

capítulo

MANUFACTURA ESBELTA

403 Six-Sigma esbelta en Solectron

404 Lógica esbelta

Definición de producción esbelta

405 El sistema de producción de Toyota

Eliminación del desperdicio
Respeto por la gente

Definición del esquema de la cadena de valor
Definición de Tecnología de grupos (TG)
Definición de calidad en la fuente
Definición de carga uniforme en la planta (heijunka)
Definición de kanban
Definición de sistema de demanda kanban

412 Requisitos de implantación esbelta

Disposición física y diseño de flujos esbeltos
Aplicaciones esbeltas para flujos lineales
Aplicaciones esbeltas para talleres de trabajo
Calidad Six-Sigma
Programación nivelada
Trabajo con los proveedores

Definición de mantenimiento preventivo
Definición de programación nivelada
Definición de ventana congelada
Definición de flujo invertido

417 Servicios esbeltos

418 Conclusión

420 Caso: Quality Parts Company

422 Caso: Método para trazar el esquema de la cadena de valor

SIX-SIGMA ESBELTA EN SOLECTRON

Solectron es proveedor líder en servicios de manufactura de aparatos electrónicos y cadena de suministro integrada. En Solectron, Six-Sigma esbelta se enfoca en eliminar el desperdicio y la variabilidad en toda la cadena de suministro, y exige que todas las actividades de la compañía agreguen valor para los clientes.

En Solectron la producción esbelta, con fundamentos en el Sistema de Producción de Toyota, se basa en cinco principios clave:

- Valor: Entender el valor del trabajo realizado mediante su definición como algo por lo que los clientes quieren pagar.
- Cadena de valores: Diagramar los pasos del proceso en toda la cadena de suministro mediante la identificación de aquellos que agregan valor y la eliminación de aquellos que aumentan el desperdicio.



- Demanda: Eliminar las fuentes primarias de desperdicio (sobrepoducción) produciendo sólo lo que los clientes quieren, cuando lo quieren. Esto significa iniciar la producción sólo cuando el cliente lo demanda.
- Flujo: Eliminar otras fuentes de desperdicio importantes (el inventario inútil y la espera) garantizando que los bienes fluyan de manera continua en toda la cadena de suministro y nunca dejen de hacerlo.
- Mejora kaizen/continua: Luchar por la eliminación total del desperdicio a través de una sucesión de eventos menores orientados hacia la acción (kaizen) en el proceso de producción.

Para completar el esquema esbelto, Six-Sigma es el más conocido grupo de estándares de datos con el que Solectron impulsa la calidad excepcional de sus operaciones. Se requieren exhaustivas mediciones estadísticas para analizar la calidad en todos los niveles de la cadena de suministro y eliminar los defectos. Six-Sigma, combinado con un esquema esbelto, sirve para identificar fácilmente y resolver con prontitud las dificultades o los problemas de calidad, y pronto cosecha resultados. Todo esto, al tiempo que mantiene a la gente con ojo avizor a nuevas y mejores posibilidades en los pisos de las plantas.

Six-Sigma esbelta es un diferenciador de la industria de EMS y es fundamental en la estrategia general de Solectron, así como de su prosperidad venidera. Mejora de manera importante la calidad de Solectron y reduce los desperdicios. Reinventa la manera de atender a los clientes. Faculta a los empleados para que hagan mejoras radicales en el desempeño de la compañía. Refuerza las asociaciones con los principales proveedores de la cadena de suministro. Además, impulsa nuevas formas de pensar en el negocio.

El método de administración de la producción más importante de los últimos 50 años es la producción *esbelta*¹ o justo a tiempo (JIT). En el contexto de las cadenas de suministro, la producción *esbelta* se refiere al enfoque en eliminar la mayor cantidad posible de desperdicios. Los movimientos innecesarios, pasos de producción que no hacen falta y el exceso de inventarios en la cadena son objetivos para mejorar en el proceso de *esbeltez*. Asesores de la industria acuñaron la frase cadena de *valor* para referirse al énfasis en que cada paso del proceso de la cadena de suministro que lleva productos o servicios a los clientes, debe generar un valor. Si un paso no genera valor, debe suprimirse del proceso.

El término *producción esbelta* evolucionó del concepto de producción JIT ideado por Toyota en Japón. Los sistemas JIT ganaron preponderancia mundial en la década de 1970, pero parte de sus doctrinas se remontan a Estados Unidos, a comienzos del siglo xx. Henry Ford aplicó conceptos de producción JIT cuando modernizó sus líneas móviles de montaje de automóviles. Por ejemplo, para eliminar los desperdicios, usó el fondo de los cajones de embalaje de los asientos como piso de los autos. Aunque elementos de producción JIT se han usado en Japón ya desde la década de 1930, no se perfeccionó hasta la década de 1970, cuando Tai-ichi Ohno, de Toyota Motors, aplicó dicha producción JIT y llevó los autos de Toyota a la vanguardia en tiempos de entrega y calidad.

En la década de 1990, muchas compañías adoptaron el término *esbelta* en lugar de JIT para resaltar la meta de eliminar sistemáticamente los desperdicios de su cadena de suministro. La producción JIT se ha enfocado en revisar principalmente los aspectos de la producción, como los sistemas basados en *empujar la demanda*, que forman la base de la doctrina esbelta.

En este capítulo se relata la justificación de la producción esbelta, su evolución en Toyota, Japón, cómo se implanta y sus aplicaciones en las compañías de manufactura y servicios, como Solectron, la cual se describe en la viñeta introductoria.



Global

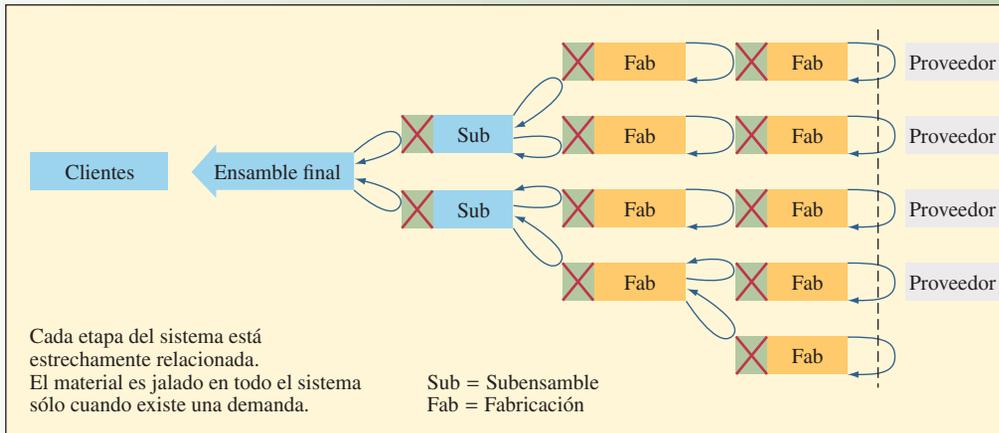
LÓGICA ESBELTA

Producción esbelta

La **producción esbelta** es un conjunto integrado de actividades diseñado para lograr la producción utilizando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados. Las piezas llegan a la siguiente estación de trabajo “justo a tiempo”, se terminan y se mueven por todo el proceso con rapidez. La producción esbelta se basa también en la lógica de que no se va a producir nada hasta que se necesite. La ilustración 12.1 muestra el proceso. La necesidad de producción se crea con base en la demanda real del producto. En teoría, cuando un artículo se vende, el mercado jala un reemplazo de la última posición en el sistema; el ensamblado final, en este caso. Esto da lugar a una orden en la línea de producción de la fábrica, donde un obrero jala otra unidad de una estación hacia arriba en el flujo para reemplazar la unidad tomada. Esta estación hacia arriba jala a su vez de la siguiente estación más arriba y así sucesivamente, hasta la liberación de la materia prima. Para que este proceso funcione sin problemas, la producción esbelta requiere de altos niveles de calidad en cada etapa del proceso, fuertes relaciones con los proveedores y una demanda predecible del producto final.

