indica por sus productos y/o servicios.

1.1 Medidas de competitividad. La firma industrial compite en múltiples dimensiones. Muchas firmas hoy en día realizan análisis de punto de referencia del desempeño relativo a lo mejor en su industria. Tal análisis produce información sobre competitividad e indican requerimientos para el éxito y oportunidades para penetración de mercados.

1.2 Áreas funcionales de la firma. Las firmas industriales varían ampliamente en los productos que hacen y en sus filosofías internas hacia el desarrollo de los empleados y la adquisición de tecnología, pero todas deben llevar a acabo las mismas funciones conceptuales. La tabla 1.1 da una lista de las mayores unidades organizacionales comúnmente halladas en las firmas industriales. Es mejor que se vean estas unidades como funciones en vez de cómo departamentos. La estructura organizacional basadas en el producto, ocasiona una mayor identificación con el producto y facilita el trabajo en equipo interdisciplinario.

1.3 Diseño del producto, fabricación y entrega. La misión principal de la firma se relaciona con el suministro de bienes y servicios para satisfacer las necesidades del cliente. Los reportes financieros de las leyes gubernamentales, los impactos ambientales y la seguridad del producto; la disponibilidad de capital, trabajo y materiales; preferencias de los clientes; y el estado del conocimiento tecnológico, crean restricciones sobre el como la firma logra su misión. Como la gerencia corporativa lucha por maximizar las ganancias mediante la determinación de los blancos óptimos para los factores competitivos descritos anteriormente y que están sujetos a estas restricciones, las compañías deben entonces diseñar e implementar sistemas y procedimientos para lograr estos objetivos.

Para crear y entregar productos se deben ejecutar varias funciones, la fig. 1.2 incluye estas funciones desde una perspectiva cronológica y estas son:

1. Producto, proceso, Herramienta y prueba de diseño.
2. Fabricación.
3. Distribución.
4. Mantenimiento y soporte del producto.
5. Eliminación de producto y proceso.

Estas actividades caen en las fases de desarrollo de producto, producción y uso. La ingeniería de diseño permanece involucrada a lo largo del ciclo de vida del producto emitiendo cambios de ingeniería para incorporar mejoras en el desempeño y reducción de costos. Además, la mayoría de los nuevos diseños representan actualizaciones menores o modificaciones de los productos existentes.

1.3.1 Producto, proceso, Herramienta y prueba de diseño. El diseño de productos integrados comienza con la recolección de información de especificación del cliente. Los productos típicamente se desarrollan desde, bien sea la respuesta a la solicitud de presupuesto de parte de un cliente o investigación de mercado. El primer caso ocurre con contratos militares/gubernamentales y herramientas industriales tales como herramientas de corte. La idea del producto ya existe y el cliente está en busca de un productor. Ocasionalmente, el descubrimiento casual de una nueva tecnología o producto crea un mercado. La revolucionaria compañía 3M Scotchgard se desarrolló de esta manera, cuando un asistente de laboratorio incidentalmente derramó una mezcla química sobre un par de zapatos tenis de lona. Los zapatos luego probaron ser a prueba de aguas y resistentes a la

mancha. La mayoría de las compañías grandes mantienen grupos de Investigación y desarrollo encargados de adelantar ciencias básicas y de hallar aplicaciones comerciales. Los adelantos en la electrónica han llevado a nuevos productos para la computación y la telecomunicación.

Después de reunir los deseos de los clientes, se determinan las especificaciones funcionales para el producto y se colocan luego en la jerga interna de la firma.

Se sintetiza luego el conocimiento de la tecnología disponible para seleccionar la aproximación tecnológica. Luego se continúa con un diseño y análisis detallado junto con revisiones formales para aceptar o rechazar los diseños de productos.

En el mundo tecnológico rápidamente cambiante de hoy, la velocidad a la cual los nuevos productos pueden ser traídos al mercado a menudo determina el éxito financiero de la compañía. Por lo tanto, un grupo multidisciplinario de diseñadores trabajan juntos para desarrollar el producto incluyendo su fabricación, prueba y planes de servicio. Junto con el producto, también se puede diseñar las herramientas de producción y las pruebas de equipos. Aunque esto pueda parecer derrochador ya que no todos los datos necesarios para la herramienta y diseño de prueba estarán disponibles hasta que el diseño del producto esté terminado, la integración de estas actividades frecuentemente reduce el número de iteraciones requeridas.

Capítulo 2

Introducción al Sistema de Producción y el Papel del Inventario

Las firmas industriales modernas luchan por hacer ganancias mediante la entrega a tiempo a los consumidores de productos funcionales, de alta calidad y de bajo costo. *El Marketing*, la ingeniería y el trabajo de fabricación, trabajan juntos para diseñar productos que llenarán los requerimientos del cliente. Los procesos de negocios deben ser desarrollados para que reciban información desde y entreguen los productos a los clientes mientras que a la vez apoyan también las operaciones internas. Además de coordinar el flujo directo de los materiales desde los proveedores hasta la fabricación y desde allí hacia la distribución y finalmente hasta los clientes, la información se debe recoger para asegurarse que los productos satisfacen las necesidades de los clientes, llenan los requerimientos gubernamentales y ejecutan las funciones administrativas. A los empleados y los proveedores se les debe pagar; a los equipos se les debe hacer mantenimiento. Con el fin de hacer decisiones apropiadas para la firma, es imperativo que los datos exactos estén disponibles y sean entendidos. Los sistemas de contabilidad acumulan los datos y agregan datos dentro de la información para los reportes financieros y toma de decisiones gerenciales. Por lo tanto, es importante que los datos de contabilidad reflejen exactamente el impacto de las decisiones y que las definiciones de los parámetros de contabilización sean entendidas por los que hacen las decisiones. Los sistemas de contabilización de costos que se basan en la actividad, intentan suministrar una descripción precisa de los factores que generan todos los costos de la firma. No obstante, debemos tener cuidado cuando usemos cifras de contabilidad para saber precisamente que es lo que está incluido y como las cifras se relacionan con nuestras elecciones de ingeniería. Las clasificaciones impropias de los costos pueden distorsionar el entendimiento administrativo del proceso de producción y llevar a una mala toma de decisiones.

Con el fin de guiar la adquisición de datos y la constitución de especificaciones de productos y para incrementar las posibilidades de éxito del producto, se pueden usar técnicas tales como ***La casa de la calidad***. En la figura 4 se ilustra una casa simplificada.

El diseño de productos, generalmente involucra el dividir el producto en módulos. A cada módulo se le asigna un subconjunto de funciones que

realizar –Características de ingeniería a llenar, es decir cómo podemos medir en lenguaje técnico si los atributos se obtienen.

La planeación de proceso involucra la transformación de partes de los datos de definición del producto (Los materiales, la geometría, topología, tolerancia, volumen de demanda) en instrucciones de producción detalladas. Alting y Zhang (1989) resumen este proceso en diez pasos.

Un plan de proceso, consiste de una secuencia de operaciones para convertir materia prima en productos terminados. Existen diferentes tipos de operaciones y es importante distinguir entre ellas cuando se recogen datos para modelar las instalaciones de producción. **La fabricación** tiene que ver con la transformación de la materia prima tal como el echar metal fundido en un molde, perforación de huecos, etc. También incluiremos aquí, procesos requeridos de tiempo de retraso tales como, secado, envejecimiento y enfriamiento como un tipo especial de operación de fabricación. El ensamblaje se refiere a la acción de juntar las partes para formar un producto. Muchos productos finalizados son producidos en una línea de ensamblaje donde las distintas partes son mediante posicionamiento cuidadoso, seguido por soldadura, ajustamiento u otra acción de unión.

También nos referiremos **al empaquetamiento** como una operación del tipo del ensamblaje, la cual consiste en escoger del almacenamiento, las partes que se necesitan para hacer un lote de producto y agrupar estas partes sueltamente en un paquete tal como bolsas pequeña o grande. Generalmente el empaquetamiento precede al ensamblaje. Las operaciones de *separación* rompen un producto o material en múltiples componentes. Puede ser útil el identificar las operaciones de pruebas ya que éstas a menudo presentan resultados probabilísticos con el subsecuente enrutamiento de las partes que son dependientes de los resultados de las pruebas.

Las operaciones poseen varios atributos en adicción a los tipos de operación. **Configuración** hace referencia a la actividad requerida para empezar una operación tal como la de añadir herramientas en una máquina o el de evaluación. El tiempo de *procesamiento unitario* indica el tiempo requerido por repetición de operación. La cantidad de *procesamiento simultanea* máxima representa otro atributo. **El resultado** del proceso, denota la proporción de unidades que en promedio son procesadas con éxito. Las

unidades que quedan son enviadas echadas a la basura o enviadas para un nuevo trabajo.