Sistema de jalar en la producción esbelta

ilustración 12.1



EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TOYOTA

En esta sección, se analiza la filosofía y los elementos de la producción esbelta creada en Japón e integrada en el Sistema de Producción de Toyota, la evaluación comparativa para la manufactura esbelta. El Sistema de Producción de Toyota se creó para mejorar la calidad y la productividad, y se basa en dos filosofías centrales para la cultura japonesa: la eliminación del desperdicio y el respeto por la gente.²

ELIMINACIÓN DEL DESPERDICIO

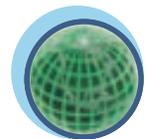
El desperdicio, según lo define el ex presidente de Toyota, Fujio Cho, es “cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y obreros (horas de trabajo) absolutamente esencial para la producción”. Una definición amplificada de la producción esbelta dada por Fujio Cho identifica siete tipos principales de desperdicio a eliminar de la cadena de suministro: 1) el desperdicio de la sobreproducción, 2) el desperdicio del tiempo de espera, 3) el desperdicio del transporte, 4) el desperdicio del inventario, 5) el desperdicio del procesamiento, 6) el desperdicio del movimiento y 7) el desperdicio de los defectos en los productos.³

Un enfoque que ha sido adoptado para analizar un proceso con el fin de identificar los pasos que es posible mejorar se conoce como **esquema de la cadena de valor**. La idea consiste en desarrollar un diagrama detallado de un proceso que muestra con claridad aquellas actividades que agregan valor, las actividades que no lo agregan y los pasos que sólo comprenden una espera. Véase el ejemplo que proporciona Superfactory Learning Center en el cuadro. Trazando un diagrama que identifica las actividades que no agregan valor, se puede entender qué cambios podrían tener el mayor impacto al volver esbelto el proceso.

El esquema de la cadena de valor es una manera muy efectiva de analizar los procesos existentes. Los siguientes principios de diseño guían el diseño de las cadenas de suministro esbeltas:

1. Redes de fábricas enfocadas.
2. Tecnología de grupos.
3. Calidad en la fuente.
4. Producción justo a tiempo.
5. Carga uniforme en la planta.
6. Sistema de control de producción kanban.
7. Tiempos de preparación minimizados.

Redes de fábricas enfocadas Los japoneses construyen pequeñas plantas especializadas, en lugar de grandes instalaciones de manufactura integrada verticalmente (Toyota tiene 12 plantas ubicadas dentro y en los alrededores de la ciudad de Toyota y otras áreas de la prefectura de Aichi). Consideran que

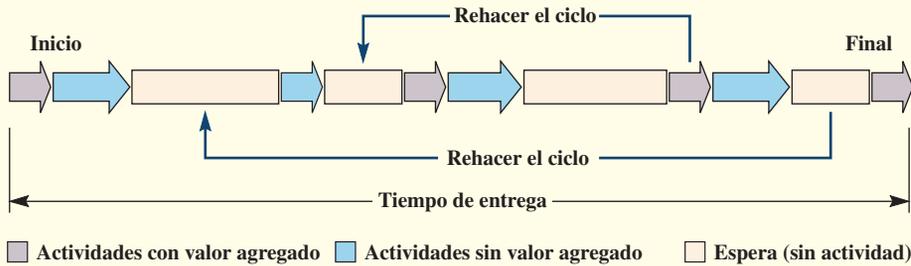


Global

Esquema de la cadena de valor

ESQUEMA DE LA CADENA DE VALOR

El esquema de la cadena de valor se utiliza con mucha frecuencia como un medio para eliminar el desperdicio en un proceso de la cadena de suministro. La cadena de valor es una red de pasos de principio a fin que da un resultado para el cliente. (Un ejemplo del enfoque del esquema de la cadena de valor se presenta al final del capítulo.)



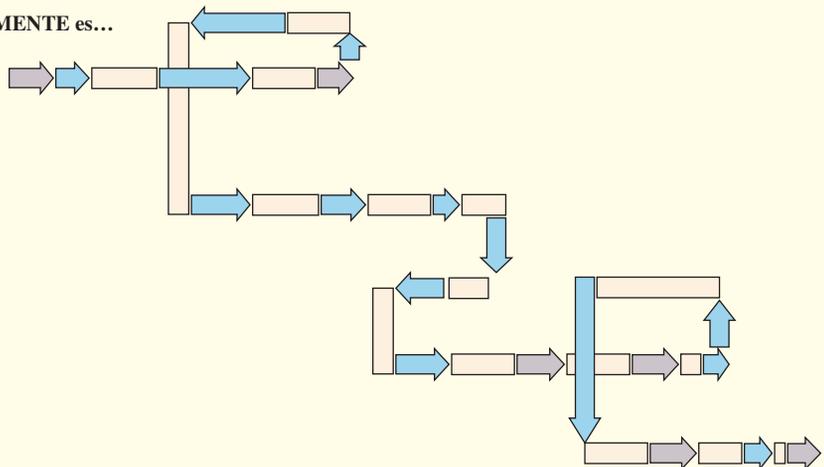
Algunas actividades agregan valor al resultado, otras no le agregan valor y, en ocasiones, el proceso se detiene y no hay ninguna actividad.

PRINCIPIOS DE LA CADENA DE VALOR

1. Mantener la cadena de valor en movimiento a máxima velocidad.
2. Eliminar el desperdicio que detiene, vuelve más lenta o distrae la cadena de valor.
3. Concentrarse en eliminar el desperdicio, en lugar de acelerar las operaciones que agregan valor.
4. Buscar el desperdicio en la fábrica, la oficina y las operaciones físicas, de procedimientos y técnicas.

Lo que PENSAMOS que es...

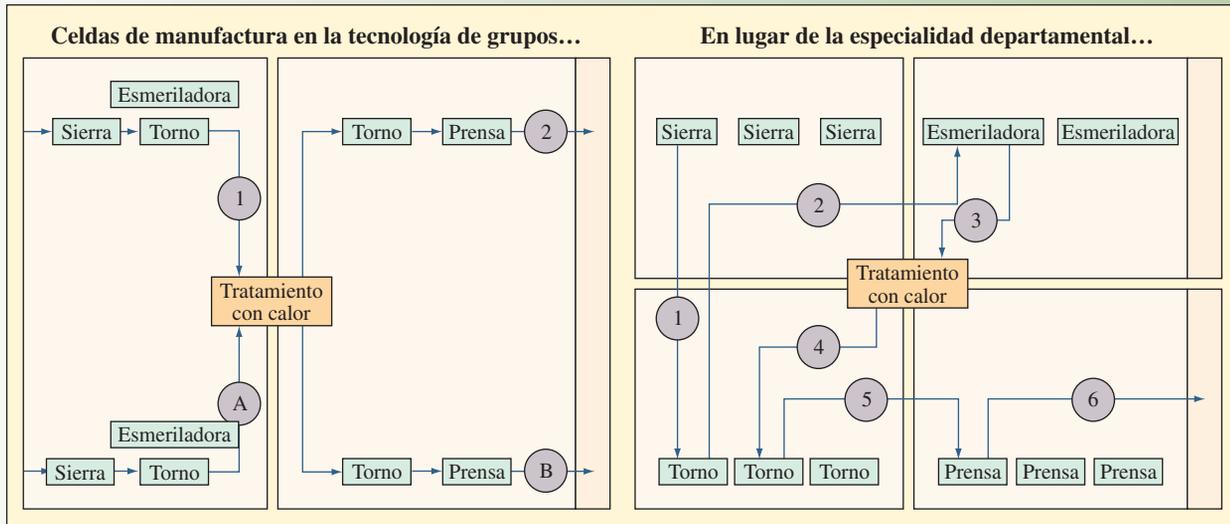
Lo que REALMENTE es...



Lo que se puede LOGRAR...

Tecnología de grupo *versus* Especialidad departamental

ilustración 12.2



las operaciones extensas y sus burocracias son difíciles de manejar y no van de acuerdo con sus estilos administrativos. Las plantas diseñadas para un propósito se pueden construir y operar en forma más económica. Casi todas las plantas japonesas, alrededor de 60 000, tienen entre 30 y 1 000 trabajadores.

Tecnología de grupos La **tecnología de grupos (TG)** es una filosofía en la cual las piezas similares se agrupan en familias y los procesos necesarios para hacer las piezas se organizan en una celda de trabajo especializada. En lugar de transferir trabajos de un departamento a otro a los trabajadores especializados, la TG considera todas las operaciones necesarias para elaborar una pieza y agrupa esas máquinas. La ilustración 12.2 muestra la diferencia entre los grupos de diversas máquinas en los centros de trabajo en comparación con la distribución departamental. Las celdas de la tecnología de grupos eliminan el movimiento y las filas de espera entre las operaciones, reducen el inventario y minimizan el número de empleados requeridos. Sin embargo, los trabajadores deben ser flexibles para manejar varias máquinas y procesos. Debido al nivel de habilidad avanzado, estos trabajadores tienen cada vez mayor seguridad laboral.

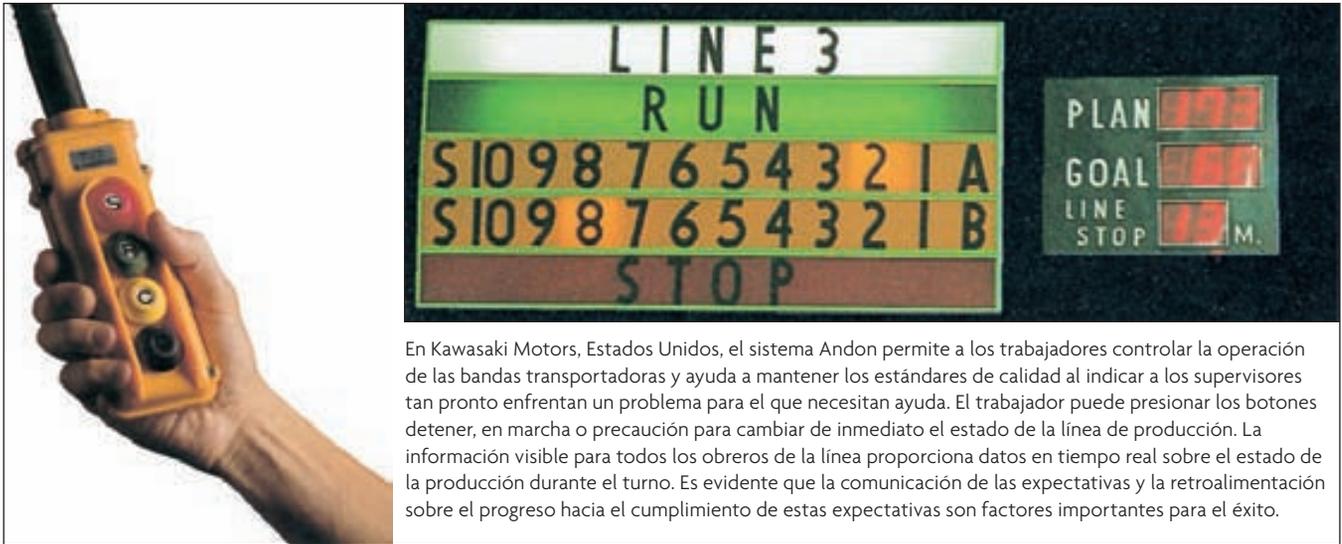
Tecnología de grupos (TG)

Calidad en la fuente **Calidad en la fuente** significa hacer bien las cosas desde la primera vez y, cuando algo sale mal, detener de inmediato el proceso o la línea de ensamblado. Los obreros de las fábricas se convierten en sus propios inspectores y son responsables de la calidad de su producción. Los trabajadores se concentran en una parte del trabajo a la vez, de modo que descubren los problemas de calidad. Si el ritmo es demasiado rápido, si el obrero descubre un problema de calidad o si encuentra algún problema de seguridad, el trabajador está obligado a presionar un botón para detener la línea y encender una señal visual. La gente de otras áreas responde a la señal de alarma y al problema. Los trabajadores tienen la autoridad para realizar el mantenimiento hasta que el problema se corrija.

Calidad en la fuente

Producción justo a tiempo Justo a tiempo significa producir lo que se necesita cuando se necesita y no más. Cualquier cantidad que exceda el mínimo requerido se considera un desperdicio, porque se invierte esfuerzo y material en algo que no es necesario en ese momento. Este enfoque contrasta con el almacenamiento de material adicional por si algo sale mal.

La producción justo a tiempo se aplica en la manufactura repetitiva, que es cuando se fabrican artículos iguales o similares uno tras otro. Esta producción no requiere de volúmenes muy altos y se puede aplicar en cualquier segmento repetitivo de un negocio, sin importar dónde aparecen. En la producción justo a tiempo, el tamaño de lote ideal es uno. Aunque las estaciones de trabajo pueden estar geográficamente dispersas, los japoneses minimizan el tiempo de tránsito y mantienen las cantidades a transferir en un nivel bajo, casi siempre una décima parte de la producción de un día. Incluso los proveedores hacen envíos varias veces al día con el fin de manejar lotes pequeños y mantener bajo el inventario. La meta es



En Kawasaki Motors, Estados Unidos, el sistema Andon permite a los trabajadores controlar la operación de las bandas transportadoras y ayuda a mantener los estándares de calidad al indicar a los supervisores tan pronto enfrentan un problema para el que necesitan ayuda. El trabajador puede presionar los botones detener, en marcha o precaución para cambiar de inmediato el estado de la línea de producción. La información visible para todos los obreros de la línea proporciona datos en tiempo real sobre el estado de la producción durante el turno. Es evidente que la comunicación de las expectativas y la retroalimentación sobre el progreso hacia el cumplimiento de estas expectativas son factores importantes para el éxito.

que todas las filas de espera en el inventario queden en cero, minimizando así la inversión en inventario y acortando los tiempos de entrega.