Nos referimos a la cantidad de unidades movidas por viaje como la **unidad de carga**. Esta puede ser un ítem individual, una paleta o la bolsa de la basura llena de materiales. El número de unidades procesadas en sucesión inmediata en una máquina es **el lote de proceso**. El lote de transferencia es el número de unidades movidas al mismo tiempo.

Si todos los trabajos se mueven a través de la misma secuencia de máquinas, nos referimos a la instalación como una **tienda de flujo**. Si cada trabajo tiene su propio enrutamiento a través del conjunto de procesadores, entonces nos referimos a la instalación de producción como una **tienda de trabajo**. Cuando las operaciones se pueden realizar en cualquier orden, entonces nos referimos a éstas como **una tienda abierta**. Algunas locaciones tienen patrones de flujo de re-participación, en los cuales los trabajos entran en ciclos repetidos a través de los mismos procesadores. **La casa de la calidad**, puede ser usada de manera jerárquica para materiales de especificación y planes de procesos.

1.3.2 Manufactura. La manufactura genera el valor agregado por la firma industrial. Es aquí donde la materia prima pasa a través de una serie de operaciones para finalmente ser convertida en productos terminados que luego serán distribuidos entre los clientes. El sistema de producción. El sistema de producción cubierto en este texto tiene la responsabilidad de determinar el "Que," "Cuanto," y "Cuando" de la manufactura. El "Como" es determinado por la planeación del proceso.

1.3.3 Distribución: El valor del producto se descubre únicamente cuando el producto es entregado al cliente en condición de ser usado. La distribución puede ser una actividad prolongada y costosa. El costo acumulado de mover mercancías físicas de materias primas a través de la etapa de producto terminado puede representar casi el 50% del costo del producto. La combinación de compra, manufactura y distribución se le conoce como la **cadena de suministro**.

1.3.4 Mantenimiento y soporte. La calidad del apoyo que las empresas entregan a sus clientes y usuarios es en gran medida la base del éxito de éstas. Este apoyo técnico, aunado con una buena documentación de los servicios y de las capacidades del equipo son excelentes maneras para que los clientes se sientan satisfechos. Además, los clientes esperan entregas a

tiempo de los productos de calidad. Esto requiere mantenimiento de los equipos de producción. El mantenimiento preventivo ayuda a asegurar que los planes de producción se puedan efectuar y las actividades de reparación ayudan a evitar calendarios de entregas perdidos.

1.3.5 Eliminación de residuos. Los conceptos de manejo del ciclo de vida han hecho que se ponga en efecto normas sobre eliminación y reciclamiento de productos. Hoy en día, algunos fabricantes de autos entregan a sus clientes reportes escritos sobre la eliminación final de sus vehículos. Las leyes ambientales, a menudo requieren documentación considerable sobre la eliminación de materiales de riesgo. En las plantas de trabajo, ha ido incrementando el uso de procesos ambientalmente seguros. La captura y reutilización de químicos no usados, la eliminación de materiales de riesgo innecesarios mediante procesos de control mejorados, los distintos métodos de producción o el uso de alternativos limpiadores son todas estrategias valiosas.

1.4 Proceso de negocios. La operación de negocios consiste de un conjunto de “procesos.” Se define un proceso como un conjunto de procedimientos diseñados para integrar gentes, conocimiento, materiales, equipos, energía e información para llevar a cabo una tarea específica.

Al evaluar procesos, existen diferentes medidas relativamente universales. Costo, calidad y tiempo. La maximización de las ganancias representa un objetivo crucial para la mayoría de las entidades del sector privado; esto se puede lograr mediante el suministro continuo a los clientes de productos con alto valor percibido. La minimización de los costos internos para lograr un nivel dado del valor del cliente percibido contribuye a incrementar las ganancias. Casi siempre los procesos cruzan fronteras organizacionales y funcionales. Durante el proceso de conversión de materia prima a producto terminado, el material puede pasar a través de varios departamentos orientados a procesos tales como, recepción, corte, soldadura y ensamblaje. El diseño de un producto involucra, el *marketing*, ingeniería de diseño, ingeniería de prueba, manufactura, compra, finanzas y funciones de apoyo al consumidor.

Los avances en la tecnología de la información, apoyan mejoras significativas en el diseño de los procesos interconectados.

1.5 Sistemas de contabilización: adquisición y manejo de datos modelos. Los datos precisos, a tiempo y completos, son esenciales para la

buena toma de decisiones. Los sistemas de contabilización acumulan mucho de los datos necesarios para modelar estos problemas y hacer decisiones. Los costos de trabajo a menudo se dividen en **trabajo directo e indirecto**.

Los productos completados parcialmente, que se encuentran actualmente en la tienda se les reconoce como trabajo en proceso (WIP). Los sistemas contables utilizan entonces las siguientes relaciones para acumular costos para cada periodo de tiempo.

Costo total de manufactura= Costo directo de material + Costo de trabajo directo + Gastos de fábrica.

Costos de mercancías manufacturadas= Costo de Mfg total+ Valor inicial de WIP- valor de WIP final.

Costo de Mercancías vendidas= Costo de mercancías manufacturadas+ Mercancías iniciales terminadas- Mercancías terminadas finales.

Por supuesto que algunos costos son aun difíciles de asignar en partes específicas. Además, a menudo los costos son azares o meramente aproximaciones.

Es importante distinguir los gastos variables de los gastos fijos. Los sistemas de contabilización varían ampliamente dependiendo del tipo de negocios. Es importante que el constructor de los modelos de los sistemas de producción entienda los componentes de cualesquier figura de contabilidad. En muchos casos, los datos pueden no ser precisamente en la forma deseada por nuestros modelos de planeación. Debemos ser precavidos al usar datos de contabilidad sin saber como este fue definido y compilado.

Capítulo 3

Caracterización del Mercado

Una firma se esfuerza por producir productos o servicios de suministro que los consumidores comprarán. De acuerdo a esto, determinar que es lo que los consumidores quieren comprar es una actividad crítica para tener éxito. Mientras la eficiencia (hacer las cosas bien) es deseable, la efectividad (hacer al derecho las cosas) es esencial, muchos millones de dólares de productos son botados o echados fuera a almacenes remotos o lejanos todos los años porque la compañía produjo productos que los consumidores no están interesados en comprar.

En este capítulo se proveen muchas técnicas para adquirir información acerca de lo que los consumidores creen. Se hace énfasis es en las técnicas para el pronóstico de las demandas continuas para productos existentes. Se presentan técnicas de pronóstico para el corto plazo que están basadas puramente en tendencias históricas y técnicas más sofisticadas para modelar la demanda a medio plazo. Sin embargo el lector debe estar cauteloso. En la dinámica de los ambientes caóticos, los pronósticos tendrán una muy limitada precisión.

Se toma una aproximación científica para describir los métodos de pronóstico. Al adquirir a través de una comprensión del lugar del mercado, información histórica precisa, y un modelo cuidadoso de construcción y monitoreo, se pueden producir pronósticos útiles. Sin embargo, el género humano no ha generado todavía la habilidad para ver le futuro y por lo tanto, nosotros debemos estar siempre atentos a que nuestras estimaciones usualmente estarán con un leve margen de error y otras veces marcadamente equivocadas.

Los sistemas de pronóstico deben conocer la demanda por medio de información que soporte tanto la de largo término como la de corto plazo a la hora de tomar decisiones. La efectiva planeación estratégica en los niveles corporativos requiere conocimiento de la demanda potencial para productos familiares hacia el futuro.

Las decisiones estratégicas incluye la selección de líneas de productos para comprar y adquirir la capacidad apropiada para producirlos. De esta manera el pronóstico tecnológico es un aspecto esencial. Se debe predecir cuáles tecnologías de desarrollo serán económicamente viables y qué volumen y variedad de productos resultarán.

Una de las técnicas más comunes para el pronóstico de la demanda es examinar la información de la demanda en el pasado y así extrapolarla en una tendencia futura. De forma ideal, nos gustaría saber exactamente cuánto de cada producto los consumidores demandaron en cada periodo de tiempo en el pasado reciente.

Esta información puede ser difícil de obtener. En vez de esto, nos gustaría encontrar grabaciones de los embarques u órdenes de pedidos de los consumidores.

Los pronósticos para la demanda de productos son necesarios para guiar muchas de las decisiones que toma una firma. La caracterización del mercado potencial determina los nuevos productos para ser diseñados y las tecnologías que deben ser adquiridas por la firma. Juntos estos, determinan necesidades para partes y contratos de suministro de material, planes de financiación y capacidad de expansión. Los pronósticos también son usados para establecer planes de producción que describen el momento y la cantidad para manufacturar los productos. Entonces los planes de producción generan órdenes para la adquisición de materia prima y partes terminadas. De esta manera, cuando nosotros pronosticamos, debemos pronosticar la necesidad de esos materiales al menos por el tiempo suficiente al futuro que podemos obtener los materiales en el tiempo para usar. La longitud del tiempo en el futuro que pronosticamos es llamada "pronóstico horizontal".