Cuando los niveles de inventario son bajos, los problemas de calidad se vuelven muy visibles. La ilustración 12.3 muestra esta idea. Si el agua en un estanque representa el inventario, las rocas representan los problemas que pueden ocurrir en una empresa. Un nivel de agua alto oculta los problemas (las rocas). La gerencia supone que todo está bien, pero cuando el nivel de agua baja durante una recesión económica, aparecen los problemas. Si uno hace que el nivel de agua baje en forma deliberada (sobre todo en tiempos de bonanza económica), es posible dejar expuestos los problemas y corregirlos antes de que provoquen otros peores. La manufactura justo a tiempo deja expuestos los problemas que, de otra manera, permanecerían ocultos por el exceso de inventarios y personal.

Carga uniforme en la planta (heijunka)

Carga uniforme en la planta El hecho de uniformar el flujo de producción para evitar las reacciones que por lo regular ocurren como respuesta a las variaciones en la programación se conoce como **carga uniforme en la planta** (o, en japonés, **heijunka**). Al realizar un cambio en el ensamblado final, los cambios se amplifican en toda la línea y la cadena de suministro. La única forma de eliminar el problema es realizar pequeños ajustes adaptando el plan de producción mensual de la empresa para el cual se congeló el índice de producción.

ilustración 12.3

El inventario oculta los problemas

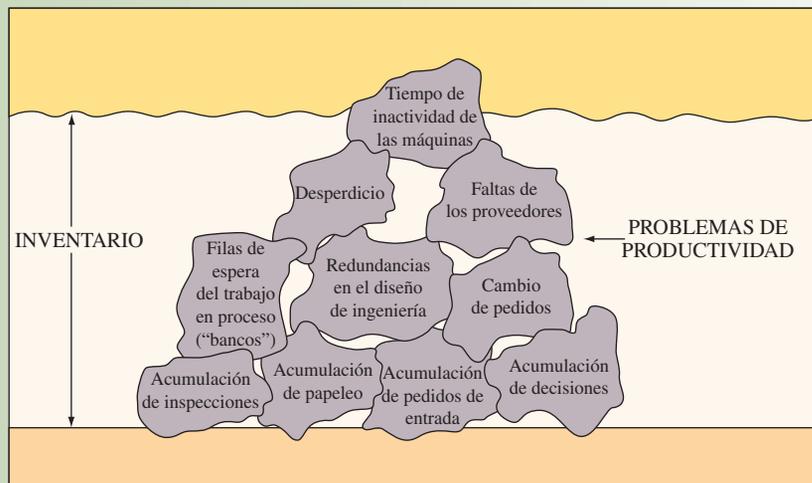


ilustración 12.4

Ejemplo del ciclo de producción de modelos mixtos de Toyota en una planta de ensamblado japonesa

MODELO	CANTIDAD MENSUAL	CANTIDAD DIARIA	TIEMPO DE CICLO DEL MODELO (MINUTOS)
Sedán	5 000	250	2
Hardtop	2 500	125	4
Camioneta	2 500	125	4

Secuencia: Sedán, hardtop, sedán, camioneta, sedán, hardtop, sedán, camioneta, y así sucesivamente (con un minuto de diferencia).

Toyota descubrió que podía hacer esto creando la misma mezcla de productos todos los días en cantidades pequeñas. Por tanto, siempre tienen una mezcla total disponible para responder a las variaciones en la demanda. Un ejemplo de Toyota se muestra en la ilustración 12.4. Las cantidades de estilos de autos mensuales se reducen a las cantidades diarias (suponiendo que el mes tiene 20 días) con el fin de calcular un *tiempo de ciclo* del modelo (definido como el tiempo entre la terminación de dos unidades idénticas en la línea). La cifra del tiempo de ciclo se utiliza para ajustar los recursos con el fin de producir la cantidad exacta necesaria. La velocidad del equipo o de la línea de producción se ajusta de modo que cada día se produce sólo la cantidad necesaria. La producción justo a tiempo busca producir de acuerdo con lo programado, el costo y la calidad.



Administración interactiva de operaciones

Sistemas de control de producción kanban Un sistema de control kanban utiliza un dispositivo de señalización para regular los flujos justo a tiempo. **Kanban** significa “signo” o “tarjeta de instrucción” en japonés. En un sistema de control sin papel, es posible utilizar contenedores en lugar de tarjetas. Los contenedores o tarjetas constituyen el **sistema de demanda kanban**. La autoridad para producir o suministrar piezas adicionales proviene de las operaciones hacia abajo. Considere la ilustración 12.5, donde se muestra una línea de ensamblado que recibe las piezas de un centro de maquinado. El centro de maquinado hace dos piezas, A y B. Estas dos piezas se almacenan en contenedores localizados junto a la línea de ensamblado y junto al centro de maquinado. Cada contenedor junto a la línea de ensamblado tiene un kanban de retiro, y cada uno de los que están junto al centro de maquinado tiene un kanban de producción. Esto se conoce a menudo como un sistema kanban de dos tarjetas.

Kanban

Sistema de demanda kanban

Cuando la línea de ensamblado toma la primera pieza A de un contenedor lleno, un trabajador toma el kanban de retiro del contenedor y lleva la tarjeta al área de almacenamiento del centro de maquinado. En el área del centro de maquinado, el trabajador encuentra un contenedor de la pieza A, quita el kanban de producción y lo reemplaza con el kanban de retiro. La colocación de esta tarjeta en el contenedor autoriza el movimiento de éste a la línea de ensamble. El kanban de producción se coloca en un anaquel cerca del centro de maquinado, lo que autoriza la producción de otro lote del material. Un proceso similar se sigue para la pieza B. Las tarjetas en el anaquel se convierten en la lista de despachos para el centro de maquinado. Las tarjetas no constituyen la única forma de indicar la necesidad de producir una pieza; hay otros métodos visuales, como lo muestra la ilustración 12.6.



ilustración 12.5

Flujo de dos kanbanes

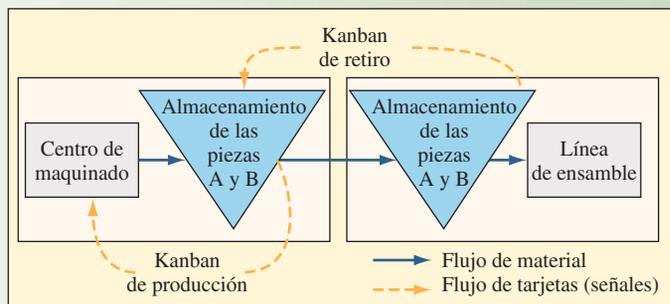
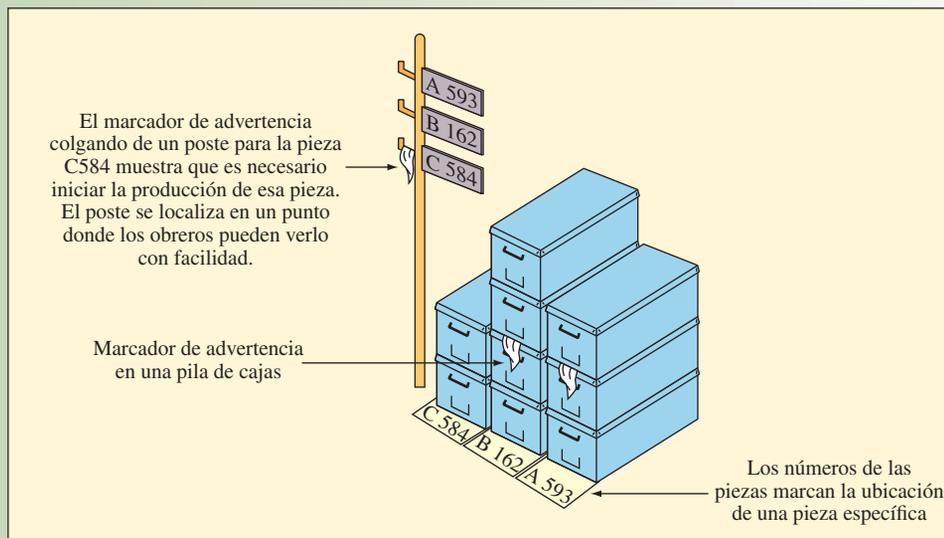


ilustración 12.6

Diagrama de punto de inventario externo con marcador de advertencia



Los siguientes son otros posibles enfoques:

Cuadros kanban. Algunas compañías utilizan espacios marcados en el piso o en una mesa para identificar el lugar donde se debe guardar el material. Cuando el cuadro está vacío, las operaciones de suministro tienen autorización de producir; cuando el cuadro está lleno, no se necesita ninguna pieza.

Sistema de contenedores. En ocasiones, el contenedor mismo se puede utilizar como un dispositivo para señalar. En este caso, un contenedor vacío en el suelo de la fábrica señala en forma visual la necesidad de llenarlo. La cantidad de inventario se ajusta agregando o quitando contenedores.

Pelotas de golf de colores. En una planta de motores Kawasaki, cuando una pieza que se utiliza en un subensamble está más abajo del límite de piezas en cola de espera, el ensamblador envía una pelota de golf de colores por un tubo que llega hasta el centro de maquinado. Esto indica al operador qué pieza se necesita a continuación. Se han puesto en práctica diversas variaciones de este enfoque.

El enfoque kanban se puede usar no sólo en una instalación de manufactura, sino también entre instalaciones de manufactura (al tomar motores y transmisiones en una operación de ensamble automatizado, por ejemplo) y entre fabricantes y proveedores externos.

Cómo determinar el número de kanbanes necesarios Al establecer un sistema de control kanban es necesario determinar la cantidad de tarjetas (o contenedores) kanban requeridos. En un sistema de dos tarjetas, se busca el número de grupos de tarjetas de retiro y producción. Las tarjetas kanban representan la cantidad de contenedores de material que fluye hacia adelante y hacia atrás entre el proveedor y las áreas de usuarios. Cada contenedor representa la producción mínima a suministrar. Por lo tanto, el número de contenedores controla directamente la cantidad de inventario de trabajo en proceso en el sistema.

El cálculo preciso del tiempo de entrega necesario para fabricar un contenedor de piezas es la clave para determinar el número de contenedores. Este tiempo de entrega está en función del tiempo de procesamiento del contenedor, cualquier tiempo de espera durante el proceso de producción y el tiempo requerido para transportar el material al usuario. Son necesarios suficientes kanbanes para cubrir la demanda esperada durante este tiempo además de la cantidad adicional de existencias de seguridad. El número de grupos de tarjetas kanban es

$$k = \frac{\text{Demanda esperada durante el tiempo} + \text{Existencia de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}}$$

$$\text{[12.1]} \quad = \frac{DL + (1 + S)}{C}$$

donde

k = Número de grupos de tarjetas kanban

D = Número promedio de unidades demandadas por periodo (el tiempo de entrega y la demanda se deben expresar en las mismas unidades de tiempo)

L = Tiempo de entrega de un pedido (expresado en las mismas unidades que la demanda)

S = Existencias de seguridad expresadas como un porcentaje de la demanda durante el tiempo de entrega (puede ser con base en un nivel de servicio y la varianza, como se muestra en el capítulo 17).

C = Tamaño del contenedor

Observe que un sistema kanban no produce cero inventario; en vez de ello, controla la cantidad de material que puede estar en proceso en un momento determinado; el número de contenedores de cada artículo. El sistema kanban se puede ajustar con facilidad a la forma en que opera el sistema, porque los grupos de tarjetas se pueden agregar o quitar con facilidad del sistema. Si los trabajadores se dan cuenta de que no pueden reabastecer el artículo a tiempo, es posible agregar un contenedor más del material, con las tarjetas kanban correspondientes. Si se dan cuenta de que se acumulan demasiados contenedores de material, es posible eliminar grupos de tarjetas con facilidad, reduciendo así la cantidad de inventario.

EJEMPLO 12.1: Cómo determinar el número de grupos de tarjetas kanban

Arvin Automotive, compañía que hace silenciadores para los Tres Grandes, utiliza el sistema kanban para tomar el material en todas las celdas de manufactura. Arvin diseñó cada celda para fabricar una familia específica de silenciadores. La fabricación de un silenciador comprende cortar y doblar las piezas de tubo que van soldadas a éste y a un convertidor catalítico. Los silenciadores y convertidores catalíticos se llevan a la celda con base en la demanda actual. Los convertidores catalíticos están hechos en una celda especializada.

Los convertidores catalíticos se producen en lotes de 10 unidades y se mueven en carros manuales especiales hasta las celdas de fabricación. La celda del convertidor catalítico está diseñada de modo que es posible hacer distintos tipos de convertidores prácticamente sin ninguna pérdida. La celda puede responder a un pedido de un lote de convertidores en un tiempo aproximado de cuatro horas. Como la celda para los convertidores catalíticos está junto a la celda de fabricación de silenciadores, el tiempo de transporte es casi de cero.

La celda de fabricación de silenciadores produce un promedio de ocho ensambles por hora. Cada ensamble utiliza el mismo convertidor catalítico. Debido a cierta variabilidad en el proceso, la gerencia decidió tener existencias de seguridad equivalentes al 10% del inventario necesario.

¿Cuántos grupos kanban se necesitan para manejar la reposición de los convertidores catalíticos?

SOLUCIÓN

En este caso, el tiempo para la reposición de los convertidores (L) son cuatro horas. La demanda (D) de convertidores catalíticos es de ocho por hora. El inventario de seguridad (S) es 10% de la demanda esperada y el tamaño del contenedor (C) es de 10 unidades.

$$k = \frac{8 \times 4(1 + 0.1)}{10} = \frac{35.2}{10} = 3.52$$

En este caso, se necesitan cuatro grupos de tarjetas kanban, y se tendrían cuatro contenedores de convertidores en el sistema. En todos los casos, al calcular k , se redondea el número hacia arriba porque siempre se necesita trabajar con contenedores llenos de piezas. ●

Tiempos de preparación minimizados Como la norma es manejar lotes pequeños, es necesario preparar las máquinas con rapidez para producir los modelos mezclados en la línea. En un ejemplo muy conocido de finales de la década de 1970, los equipos de operadores de prensas de Toyota que producían capotas y defensas para autos pudieron cambiar una prensa de 800 toneladas en 10 minutos, comparado con un promedio de seis horas para los obreros estadounidenses y cuatro horas para los alemanes (sin embargo, en la actualidad, esa velocidad es común en casi todas las plantas automotrices de Estados Unidos). Para lograr una reducción así del tiempo de preparación, el proceso se divide en actividades externas e internas. La preparación interna se debe realizar mientras la máquina está detenida. La preparación externa se puede llevar a cabo mientras la máquina está operando. Con el fin de acelerar la preparación, también se utilizan otros dispositivos que ayudan a ahorrar tiempo como tener por duplicado herramientas para sostener aparatos.