El primer paso en el proceso de desarrollo de un pronóstico requiere definir las variables las cuales podrían ser individuales o familiares. El segundo paso requiere recolectar la información relevante. Para un nuevo producto esto requerirá información de productos similares existentes, examinar

mercados, resultados históricos, y predicciones de expertos. Para productos existentes, únicamente podríamos necesitar datos de ventas recientes. Una vez recolectada la información esta es resumida. Las gráficas resultantes de los valores de la información relevante y se trazan respecto al tiempo.

Habiendo estudiado la información disponible, el analista debe hipotetizar una forma para el modelo de pronóstico. El modelo puede ser usado para pronosticar valores para otros periodos históricos en la cual la demanda real es conocida. Los modelos de pronóstico pueden entonces ser comparados con los valores históricos reales. Si el modelo se comporta lo suficientemente bien, entonces lo aceptamos y lo implementamos. Continuamente monitorearemos su desempeño en uso, pero si el modelo no se adecua para predecir el pasado, ciertamente no podemos esperar que este lo haga bien en el futuro. Por lo tanto, necesitamos hipotetizar un nuevo modelo formal y repetir el procedimiento.

La información histórica no puede predecir cambios estructurales en el mercado, planes para cambiar presupuestos de publicidad, la comercialización de nuevas tecnologías o la pendiente introducción de productos. De esta manera el juicio de un experto ofrece la mejor manera de obtener pronósticos precisos en algunos ambientes. Esto es particularmente cierto para pronósticos a mediano y largo plazo, donde la probabilidad de cambios significativos en el ambiente competitivo es alto. Sin embargo deberíamos también mantener en la mente que los humanos son fácilmente oscilantes por preferencias, y no son tan consistentes o precisos en procesar la información como los computadores.

Se debe anotar que hay algunos problemas serios que ocurren con los pronósticos de juicio. Primero, los humanos tienden a saltar de a una posible hipótesis y entonces buscan una evidencia que la soporte, usualmente ignorando información que la pueda contradecir.

Segundo, los estudios han mostrado que cuando se obtiene información adicional, los humanos tienden a sentirse más seguros en sus proyecciones, pero la precisión no se incrementa. En efecto, ellos podrían

injustificadamente usar la información adicional para subestimar la incertidumbre acerca del futuro. Tercero, el deseo de los individuos por encajar dentro de un grupo puede conducirlos a aplazar fácilmente sus propias creencias dentro del mismo, o hacer caso omiso a las opiniones de los demás desde su papel de líderes fallando en el escrutinio de las sugerencias de otros. El hecho que en el grupo entero vaya adelante puede producir un falso sentido de certeza y disminuye el sentimiento de responsabilidad individual. A pesar de estas advertencias, los métodos de juicio pueden proveer un entendimiento que no está disponible en tendencias históricas del mercado y que pueden ser aplicadas en nuevos ambientes donde las series históricas de tiempo no existen. El método Delphi es uno de ellos.

El método Delphi es una aproximación común para obtener conocimiento de individuos para encontrar un rango de resultados o consecuencias concernientes a factores de interés. La metodología ha sido ampliamente usada para dirigir preguntas tales como, ¿qué nuevas tecnologías serán importantes en los próximos diez años?, ¿cuándo un nuevo proceso es comercialmente viable, o el tamaño del mercado para un nuevo producto? expertos son seleccionados para participar en los procesos de selección. Cada experto es cuestionado para llenar una forma respondiendo a las preguntas específicas de interés. Dependiendo de la cuestión de la pregunta, la respuesta podría ser un pronóstico escrito o una lista de eventos esperados. Justificaciones breves para las opiniones podrían ser incluidas.

Esas respuestas son compiladas por un facilitador y entonces re distribuidas a los expertos. Las respuestas son listadas anónimamente para asegurar que todos los individuos serán tomados en igual escucha y para prevenir la predominancia de un ejecutivo o de un individuo intimidador. Esto reviste la forma cómo se debería indicar cuáles respuestas se adhieren al consenso general y cuáles fueron divergentes del punto de vista general. Después de considerar la opinión de otros expertos, los participantes son cuestionados para reconsiderar su propio pronóstico y así repetir el procedimiento. Si alguno todavía mantiene los puntos de vista discrepantes debería proveer una breve explicación. Este intercambio de valores y justificaciones podría continuar muchas veces con la esperanza de obtener un consenso o al menos hasta que tomar la decisión sea confiable de haber recibido el juicio de esos expertos.

Capítulo 4

Estrategia de Manufactura y la Cadena de Suministro

La estrategia de manufactura tiene muchas dimensiones, incluyendo el rango de líneas de productos producidos, los mercados geográficos y económicos, la tecnología base usada, el núcleo de las competencias enfatizado, el grado de integración vertical, y un posicionamiento competitivo en el lugar de mercado. Las oportunidades del mercado y los nichos no llenados. Ofrecen una importante guía para formar esos planes. La localización de los productos de la compañía dentro del espectro, desde el producto base hasta la tecnología base, proveen otra importante clave. Servicio excepcional, bajo costo, y un incremento en la variedad de posibilidades y de características sobre el tiempo constituyen las necesidades para un éxito competitivo.

El producto es definido por el consumidor, y el productor debe encontrar la mejor tecnología para producirlo, entregarlo y soportar el producto. Por el otro lado, las compañías de tecnologías de punta son líderes en la investigación científica y ofrecen productos únicos. Como en el desarrollo de la innovación tecnológica, la compañía podría desarrollar nuevos tipos de productos para los cuales poder aplicar esas tecnologías y ser forzados para convencer al público acerca del valor de esos artículos. El desarrollo de productos esta impulsado por la tecnología, una vez la tecnología este desarrollada, nosotros usualmente vemos una proliferación de versiones del producto construidas sobre la misma plataforma. La investigación en tecnología dirigida hace que las compañías tiendan a enfocarse en la ciencia básica, mientras las compañías en el mercados de bienes de consumo se concentran en actividades de diseño industrial, tales como productos estéticos.

Para tener éxito en el liderazgo que suple o que suministra la cadena de competencias, nosotros debemos entender y construir procesos efectivos en el diseño de productos, sistemas operativos y sistemas de distribución. Esto incluye capturar la voz del consumidor, abastecimientos con comida a los deseos o caprichos de los mejores consumidores y donde sea rentable satisfacer las necesidades de los pequeños consumidores. Nosotros debemos seleccionar la combinación apropiada para empujar y jalar la

producción y los sistemas de distribución para conocer los requerimientos de entrega con mínimos costos de inventario. Esto requiere mantenimiento efectivo y procedimientos para asegurar la calidad y planes de control en el almacenaje inteligente y la distribución para permitir una entrega del producto dependiente, confiable y eficiente. Nosotros debemos desarrollar sociedades a largo plazo con suministradores y consumidores con una buena voluntad para compartir información, riesgos y recompensas.

Entonces nosotros debemos cosechar los beneficios de esas condiciones, para intercambiar información y planes de coordinación. Finalmente, para aplicar efectivamente hoy los conceptos en la cadena de suministro no bastara para asegurar un éxito continuo en el futuro. La compañía debe entender el proceso de cambio y utilizar su potencial. Si nosotros no mejoramos la competencia lo hará y nosotros debemos dejarla atrás, en vez de moverse de la cima al valle, como la competencia excede nuestras mejoras, nosotros deberíamos anticipar los adelantos tecnológicos y organizacionales y presionar la frontera, o al menos ser suficientemente ágiles para seguirlos desde atrás muy cerca.

Los mercados de hoy tienden a ser globales, incrementándose la oportunidad por el tremendo crecimiento, pero al mismo tiempo, se incrementa la competencia. La competencia global requiere el establecimiento de una efectiva cadena de suministro que comprenda todo el espectro desde materiales de compra hasta productos de entrega, incluyendo funciones de manufactura y de servicio al consumidor. El diseño de la cadena de suministro debe considerar el material disponible, costos logísticos y culturas locales, también conocidos como oportunidades de mercado. La atención debería ser dada a construir relaciones de mutuo beneficio con socios en la cadena de suministro.