RESPECTO POR LA GENTE

El respeto por la gente es fundamental en el Sistema de Producción de Toyota. Por tradición, la compañía ha buscado asegurar un empleo de por vida para los puestos permanentes, así como mantener nóminas niveladas aun cuando las condiciones del negocio estén deterioradas. Los trabajadores permanentes (casi una tercera parte de la fuerza laboral total de Japón) tienen una seguridad laboral y suelen ser más flexibles, permanecer en una compañía y hacer todo lo posible para ayudar a una empresa a lograr sus metas (la reciente recesión en Japón provocó que muchas empresas de ese país abandonaran este ideal).

Los sindicatos en Toyota y en todas las empresas de Japón existen para fomentar una relación de cooperación con la gerencia. Todos los empleados reciben dos bonos al año en tiempos de bonanza. Los empleados saben que, si la compañía tiene un buen desempeño, recibirán un bono. Esto motiva a los trabajadores a mejorar la productividad. Los gerentes ven a sus empleados como activos y no como máquinas humanas. La automatización y la robótica se utilizan en forma generalizada para realizar los trabajos aburridos o rutinarios, de modo que los empleados tienen la libertad de enfocarse en las tareas más importantes.

Toyota depende en gran medida de las redes de subcontratistas. De hecho, más de 90% de todas las compañías japonesas forman parte de la red de distribuidores de las pequeñas empresas. Algunos proveedores son especialistas en un campo limitado y casi siempre sirven a varios clientes. Las empresas tienen convenios a largo plazo con sus proveedores y clientes. Los proveedores se consideran a sí mismos parte de la familia de sus clientes.

Un estudio realizado por Christer Karlsson de la Facultad de Economía de Estocolmo señala que las ideas esbeltas encontradas aquí no se usan de manera universal en todas las empresas de manufactura en Japón. En vez de ello, se aplican de acuerdo con la situación y donde es apropiado. Sin embargo, las ideas fundamentales de la eliminación del desperdicio y el respeto por los trabajadores siguen siendo las bases de la productividad excepcional de la mayor parte de las compañías manufactureras japonesas.⁴



Global

REQUISITOS DE IMPLANTACIÓN ESBELTA

Esta sección está estructurada alrededor del modelo mostrado en la ilustración 12.7 y analiza las formas de lograr una producción esbelta. Estas sugerencias están dirigidas a los sistemas de producción repetitivos, aquellos que fabrican los mismos productos una y otra vez. Asimismo, tenga en cuenta que estos elementos están relacionados: cualquier cambio en una parte del sistema de producción tendrá un impacto sobre otras características del sistema.

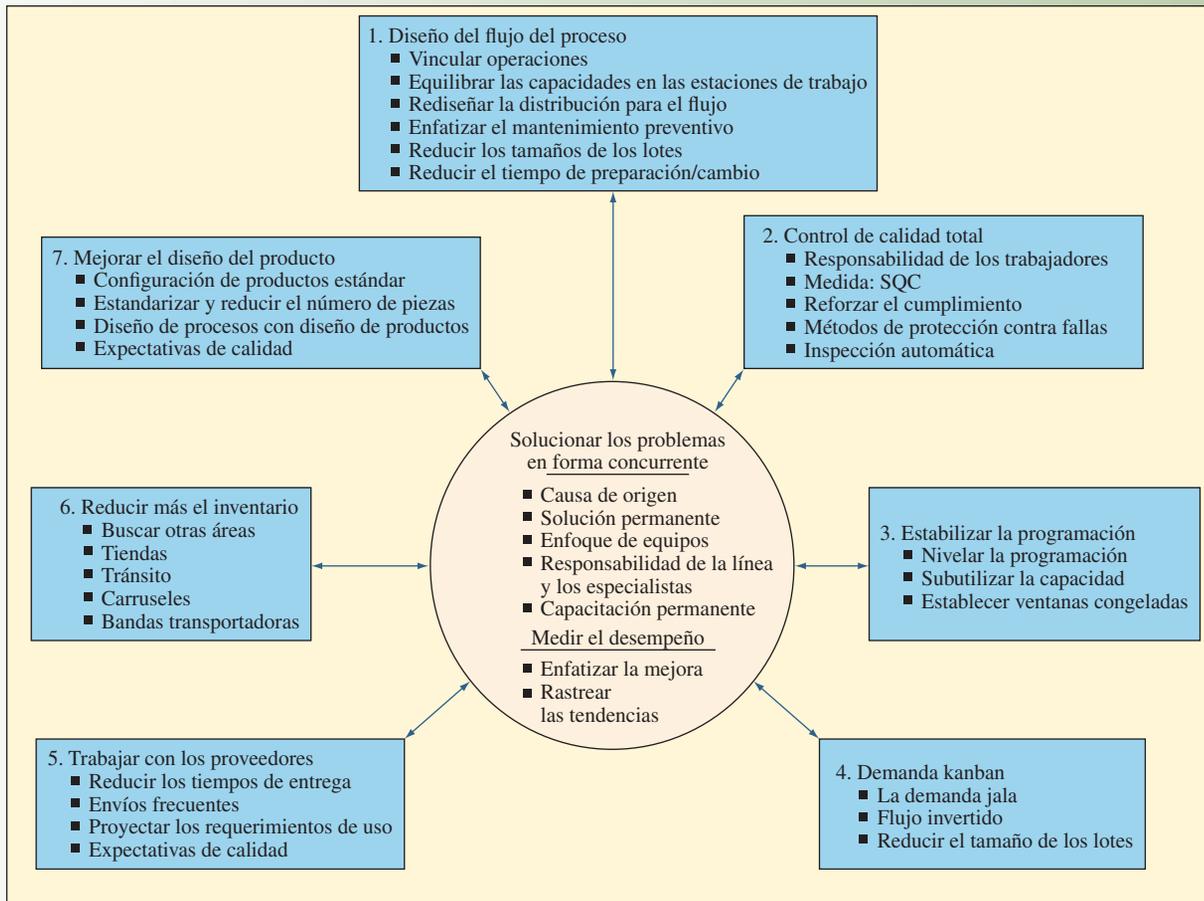
DISPOSICIÓN FÍSICA Y DISEÑO DE FLUJOS ESBELTOS

La producción esbelta requiere que la disposición de la planta esté diseñada para garantizar un flujo de trabajo equilibrado con un inventario mínimo de trabajo en proceso. Cada estación de trabajo forma parte de una línea de producción, ya sea que exista una línea física o no. La capacidad se equilibra utilizando la misma lógica para una línea de ensamble y las operaciones están relacionadas a través de un sistema kanban. Además, el diseñador del sistema debe visualizar de qué manera se relacionan todos los aspectos del sistema de logística externa e interna con la distribución.

Se enfatiza el **mantenimiento preventivo** para garantizar que no se interrumpan los flujos debido al tiempo de inactividad o al mal funcionamiento del equipo. El mantenimiento preventivo comprende la inspección periódica y el diseño de reparaciones para que una máquina sea confiable. Los operadores llevan a cabo gran parte del mantenimiento porque están más familiarizados con sus máquinas y éstas son más fáciles de reparar, ya que las operaciones esbeltas favorecen el uso de varias máquinas sencillas en lugar de una compleja.