La estrategia de manufactura juega un rol importante en decidir como una firma se posicionara a si misma en la cadena de suministro. Establecer la estrategia requiere entender los mercados de la compañía y las oportunidades de ventajas competitivas. El corazón vital de las competencias para tener éxito esta definido y protegido para maximizar la competitividad. El

grado de integración vertical es seleccionado y los enlaces necesarios con los proveedores están formados. La compañía ha de decidir como esto puede adicionar valor más eficientemente. Esto típicamente incluye decisiones concernientes a cuales productos hacer, donde hacerlos, donde adquirir los materiales requeridos, y donde distribuir los productos terminados. Como parte de este proceso, la compañía decide el grado de flexibilidad para incorporar dentro de las operaciones, como tomar ventaja de tecnologías de información mas efectivamente, y donde dejar el inventario podría ser empujado o jalado a través de la cadena de suministros, y de la seguridad en las existencias puede ser agregada a los centros de distribución o distribuido a sitios de minoristas. Los modelos de programación matemática pueden asistir en la definición de la red de proveedores, instalaciones de producción, e instalaciones de distribución que minimizan los costos totales. Fundamentalmente, el plan estratégico debe considerar plantas, procesos, gente, y productos que conforman la compra, manufactura, distribución y plan de servicio.

El intercambio de información se hace crítico para operaciones efectivas que minimicen el inventario y respondan rápidamente a los consumidores. Sin el libre flujo de información a todos los socios de la cadena de suministro, las fluctuaciones aleatorias en la demanda tienden a acelerar hacia arriba la cadena de suministro, causando grandes fluctuaciones en ordenes y niveles de producción. Esto es típicamente mejor para coordinar decisiones a cada nivel de la cadena de suministro con una planeación horizontal, al menos tan larga como se acule una ventaja en el tiempo a través del sistema. Los requerimientos en la planificación en la distribución y esquemas de localización, son usados para empujar o jalar el inventario a través de múltiples etapas en la cadena de suministro.

Algún inventario de almacenamiento será siempre necesario guardar contra eventos aleatorios. La localización preferida para asegurar las existencias depende fuertemente de las expectativas del consumidor para los tiempos de entrega, los costos estructurales de mantenimiento, el grado de aleatoriedad y, el numero de sitios envueltos. Las existencias seguras deberían estar agregadas al más alto nivel de la jerarquía que todavía permita entregar como lo necesiten los consumidores sin costos excesivos o

retrasos. Un escalón en el modelo de costo puede ayudar a determinar la más óptima estrategia en el mercado para el sistema de suministro integrado.

Capítulo 5 **Planeación Agregada**

La planificación agregada de la producción constituye un paso importante en la jerarquía de decisión. Las previsiones de demanda y disponibilidad de insumos a través del tiempo son elementos determinantes para el proceso de **planificación agregada**. Este tipo de planificación especifica la cantidad de producción para cada familia de productos en cada período y el horizonte de planificación es generalmente de seis a dieciocho meses para la, con períodos entre una semana a un mes. Un subproducto de esta planificación es la cantidad prevista de cada uno de los recursos claves que se utilizarán en el horizonte de producción.

Una planta puede producir miles de productos, con cientos de recursos (mano de obra, maquinaria, materias primas, etc.) Para un modelo completo de planeación de todos los productos finales e insumos, podría necesitarse información muy detallada y modelos muy complejos que podrían ser difíciles de resolver. Por lo tanto, en esta etapa de la planeación solo se usan unidades agregadas de productos para describir la producción y uso de los insumos. En este sentido, se pueden agregar todos los productos que tengan características comunes como demanda y uso similar de insumos. Los artículos que tienen estas características se denominan familias. Por ejemplo, se puede suponer que se fabrican diferentes tipos de pantalones que se producen con la misma maquinaria por los mismos trabajadores. En este caso, no es necesario conocer en detalle el número exacto de cada modelo de pantalón que se piensa producir el siguiente mes, sin embargo, es necesario conocer el número de horas de trabajo y de uso de la maquinaria relacionada.

En efecto, si tenemos estimaciones de la proporción relativa de cada modelo, entonces se podrá definir fácilmente un pantalón genérico que se puede entender como un producto ponderado que recoge los requerimientos de insumos, trabajo, maquinaria así como la demanda de cada uno de los

pantalones a producir. De esta forma, si la fabricación de los diferentes pantalones utiliza los mismos insumos no será necesario incluir cada tipo de pantalón en el modelo de planificación, y será posible utilizar una única variable para representar a todos los pantalones, incluyendo los pantalones cortos, largos, y aquellos con preses, entre otros. Sin embargo, si la fabricación de los pantalones con preses generan una demanda importante de maquinaria y mano de obra que puede afectar el resto de la producción, sería necesario plantear un modelo de planificación por separado.

La planificación agregada implica prever la producción, los niveles de inventario, la mano de obra, los inventarios y la producción en un horizonte de mediano plazo, generalmente de seis a dieciocho meses los niveles de producción se establecen para cada familia de productos. Como ya se mencionó, una familia consiste en productos que utilizan los mismos recursos (materiales, mano de obra y máquinas) y tienen patrones similares de la demanda. Además de establecer metas de producción, el plan agregado describe los recursos financieros, humanos y los planes de compra.

En este capítulo se proponen varias técnicas para la planificación agregada. Entre estas se cuenta con la programación lineal y el "transportation model", las cuales son herramientas de gran alcance, pues tienen la capacidad de resolver problemas relativamente complejos y proporcionan un mecanismo eficaz para el análisis de escenarios múltiples, así como para obtener información sobre la restricción de recursos. Adicionalmente, los modelos de programación lineal se pueden utilizar para determinar el método de minimización de costos que satisface una demanda, sujeto a una restricción de recursos en el proceso de optimización.

Además, los aspectos claves de planificación, como los niveles de inventario, la contratación, y las cantidades de producción se obtienen fácilmente de los modelos de programación lineal, los cuales puede incluir una variedad de consideraciones, tales como múltiples productos, múltiples etapas de producción, limitaciones de la capacidad instalada, restricciones de recursos como mano de obra, material o equipo, así como los costos de transporte,

la acumulación de inventarios y almacenamiento. Estos modelos incluyen una función objetivo, que se debe optimizar sujeta a restricciones de recursos, capacidad instalada, las políticas de la organización y las consideraciones de tiempo de producción. Teniendo en cuenta que los modelos de programación lineal son flexibles, y debido a que la fijación del tiempo de producción es compleja se puede plantear un enfoque en el cual se define un conjunto de producción posible, los tiempos y luego se selecciona un programa único para cada familia de productos.

Otros enfoques de la planificación agregada incluyen el uso de una función objetivo cuadrático, planificación de la producción, y múltiples modelos de regresión lineal. Las tasas de demanda, los niveles de inventario, las existencias mínimas, y los costos y tiempos de producción para una familia de productos, se pueden agregar en tiempos y tamaño de producción.

Capítulo 6

Control de inventarios de una etapa

En este capítulo se presenta una explicación de algunas técnicas de manejo de inventarios, junto con algunos modelos para determinar las mejores políticas de manejo de inventarios. Inicialmente se plantean algunos conceptos básicos y luego se presentan una serie de modelos para orientar la producción y la administración de inventarios en diversos entornos de distribución.

Los Inventarios siempre existirán como consecuencia de la transformación y el tiempo de tránsito entre los proveedores, etapas del proceso de producción, y la distribución a los clientes. Dada la naturaleza impredecible de la demanda y la disponibilidad de la maquinaria, es conveniente mantener un inventario de "seguridad". Además, existe un nivel óptimo de inventario asociado al ciclo de producción, a los insumos y los costos. Los modelos de decisión de compensación de costos son muy útiles para determinar la política óptima de inventarios, teniendo en cuenta un nivel dado de inventarios, y la incorporación de restricciones operacionales, tales como limitaciones de espacio y tiempo en cuanto a la maquinaria disponible, y el servicio al cliente o los objetivos de minimización de tiempo de espera.

Una gran variedad de modelos han sido desarrollados para adaptarse a entornos específicos. Los entornos varían en función de la disponibilidad de datos, la importancia del artículo producido, las políticas de despacho, las limitaciones de la capacidad instalada, las características de la demanda y las estructuras de costos. Varios casos de un solo producto que enfrenta una demanda continua se plantean en el capítulo. Estas incluyen la cantidad de compras a los proveedores externos y las cantidades fabricadas para la producción interna. Las políticas se derivan de la demanda determinística, tanto en condiciones de revisión continua, para que los pedidos puedan ser colocados en cualquier momento, y la revisión periódica, para que los pedidos se puedan colocar sólo a intervalos de tiempo discretos.

Un resultado general sostiene que la cantidad óptima del pedido crece en proporción a la raíz cuadrada de ambos, la tasa de demanda y la relación de la instalación a los costos. El tiempo de instalación y los costos son por lo tanto los factores clave para determinar la política óptima de inventario. Reducir el tiempo de instalación y el costo es a menudo la acción más eficaz para mejorar un sistema de inventario. Esto se traduce en una mayor capacidad de reducir los niveles de inventario, y la posibilidad de personalización del producto. Como alternativa a la minimización de costes, se podría optar por reducir el tiempo de ciclo de inventario sujetos a satisfacer la demanda con los recursos asignados.

La coordinación de las políticas se puede establecer para múltiples artículos que comparten un recurso común como el tiempo de procesamiento, y el espacio de almacenaje. El nivel de precios se debe considerar cuando esté disponible. Adicionalmente, se debe considerar la aleatoriedad en el tiempo de reaprovisionamiento o los resultados de la demanda del cliente, buscando llevar a cabo algunas acciones que aseguren un nivel de inventarios.

Para situaciones de revisión continua, el stock de seguridad de inventarios debe garantizar la variabilidad en el tiempo de espera, para los modelos de revisión periódica, es necesario incluir la variabilidad de la demanda durante el tiempo de espera, además de una revisión exhaustiva del ciclo de las existencias de seguridad óptimas. Por su parte, la demanda dinámica requiere analizar hacia adelante y proyectar situaciones futuras. Para la revisión continua, se propuso un procedimiento sencillo que realiza un seguimiento de al tiempo de espera para cada artículo.

Con la revisión periódica, la solución de los modelos señala la capacidad adecuada, ya sea del inventario inicial o el nivel de producción. La programación dinámica se puede utilizar para encontrar el conjunto óptimo de las cantidades de producción en el horizonte de planificación. Si la capacidad es limitada, es posible que tengamos que ajustar los planes de producción para hacer uso de capacidad ociosa. Por último, los artículos deben ser priorizados en función del costo de uso total. El grado de supervisión y sofisticación utilizadas en el control del inventario deberá basarse en la importancia del tema. Una organización puede comparar su rendimiento y examinar las oportunidades de mejora mediante el uso de curvas de cambio.

Capítulo 7

Sistemas PULL Descentralizados

En el momento en que usted compra un computador personal (PC), cuando abre la caja, usted encontrará el monitor, la torre, el teclado, el mouse, los discos de software, manuales, cables, y el material de empaque. Si abre la torre, encuentra un módulo de poder, unos circuitos, cables, ventiladores y demás. (Usted puede encontrar otra lista de partes al abrir el monitor, el teclado o el mouse). Cada uno de los componentes tuvo que ser producido, pasando por muchas etapas de transformar materiales básicos en bruto a ese componente. Los componentes y circuitos de la torre (CPU) tienen que ser montados y asegurados, requiriendo también múltiples pasos para su preparación, colocación y soleamiento. Esta compleja estructura tipifica la manufactura de un producto. Cada parte potencialmente requiere una serie de desafiantes operaciones tecnológicas. La manufactura del sistema incluye una red de máquinas y trabajadores operando en paralelo y configuraciones cíclicas. La complejidad de una apropiada ejecución de las operaciones de todas las partes y la coordinación de asignaciones laborales con el fin de traer juntas todas las partes al mismo tiempo para su ensamblaje sugiere la necesidad de una compleja planeación organizacional y de una estructura de control.

Técnicas para la autorización de la producción

Nosotros empezamos por dirigir unos sistemas de control para la producción multietapas al describir el establecimiento de la información y de movimientos físicos necesarios para autorizar y coordinar la producción. Primero clarifiquemos la diferencia entre “Throughput time” y “Lead time”. “Throughput time” se refiere a un tiempo de flujo, es decir, al tiempo desde cuando un trabajo es liberado y hasta que es terminado en el piso de la planta o taller. “Lead time” es el tiempo entre reconocer la necesidad de planear y ejecutar un trabajo, y la finalización de ese trabajo. La liberación de trabajos en el taller tiene un impacto significativo en la producción total, así como en el uso productivo de los recursos.

Un trabajo podría no ser inmediatamente liberado la producción en el taller si los recursos ya están ocupados. Es fácil de establecer prioridades significativas para los procesos, como requerir menos espacio para almacenaje, y bajar la inversión en inventario si nosotros esperamos hasta que el taller esté listo para poder liberar la realización del trabajo. Aún si el material es guardado, los materiales tienen menos valor que los trabajos parcialmente finalizados. De esta manera, un retraso en la producción tan largo como sea posible minimiza inversiones en inventario y libera capacidad de producción para las presentes operaciones de alta prioridad. Un exceso de trabajo en proceso en la planta de producción solo sirve para inflar los tiempos de flujo, incrementa las frecuencias para manipular el material, incrementa las distancias para manipular el material (dado que debemos proveer de grandes separaciones entre las estaciones de trabajo para acomodar el trabajo en progreso extra), también retrasa la identificación de los problemas de calidad (dado que largas colas de maquinas causan retrasos mas largos entre la finalización de la operación y el uso de el producto en la siguiente etapa), y provee de oportunidades para el daño del producto, pérdida, u obsoleto.

Requerimientos de información para las operaciones de producción

Las decisiones operativas fundamentales para cada centro de trabajo son, “Qué hacer” y “Cuando hacerlo”. El “qué” envuelve un tipo de parte específica, incluyendo todas las opciones y la cantidad. El “cuando” está más

probablemente conducido por un objetivo de tener las partes completadas a un tiempo específico. Sin embargo, el aspecto de la operación más relevante en la dirección del centro de trabajo es cuando iniciar la confección de la parte al liberarla en la planta de trabajo. Nosotros describimos una plataforma básica de trabajo, sin la cual, el entero sistema de fabricación/ensamble es tenido en cuenta como un conjunto de las células de producción. Nosotros nos referimos a cada grupo de máquinas que están programadas y establecidas para trabajar juntas y para desempeñar una o más operaciones como una célula o centro de trabajo. Cada maquina individual u operador de área recibe el nombre de estación de trabajo (workstation).

Un centro de trabajo (Work center) podría tener una o mas estaciones de trabajo, y las operaciones desempeñadas podrían ser idénticas o diferentes. Después de cada célula, hay un área de almacenamiento controlado para mantener las partes completas. Nosotros nos referimos a una secuencia ordenada de células requeridas para producir el producto como estaciones de producción. La coordinación requiere un protocolo para autorizar la producción en una etapa y transferir las partes a las sucesivas etapas para un proceso continuado. De la misma manera, nosotros podríamos querer pasar información entre las etapas para asegurar la disponibilidad de las partes apropiadas que se necesitan.

SISTEMAS KANBAN

Los sistemas de control de producción Kanban son una elegante demostración del valor de la simplicidad. Sin una noticia de avance o de un sistema elaborado de señales, la producción ocurre como centro del trabajo que reaccionan a sus consumidores. Las comunicaciones ocurren por una estación de trabajo sucesora que emite una solicitud para partes a un centro de trabajo predecesor. Cuando las existencias deseadas están agotadas, el centro de trabajo reacciona para reemplazar las partes removidas y para mantenerlas en balance, destinando un nivel de partes terminadas. La coordinación entre los niveles de producción ocurren automáticamente por cada centro de trabajo como esto se esfuerza por mantener reparada cada barrera.

La palabra “Kanban” viene de la palabra del japonés para “tarjeta”. Los kanbans forman el conducto principal de un sistema de control de producción

perfeccionado por Toyota. El sistema de control de producción Kanban forma uno de las cuatro piedras angulares de la ampliamente discutida aproximación “justo a tiempo” en los sistemas de producción. El kanban incluye información sobre el tipo de parte, el número de unidades autorizadas, y la localización de los materiales necesarios para producir cada cosa. Los sistemas modernos kanban no necesariamente tienen kanban físicos. Si un sistema de control de producción computarizado existe, los kanbans pueden ser electrónicos.

En un sistema kanban, cada centro de trabajo está cargado con mantener un contenedor lleno de partes para cada kanban alojado en ese centro de trabajo. Si un kanban no está acompañado por un contenedor lleno, entonces el kanban autoriza la producción de esas unidades. Cuando la decisión es hacer para producir un producto, el manipulador del material procede a un predecesor para pedir el material requerido. Como esas partes son removidas y transportadas a la siguiente estación de trabajo para su procesamiento, el predecesor automáticamente empieza a reemplazar estas existencias. El solo anuncio de intento, el manipulador del material aparece en la barrera para remover el contenedor de partes. Ningún otro itinerario en la información de la producción es requerido. Usando un simple procedimiento de autorización, los sistemas kanban evitan la necesidad de mantener una vía de comunicación directa entre el rango bajo del plan de producción y el itinerario operacional.

Reglas para el itinerario de la producción Kanban

Como los kanbans son reunidos y movidos dentro de una tabla de itinerario, algunos procedimientos son requeridos para convertirlos en una secuencia de trabajos de producción planeada. Las reglas comunes incluyen:

1. La regla prioritaria: Si un tiempo de trabajo es breve, entonces las cantidades de producción pueden ser establecidas como iguales al tamaño del contenedor. Los contenedores de las partes son reemplazados en la misma orden en la cual los kanbans de orden de producción son colocados en la tabla de programación.
2. Reglas de familias: En algunas áreas de trabajo las partes pueden ser divididas en familias basadas en los requerimientos establecidos. Una familia de partes podría compartir los mismos arreglos, por ejemplo.