Cómo lograr la producción esbelta

ilustración 12.7



Este diagrama es un modelo basado en el que se utiliza en la planta Boise de Hewlett-Packard para cumplir con su programa de producción esbelta.

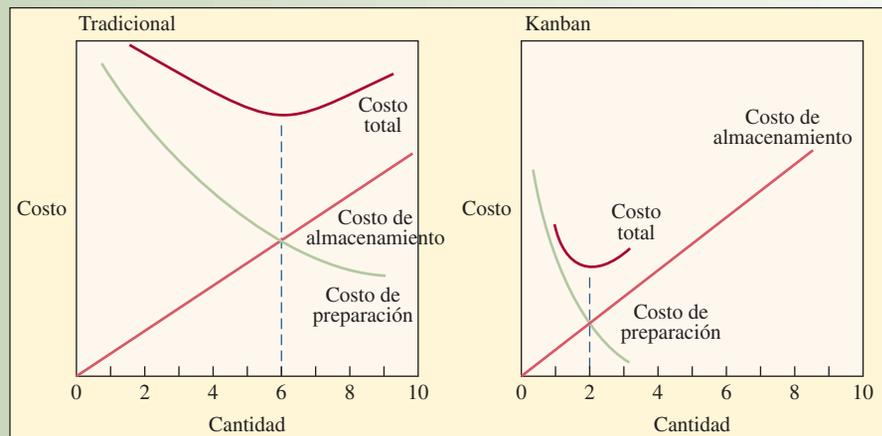
Las reducciones en los tiempos de preparación y cambios que se analizaron antes son necesarias para lograr un flujo uniforme. La ilustración 12.8 muestra la relación entre el tamaño del lote y los costos de preparación. En un enfoque tradicional, el costo de preparación se maneja como una constante y la cantidad óptima de pedidos es seis. En el enfoque kanban, el costo de preparación se reduce en gran medida y la cantidad óptima de pedidos baja. En la ilustración, la cantidad de pedidos se redujo de seis a dos con los métodos esbeltos utilizando procedimientos para ahorrar tiempo de preparación. Con el tiempo, esta organización va a buscar un tamaño de lote de uno.

APLICACIONES ESBELTAS PARA FLUJOS LINEALES

La ilustración 12.9 muestra un sistema simple para desplazar material a lo largo de una línea de flujo. En un ambiente esbelto puro, ningún empleado realiza trabajo alguno hasta que el mercado toma el producto del final de la línea. El producto puede ser un producto final o un componente utilizado en la producción posterior. Al tomar el producto, se toma la unidad de reposición de las operaciones hacia arriba. En la ilustración, un artículo es tomado de los productos terminados en F, del inventario de productos terminados. Luego, el encargado del inventario va a la estación de procesamiento E y toma el producto de reposición para llenar el vacío. Este patrón continúa línea arriba hasta el trabajador A, quien toma el material del inventario de materia prima. Las reglas de distribución del flujo exigen que los empleados mantengan las unidades terminadas en su estación de trabajo y, si alguien se lleva el trabajo terminado, el empleado debe moverse hacia arriba en el flujo para terminar el trabajo adicional.

ilustración 12.8

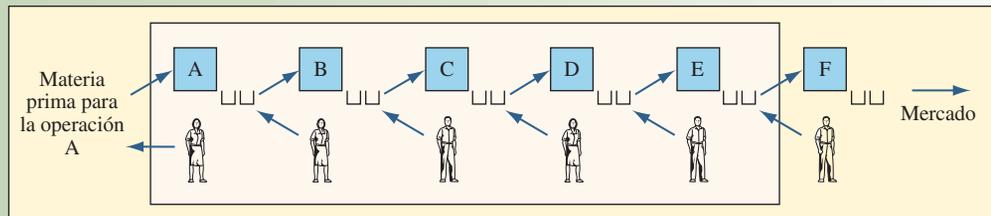
Relación entre el tamaño del lote y el costo de preparación



Definiciones: el *costo de almacenamiento* incluye los costos de guardar el inventario y el costo del dinero relacionado con el inventario. El *costo de preparación* incluye los costos salariales atribuibles a los trabajadores que se encargan de la preparación, así como los diversos costos administrativos y de suministro. (Éstos se definen en el capítulo 17, "Control de inventarios".)

ilustración 12.9

La esbeltez en la distribución de un flujo en la línea

**APLICACIONES ESBELTAS PARA TALLERES DE TRABAJO**

Aunque los centros de trabajo se caracterizan por un volumen bajo y una variedad alta, la producción esbelta se puede usar si es posible estabilizar la demanda para permitir una manufactura repetitiva. Por lo general, es más fácil estabilizar la demanda cuando ésta proviene de una etapa de producción inferior que del cliente final. (La lógica es que los clientes internos puedan ajustar sus requerimientos de producción con más facilidad que un distribuidor o un comprador individual.)

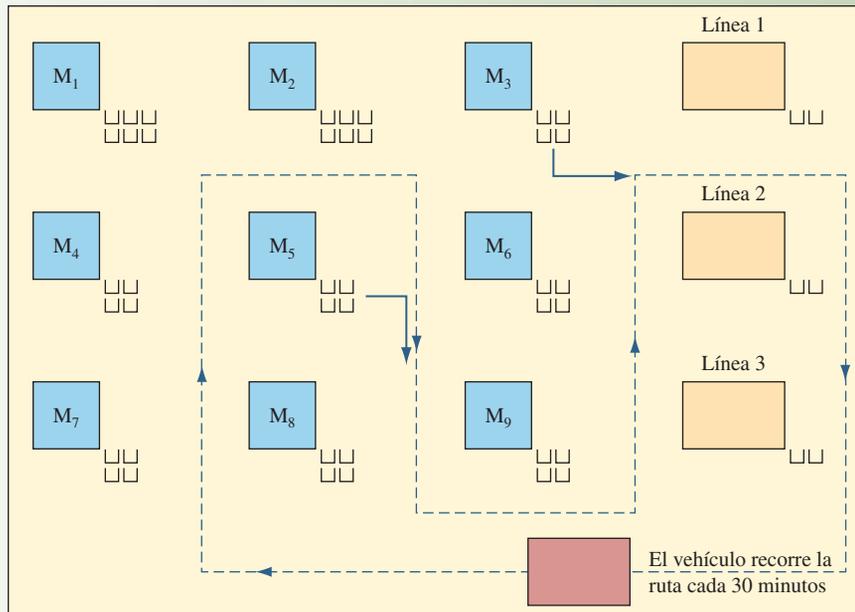
Los centros de maquinado en las fábricas, los talleres de pintura y la elaboración de camisas son ejemplos de operaciones en el centro de trabajo que procesan las piezas y los componentes antes de llegar a las etapas de producción finales. Como ejemplo de lo anterior, considere el sistema de producción en la ilustración 12.10. Si un centro de trabajo produce nueve piezas diferentes utilizadas en diversos productos que se fabrican justo a tiempo, el centro de trabajo mantiene contenedores de las nueve piezas en el centro para que las tomen los usuarios. Los operadores podrían realizar rondas periódicas en toda la planta (cada hora o con mayor frecuencia) para recoger los contenedores vacíos y dejarlos en el centro de trabajo correspondiente. En la ilustración 12.10, vehículos guiados automáticamente recogen y entregan las piezas número M_5 y M_8 en las líneas 2 y 3 para el procesamiento. Estos procedimientos de manejo pueden ser manuales o automatizados, pero de cualquier manera estas tareas periódicas permiten que el sistema opere justo a tiempo.