3. Mínima cantidad de órdenes para su economía: Para justificar un armado desde una perspectiva económica, el operador podría necesitar esperar hasta un número mínimo de kanbans de un tipo particular dentro del itinerario. En este caso, los kanbans son primero agrupados. La selección podría estar basada en el tamaño de las órdenes, tiempo de procesamiento, partes prioritarias, tiempo de trabajo, o fecha límite.
4. Señales Kanban: Pueden ser usadas cuando una mínima cantidad de órdenes para su economía está en uso para cada tipo de parte. Esta cantidad resultaría del montaje en costo o tiempo. El número de unidades ente el material y la señal kanban debería ser suficiente para durar entre el tiempo de planeación y terminación, y así haber adquirido ya la materia prima. Entonces, cuando la señal kanban es alcanzada, la producción puede empezar inmediatamente porque la materia prima ya ha sido obtenida, evitando así tener que esperar para la adquisición de nueva materia prima.
5. Producción cíclica – tiempo continuo: Si los montajes de las máquinas se vuelven dependientes de la secuencia del tipo de partes producidas, los tipos de partes podrían ser producidas en un arreglo, repitiendo una secuencia, por ejemplo, parte A, parte B, parte C, y así sucesivamente. La secuencia es específica para minimizar los cambios de tiempos. Cada tiempo en un tipo de parte completa su procesamiento, así que los kanbans en la tabla de horarios para el siguiente tipo de parte en la secuencia estarán contados y la producción es establecida para una determinada cantidad.
6. Producción cíclica – revisión periódica: Esta usa la misma secuencia de la anterior pero produce cada tipo de parte una vez que se ha acordado un intervalo de tiempo

La integración a través de la cadena de suministro

Los sistemas kanban no están restringidos a suministradores internos. Para operar eficazmente, los miembros de la entera cadena de suministro (desde la materia prima básica hasta el producto terminado) deben trabajar juntos para asegurar un nuevo re-suministro de materiales. Esto usualmente envuelve múltiples lugares de la planta y múltiples compañías. Típicamente, contratos a largo término son establecidos para asegurar la cadena de suministro. Los términos del contrato al poner un precio, entregan frecuentemente un volumen que será renegociado periódicamente; sin embargo, las relaciones de sociedad comercial deben perdurar. De esta

manera, las dos partes son independientes y están dentro del mejor interés de ambos lados y que un justo contrato emerja por lo cual suministrador y consumidor se benefician.

Requerimientos ambientales para los sistemas kanban

Aquí las partes son “jaladas” (pulled) a través del complejo industrial debido a que la autorización para producir viene río abajo en el proceso de manufactura. La cantidad de partes es la que dicta las prioridades en la producción. Como las partes son sacadas del sitio de almacenamiento, la producción es programada para reemplazar esas partes. Ninguna advertencia es usualmente provista hasta que las partes sean físicamente removidas. Si la demanda es constante, entonces la demanda futura para las partes puede ser deducida. Sin embargo, nosotros establecemos el número de kanbans por lo cual las partes son llenadas de nuevo justo a tiempo. La producción real es entonces calculada a caer dentro de un rango que puede ser fácilmente acomodada por el complejo industrial, usualmente + ó - 10%. Los cambios en los niveles del inventario pueden manejar pequeños cambios en la demanda, pero grandes cantidades requieren de adicionar o sustraer kanbans del sistema.

En realidad los sistemas kanban están diseñados para ambientes estables de demanda. Sin embargo, el número de kanbans que permanecen activos en el sistema determina los niveles del inventario. De esta manera, es posible usar una estrategia de control de kanban dinámico en ambientes de producción con demanda por temporadas o en ambientes de ordenes bajo pedido. Para el caso de la demanda por temporadas, si el pronóstico de la demanda está disponible, nosotros podemos ajustar el número de kanbans sobre el tiempo para satisfacer el máximo inventario con relación al tiempo de producción. Cuando se selecciona la rata de demanda en una situación de alta volatilidad, nosotros deberíamos usar el pronóstico de la demanda para un periodo en el futuro igual al esperado tiempo de proceso desde su planificación. Cuando un número de kanbans en el sistema para un tipo particular de partes cae por debajo del número deseado, nosotros implemente introducimos más kanbans al centro de trabajo para que automáticamente se actualice la programación de la producción como una capacidad que se vuelve disponible.

El tamaño del contenedor y el número de kanbans regulan el nivel del inventario en cada etapa del sistema de producción. Si los componentes de las partes son fabricados en un área y luego guardados, eso forma una etapa. Nosotros podemos escoger definir puntos de control por razones estratégicas. Escoger los puntos de control y las definiciones de las etapas depende de la variedad del producto, de los costos de almacenaje, y de los ciclos de tiempo requeridos.

Capítulo 8

Sistemas de Producción Multi-Etapa: Planeación de Requerimientos de Materiales para Demanda Dependiente

Los sistemas Kanban y los métodos de control de inventarios basados en reordenes, tienen mucho en común ya que en ambos se revisa el pasado para determinar de esta forma, la tasa de la demanda promedio, asumiendo entonces que la demanda continuará siendo relativamente constante en el futuro.

Para ambos casos, la política de inventarios se ve afectada por la expectativa que se tiene del tiempo de entrega (lead time), la demanda, algunos factores de seguridad, y los pedidos que se hagan para luego tratar de llevar el inventario a un nivel específico.

Los sistemas Kanban en las operaciones iniciales, el sistema pull ya que la producción no inicia hasta que se solicita que se haga, y los sistemas CONWIP se asemejan a los sistemas de puntos de reabastecimiento, es decir se mantienen inventarios fijos y autoriza la entrada de nuevos materiales a producción cuando se realice un consumo o haya demanda de productos finales, estos, son sistemas más fáciles de operar.

Aun cuando los parámetros estén especificados, se requiere solo el estado actual del inventario para tomar las decisiones de las órdenes de materiales que se adelantarán.

Los principales elementos de la planeación de requerimientos de material (MRP) son:

1. El modelo de configuración del producto que relaciona el uso de materiales y piezas para la manufactura de productos del más alto nivel.

2. Los requerimientos de material para el ensamble de los productos finales.
3. Las relaciones algebraicas entre los niveles de inventario, retiros para atender la demanda y las órdenes de compra para reponer los stocks.

Requerimientos de datos y sistemas de soporte

El MRP ofrece una combinación eficiente entre la planeación de la producción y el control de inventarios, pero para que ello sea posible, se requieren una variedad de datos que a su vez tengan soporte de sistemas de administración de ingeniería y de negocios. Algunos de los datos requeridos son:

- Requerimientos de producto terminado.
- Resultados del plan maestro de producción (MPS).
- Conocer la lista de materiales.
- El estado de los inventarios.

La planeación de los requerimientos de material, ha sido implementada en una variedad de fábricas para dirigir el proceso de planificación y control de la liberación de las órdenes que se generan. El MRP coordina la liberación de los pedidos de elementos dependientes de la demanda en entornos de comportamiento dinámico de la demanda para reducir al mínimo el inventario innecesario.

El MRP implementado adecuadamente, permite un buen dimensionamiento de los tamaños de los lotes, y se basa en los registros de inventario, contabilización de los materiales, programa maestro de producción, y las estimaciones de los tiempos de entrega.

Los Planes de Producción para los primeros períodos pueden ser congelados para minimizar el nerviosismo en el programa y garantizar la disponibilidad de los materiales.

Si ocurren problemas con la vinculación e identificación de requerimientos, se debe dar a conocer al departamento de control de producción para que se tomen las medidas correctivas del caso. Los problemas que surgen generalmente ocurren debido a que no se tienen valores exactos ni actualizados de los parámetros de los datos, por lo tanto, se ejerce una considerable presión sobre el sistema de manufactura para conocer el

estado real actual y sobre los trabajadores que deben demostrar disciplina para continuar con el plan de producción.

Como requisitos adicionales para el éxito se incluyen: Procesos estables con tasas previsible de desechos, las metas de producción, la capacidad de planificación de necesidades que permite garantizar los recursos para cada periodo y estado actual del inventario.

MRP ha cambiado y ha incluido nuevos elementos para que se haya mayor precisión en el cumplimiento de los planes de producción (MRP II) o incluso la planificación de recursos empresariales (ERP) que integra módulos de comunicación en red, sin embargo, El MRP es un sistema de control abierto ya que no controla la entrada de materiales, únicamente verifica que el Throughput se cumpla.

Capítulo 9 **Modelos Multi Etapas**

En este capítulo se cubre el tema de los problemas en la programación de producción multi-etapas, viendo los distintos tipos de estructuras y luego se analizan varios enfoques para determinar los niveles de los inventarios.

Se desarrollan modelos que ayudan a determinar el tamaños de los lotes para los items que van a través de las distintas etapas de producción.

El ensamble de los productos finales depende de la disponibilidad de los subensambles y a su vez, la producción de los subensambles depende de la disponibilidad de cada una de las partes que lo compone.

Para optimizar los sistemas con elementos dependientes, se debe desarrollar políticas de reposición que exploten la coordinación natural de los elementos.

Se consideran tres tipos de estructuras de productos de múltiples -etapas:

- Estructura serial: en donde los materiales entran en la primera etapa y progresivamente pasan a través de una secuencia de etapas de producción hasta que se saca el producto final en la última etapa.
- Estructura de ensamble: en la cual cada etapa de producción tiene una sucesora pero puede tener varias etapas predecesoras. La clave está en que cada etapa de producción tiene una única sucesora.

- Estructura general: en este sistema, cada etapa puede tener varias sucesoras y varias predecesoras. Se utiliza generalmente cuando se tienen múltiples productos que comparten algunos de los mismos componentes.

Se analizan dos tipos de inventarios: inventario de instalación e inventario escalonado, dando las pautas para determinar cuál conviene implementar. El nivel del inventario escalonado es independiente de las demás etapas, es decir, depende únicamente de la decisión de producción de esa etapa y no de las demás, mientras que el nivel del inventario de instalación de una etapa, depende automáticamente de la decisión de producción de las etapas sucesoras.

Se aborda el tema de los costos de los inventarios desde el enfoque tradicional que habla de los costos de operación y los costos asociados con la inversión y por último se tratan algunos modelos lineales y su utilidad para bajar los tiempos preparación y se explican algunos modelos de programación lineal que se pueden aplicar cuando se tienen demandas estacionarias.

Es importante aclarar que los enfoques de solución presentados dependen de la estructura específica del producto, que si es más compleja se recomienda usar la heurística para obtener mejores resultados.

Finalmente, el capítulo aborda problemas en donde el inicio es importante y la demanda varía con el tiempo, y para ello se desarrollan modelos de programación matemática y enfoques de solución. Los casos de demanda estacionaria tienen estructuras más complejas que generalmente requieren heurísticas o extensos trabajos computacionales.

Los temas de este capítulo son una pequeña parte de la investigación sobre múltiples etapas de los lotes de producción.

La mayoría del material proviene de la década de 1970 y 1980, obviamente la investigación sobre estos temas ha continuado hasta el presente y por ello, se recomienda a los estudiantes que revisen literatura relacionada con la parte teórica de investigación de operaciones, planeación de producción aplicada y literatura de programación. Para resolver eficazmente los complejos problemas de planificación de la producción, es necesario comprender los objetivos clave, las restricciones y las estructuras de costos del sistema actual así como los temas teóricos de modelamiento matemático, optimización discreta, y el desarrollo heurístico.

Capítulo 10

Fabricación Ajustada y la Filosofía Justo a Tiempo

El sistema Kanban se conoce como un sistema que implementa el enfoque “pull” e integra técnicas para el control del flujo de materiales, lo cual se constituye en una herramienta clave de los sistemas de producción just-in-time (JIT).

La filosofía principal de Kanban es cumplir con los requerimientos de material con base en las necesidades del producto terminado que luego permiten que se dispare la orden de materiales dentro del proceso productivo.

Los principios más destacables del sistema Kanban, son:

- Eliminación de desperdicios
- Producción libre de defectos
- Mejora continua de los procesos
- Rotación y capacitación de la mano de obra

La filosofía de los sistemas justo a tiempo combinados con elementos de los sistemas Kanban, permiten abarcar distintas prácticas que mejoran notablemente un sistema de producción, y estas prácticas son importantes tanto para los sistemas push como para los sistemas pull ya que el objetivo en ambos casos debe ser el establecimiento de un sistema de manufactura ajustado que sea competitivo.

Justo a Tiempo es una filosofía para optimizar el mejoramiento de los sistemas de manufactura y tiene su origen en empresas japonesas después de la segunda guerra mundial, dado que Japón necesitaba reconstruir su industria de la manufactura, mientras que Estados Unidos producían en masa para satisfacer las necesidades de la población en general que se encontraba en medio de la guerra.

El mercado japonés era mucho más pequeño y el capital para la inversión era escaso, lo cual requería que la producción se hiciera en volúmenes

pequeños por partes y esto hizo que los sistemas de producción fueran más flexibles para que pudieran producir distintos ítems en los mismos equipos. Después de algunos años de experimentar, la empresa Toyota decidió implementar una estrategia efectiva basada en:

- Sistemas Kanban.
- La eliminación de desechos como una guía constante.
- Encontrar el valor y la importancia de la calidad.
- Fortalecer el valor y uso del recurso humano.
- Enfatizar en la reducción de los tiempos necesarios para el alistamiento de las máquinas.
- Integrar el rol de los proveedores y la adquisición de material dentro del proceso de planeación corporativo.
- La mejora continua como una estrategia del día a día.

Este capítulo es bien interesante ya que los autores demuestran acertadamente que cada enfoque por sí solo puede ser útil pero que el éxito y la eficacia consiste en ver a todos los conceptos de una forma sistémica.

Existe un sinnúmero de técnicas para mejorar los ambientes de producción y que son abordadas con mayor profundidad, tales como:

- Eliminación de desperdicios.
- Entrenamiento y capacitación de los empleados, permite aumentar su rendimiento y que centren esfuerzos en los puntos de la producción donde se generan los cuellos de botella.
- Empoderamiento y participación de los empleados con el fin de poder hacer rotación de los mismos, de acuerdo con las condiciones que se presenten en la demanda y obtener de ellos buenas ideas que ayudan a solucionar problemas.
- El just- in- time en las compras.
- El impacto de la reducción de las variaciones a través de mejores tecnologías.
- Técnicas para procesos de ensayo-error.
- Reducción de tiempos de procesamiento, lo cual aumenta la capacidad y permite una mayor personalización del producto final.

- Tecnologías para la reducción de los tiempos de configuración.

El concepto de calidad juega un papel bien importante y requiere de compromiso total para el adecuado uso de buenas prácticas en aras de reducir los desperdicios mejorar el rendimiento del sistema y minimizar el porcentaje de errores (a través de técnicas poka-yoke)

El proceso de transición de un sistema tradicional a un sistema ajustado, requiere en primera instancia, de un cambio cultural que debe empezar con el compromiso de la alta dirección y cuando el sistema está bajo control, las mejoras se pueden aplicar gradualmente hasta lograr un equilibrio y de esta forma se puede evidenciar que los procesos de flujo continuo responden rápidamente a los requerimientos del cliente a través de la producción coordinada con una inversión en inventarios mínimos.

Mejorar el flujo de material a través de la planta de producción también puede proporcionar beneficios para una programación más fácil y rápida. Los diagramas de flujo proporcionan un medio simple pero útil para capturar el estado del sistema de flujo de materiales y sirve como fuente de información en la búsqueda de mejoras en el sistema. Siempre que sea posible, las estaciones de trabajo se deben organizar para que las partes sólo necesiten trasladarse a una corta distancia entre cada operación, de esta forma, los movimientos excesivos son eliminados de los procesos.

Capítulo 11

Programación de Compras.

En este capítulo se han cubierto las cuestiones que suelen plantearse en la programación de los sistemas de producción. En primer lugar, la teoría de las restricciones se utilizó para encontrar el cuello de botella en los procesos que deben ser utilizados de manera eficiente para asegurar que el sistema alcanza el máximo rendimiento.

Programar implica la asignación de las máquinas y otros recursos para las operaciones de trabajo específico en las horas exactas para cumplir con algunos objetivos, objetivos típicos para el problema de programación, es minimizar el tiempo de flujo del sistema, minimizar los retrasos del sistema,

minimizar el retraso máximo, y reducir al mínimo el makespan. Las restricciones típicas son: las operaciones para cada trabajo debe ser procesadas en su itinerario específico, y cada máquina puede trabajar en una sola operación a la vez.

Los modelos matemáticos de programación han sido desarrollados para los problemas en una sola máquina, los problemas flow shop, y problemas job shops, Existen óptimas reglas de secuenciación para los problemas de máquina simple, dos y de la máquina de uno y dos y no hay problemas de flow shop.

Sin embargo, como el número de máquinas y aumenta el número de puestos de trabajo, o cuando el objetivo es no lineal, o cuando los trabajos están listos para su procesamiento en diferentes momentos, la búsqueda de soluciones óptimas se convierte computacionalmente difícil. En estos casos, los procedimientos heurísticos se pueden utilizar para obtener soluciones de alta calidad posible con menos esfuerzo computacional que una enumeración completa o parcial de los horarios.

También basado en reglas o en un marco basado en los sistemas de programación inteligente, se puede utilizar cuando los conocimientos anteriores en los sistemas de programación puede ser utilizado cuando los conocimientos anteriores en la programación ha demostrado ser eficaz.

Los temas de este capítulo son una pequeña parte de la investigación sobre problemas de programación que se han desarrollado durante los últimos 45 años. El estudiante que se encuentre interesado, se le recomienda revisar literatura de más teórica sobre investigación de operaciones, así como la planificación de producción aplicada y literatura de programación.. Para resolver efectivamente los problemas complejos de planificación, es necesario entender los objetivos fundamentales y las limitaciones del sistema actual, así como los temas teóricos de la modelización matemática, optimización discreta, y el desarrollo heurístico.

Para correr un sistema de producción efectivo, debe estar diseñado para tomar decisiones en una pequeña escala de tiempo.

Este capítulo está enfocado con las decisiones relacionadas con los detalles de programación de las máquinas, así como la carga de compras en el día a día o en el turno de venta. Los modelos en los capítulos anteriores, tienden a involucrar decisiones a término medio (planeación mensual o semanal). Incluso si estos planes de producción están bien formulados y ajustados a un

sistema de bajo costo que a satisfacer la demanda conocida., es fundamental para poder programar y cumplir con los objetivos del plan de producción.

Por ejemplo, se pueden considerar los siguientes cuestionamientos: la casa de ventas de cinco máquinas y cada uno tiene un buffer de puestos de trabajo en el proceso, a la espera de ser completado. Cada trabajo toma un itinerario diferente a través de la tienda y tiempos de procesamiento por cada trabajo de operación sobre cada máquina, así como el trabajo debido a las fechas conocidas.

El trabajo normal de operación sobre la máquina No 4 es completada. Cuál operación debería ser programada en la máquina No 4 para garantizar que las fechas de vencimiento de cada trabajo se cumplan.

Una casa de ventas de ocho máquinas, y cada una con un buffer de ocho puestos de trabajo en espera de ser completados. Cada trabajo toma el mismo itinerario a través de las ventas y tiempos de procesamiento por cada operación de trabajo sobre cada máquina se conocen. Usted conociendo esto, debería usar la misma secuencia de trabajo en cada máquina.

¿Cómo debería poner la secuencia en los trabajos de la primera máquina en el itinerario de trabajo para asegurar que todos estos trabajos son hechos lo más rápido posible?

Hoy, su tienda tiene cinco máquinas trabajando y cuatro trabajadores, cada trabajador tiene un conjunto diferente de habilidades para hacer la operación requerida. Cada trabajo debe ser completado durante el día y tiene una serie de operaciones requeridas. Cada operación tiene un conjunto de máquinas que se pueden utilizar para la realización y únicamente operadores entrenados pueden completar las operaciones con éxito. ¿Cómo asigna operaciones y máquinas a trabajadores para garantizar que todos los trabajos se completen durante el día, sin tener trabajadores sobrecargados de trabajo y sin máquinas sobrepasando su capacidad?

Estos problemas descritos son difíciles de optimizar y esto es común en la gran mayoría de los múltiples problemas en la programación de las máquinas. Para obtener una comprensión más profunda de cuán complicados son estos problemas, hay que estudiar los elementos de

complejidad computacional y de programación entera, ambos fuera del alcance de este texto. (hay excelentes referencias de estos temas, y muchas están citadas en los capítulos). Aquí el enfoque será sobre la solución de problemas simples para optimizar y sugerir estrategias heurísticas para problemas complejos. Las formulaciones de programación matemática se utilizan frecuentemente para formular modelos y usado como base para soluciones heurísticas.

Todos los problemas aplicados que se tratan en este capítulo tienen las siguientes características básicas a menos que dentro de cada problema se indique lo contrario:

- Todos los datos son determinísticos.
- Los sistemas de manipulación de material no son considerados un recurso crítico y los tiempos de recorrido de máquina a máquina no son considerados.
- Cada máquina puede procesar únicamente un trabajo u operación a la vez y cada trabajo u operación puede ser procesado únicamente en una máquina al tiempo.
- Los tiempos de preparación para los trabajos u operaciones son valores conocidos y no dependen de la secuencia del trabajo u operación.
- Una vez una operación inicia en una máquina, ésta corre hasta ser completada.
- La opción de parar una operación antes de completarse y poner operación en la máquina no es permitido.

Capítulo 12

Control de Planta: sistemas y extensiones.

Las funciones básicas de un SFC (control floor shop) consiste en la recopilación de datos de calidad que sean necesarios, planeación, programación y ejecución del control.

La estructura jerárquica es la arquitectura más típica para dirigir, comunicar y controlar. Cada entidad recibe órdenes de su supervisor principal que administra la ejecución de las órdenes mediante la asignación y coordinación de tareas a sus subordinados y luego se reporta al supervisor. Los sistemas de control heterárquicos de entidades autónomas también se han discutido en los últimos años.

Al servir como un almacén central de operaciones de datos y autorización, los sistemas de ejecución de manufactura, brindan un mecanismo efectivo para el control de las operaciones de producción y el intercambio de datos de producción con funciones administrativas y de ingeniería.

Los sistemas de ejecución de manufactura – MES, (acrónimos en inglés) son los directamente responsables de convertir el plan de producción en conjuntos de tareas y el monitoreo de dichas tareas. Las actividades básicas son las siguientes:

- Interface con el sistema de planificación de producción que es el que lo que se debe producir, creando la lista de actividades y tamaño de los lotes para cada periodo.
- Administración de las órdenes de trabajo, que deben ser seguidas ya que pasan a través de la planta. Aquí se debe coordinar la programación de todas las operaciones para asegurar que las órdenes se completarán a tiempo.
- Administración de estaciones de trabajo. El sistema debe mantener una programación para las estaciones y monitorear el estado de cada uno de ellas.
- Administración de las herramientas. Cada operación y cada orden de trabajo, requiere de herramientas específicas y la ubicación de las mismas deben estar siempre al día en el MES.
- Labor de administración y reportes de fatiga. Cada trabajador debe ser seguido con respecto a la disponibilidad y capacidad. El sistema utilizará esta información junto con los requisitos de formación que señala el plan del proceso de cada parte para asignar las tareas a los trabajadores.

- Trazabilidad y seguimiento del inventario.
- Manipulación de materiales.
- Recopilación y gestión de datos automatizados.
- Control de producción y gestión de excepciones.
- Gestión de mantenimiento.
- Aseguramiento de la calidad.
- Interface de administración de proveedores.

Una gran variedad de sistemas de manufacturas, merecen una consideración especial. Sistemas en serie tales como el de líneas de ensamble, pueden ser muy eficaces en la producción de productos que guardan características similares de una forma rápida y con un costo mínimo. La clave está en la asignación de tareas a los trabajadores. Los ciclos repetitivos cortos permiten un rápido aprendizaje. Reducir los costos del capital y reducir los requerimientos de la experiencia , y menores requerimientos de habilidad, que pueden a su vez complicar el problema de asignación de tareas y puede conducir a un mayor tiempo de inactividad y que se presenten lesiones por movimientos repetitivos.

Para un tiempo de ciclo dado, el método para estimar el peso posicional de cada tarea, considera restricciones de precedencia para lograr el equilibrio de las cargas de trabajo y las estaciones de trabajo, reduce el número y resuelve el problema de asignación de tareas minimizando los tiempos de ocio. Este modelo estima el peso posicional de cada tarea como la suma de su tiempo más el de las tareas que le siguen.

Con múltiples modelos de productos, la aleatoriedad en los tiempos de procesamiento, favorece el uso de una operación asincrónica y pequeños buffers entre estaciones de trabajo. estos distintos modelos de productos deben ser secuenciales para que estén armonizados con coincidan con la demanda relativa y suavice las cargas de trabajo y las estaciones de trabajo con respecto al tiempo.

En general, los sistemas de flujo, lote de transmisión (lote-streaming), deben ser tenido en cuenta para reducir el tiempo de procesamiento (throughput).

En muchos casos, con solo dividir un lote de producción en dos sublotes, proporcionará reducciones de tiempo considerables. La programación en líneas de flujo flexibles con procesadores en paralelo en cada etapa, representa un cambio. Hay enfoques que utilizan una combinación de un tiempo mayor de procesamiento para asignar trabajos a los procesadores en cada etapa y luego trata de encontrar una secuencia de liberación de trabajo que da prioridad a la alimentación de máquinas críticas.

Los sistemas de manufactura flexible, consiste en un grupo de estaciones de trabajo de procesos, interconectadas por un sistema automático de carga, almacenamiento y descarga de materiales; son flexibles porque son capaces de procesar varios productos y cantidades de producción que pueden ser ajustadas en respuesta a los comportamientos de la demanda y utilizan poco esfuerzo y requieren de corto tiempo para fabricar un nuevo producto.

En resumen, en este capítulo, se ven los mecanismos básicos para el control de las plantas (shop floor) y las situaciones que se encuentran comúnmente y los métodos de administración y programación de los recursos.