CALIDAD SIX-SIGMA

La calidad Six-Sigma y Six-Sigma esbelta surgió en la teoría y en la práctica. La calidad Six-Sigma es la práctica de crear calidad en el proceso, en lugar de depender de la inspección. Asimismo, se refiere a la teoría de que los empleados asumen la responsabilidad por la calidad de su propio trabajo.

Ilustración 12.10

La distribución de un taller de trabajo esbelto que muestra la ruta de los vehículos que manejan los materiales y que conecta los centros de trabajo y las operaciones de la línea



Cuando los empleados son responsables de la calidad, la producción esbelta funciona mejor porque por el sistema sólo pasan productos de buena calidad. Cuando todos los productos son buenos, no es necesario un inventario adicional “por si acaso”. Por lo tanto, las organizaciones pueden lograr una alta calidad y una alta productividad. Mediante el uso de métodos de control estadístico de la calidad y la capacitación de los trabajadores para mantener la calidad, es posible reducir las inspecciones a las primeras y las últimas unidades producidas. Si son perfectas, se puede suponer que las otras unidades entre estos puntos también lo son.

Un fundamento de la calidad es el diseño mejorado de productos. Las configuraciones de productos estándar, una menor cantidad de piezas y las piezas estandarizadas son elementos importantes en la producción esbelta. Estas modificaciones del diseño reducen la variabilidad en el artículo final o en los materiales que van en el producto. Además de mejorar la facilidad de fabricar un producto, las actividades de diseño de productos pueden facilitar el procesamiento de los cambios de ingeniería (la calidad Six-Sigma se describe en el capítulo 9.)

PROGRAMACIÓN NIVELADA

Como se dijo antes, la producción esbelta requiere de una programación estable durante un tiempo prolongado. Esto se logra mediante una programación nivelada, las ventanas congeladas y la subutilización de la capacidad. Una **programación nivelada** es aquella en la que el material requerido para ser dispuesto como ensamble final se base en un patrón suficientemente uniforme para permitir que los distintos elementos de la producción respondan a las señales. Esto no significa por necesidad que el uso de cada una de las piezas en una línea de ensamble se identifique hora tras hora todos los días; pero sí que un sistema de producción determinado equipado con distribuciones flexibles y una cantidad fija de material puede responder.⁵

El término **ventana congelada** se refiere al periodo en el que la programación está fija y no es posible ningún cambio. Un beneficio adicional de la programación estable es la forma en que las piezas y los componentes se toman en cuenta en el sistema. Aquí, se emplea el concepto del **flujo invertido**, donde las piezas que forman parte de cada unidad del producto se retiran periódicamente del inventario y se toman en cuenta en el número de unidades producidas. Esto elimina gran parte de la actividad de recopilación de datos en el taller, misma que se requiere cuando es necesario rastrear cada pieza y tomarla en cuenta durante la producción.

La subutilización y la sobreutilización de la capacidad son características controvertidas de la producción esbelta. Los enfoques convencionales usan existencias de seguridad y entregas anticipadas como

Programación nivelada

Ventana congelada

Flujo invertido

una protección contra los problemas de producción como mala calidad, fallas de las máquinas y cuellos de botella inesperados en la manufactura tradicional. Bajo la producción esbelta, el exceso de mano de obra, las máquinas y el tiempo extra proporcionan esta protección. La capacidad excesiva de mano de obra y equipo resultante es mucho más económica que manejar un inventario en exceso. Cuando la demanda es mayor a la esperada, es necesario recurrir al tiempo extra. A menudo, la mano de obra de medio tiempo se utiliza cuando se necesita una capacidad adicional. Durante los periodos de inactividad, el personal se puede poner a trabajar en proyectos especiales, actividades de grupos de trabajo y limpieza de la estación de trabajo.



Servicio

TRABAJO CON LOS PROVEEDORES

Así como los clientes y los empleados son componentes clave de los sistemas esbeltos, los proveedores también son importantes para el proceso. Si una empresa comparte sus requerimientos futuros de uso con sus proveedores, éstos tienen un panorama a largo plazo de las demandas en sus sistemas de producción y distribución. Algunos proveedores están vinculados en línea con un cliente para compartir el programa de producción y la información sobre las necesidades de insumos. Esto les permite poner en práctica sistemas de producción nivelados. La confianza en el compromiso de entrega del proveedor permite reducciones en los inventarios de seguridad. Mantener las existencias en un nivel esbelto requiere de entregas frecuentes durante el día. Algunos proveedores incluso entregan en la línea de producción y no en un puerto de recepción. Cuando los proveedores adoptan prácticas de calidad, es posible eliminar las inspecciones de recepción de sus productos.



Cadena de suministro

Creación de una cadena de suministro esbelta Como se estudió en el capítulo 10, una cadena de suministro es la suma total de las organizaciones involucradas, desde las empresas de materia prima, pasando por los grupos de proveedores, hasta los fabricantes de equipo original, la distribución y la entrega del producto terminado al cliente. Womack y Jones, en su influyente obra *Lean Thinking*, proporcionan los siguientes lineamientos para implementar una cadena de suministro esbelta:⁶

- Es preciso definir el valor de manera conjunta para cada familia de productos con un costo meta basado en la percepción del valor por parte del cliente.
- Todas las empresas a lo largo de la cadena del valor deben obtener una recuperación adecuada de sus inversiones relacionadas con la cadena del valor.
- Las compañías deben trabajar juntas para identificar y eliminar la *muda* (desperdicio) hasta el punto en el que se logre el costo meta y la recuperación de las inversiones de cada empresa.
- Al alcanzar los costos meta, las empresas en la cadena realizarán de inmediato análisis nuevos para identificar la *muda* restante y establecer nuevos objetivos.

SOFTWARE ESBELTO

PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO BASADA EN LOS ÍNDICES

La administración de la cadena de suministro esbelta consiste en planear, ejecutar y diseñar entre todos los socios de la cadena de suministro para entregar los productos en el momen-

to oportuno, el lugar adecuado y la cantidad correcta. Hace poco, algunos distribuidores de software como i2 Technologies (www.i2.com) crearon la frase “planeación basada en índices” para describir su enfoque hacia la programación esbelta. La siguiente es una breve comparación de la planeación y la ejecución convencionales contra las basadas en los índices:

PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN BASADAS EN LOS ÍNDICES

1. La capacidad se ajusta a la variación en la demanda. Los cambios en la demanda se reflejan en los cambios en el índice de flujo en todo el sistema.
2. Se utilizan proyecciones para la planeación. El índice de flujo se basa en la demanda proyectada.
3. Se establecen índices para los artículos terminados y los componentes. Los artículos y los componentes se arman con base en estos índices.
4. Los índices se transmiten por toda la cadena de suministro, de modo que los proveedores están conscientes de los niveles de manufactura actuales.

PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN CONVENCIONALES

1. El inventario se ajusta a la variación en la demanda. Se utiliza un inventario de seguridad como protección contra la variación en la demanda.
2. Se utilizan proyecciones y se generan planes para producir anticipándose a la demanda.
3. No se establecen índices para los artículos ni piezas finales. Las piezas se fabrican con base en los pedidos discretos generados por el sistema.
4. Los pedidos discretos se usan para comunicar los requerimientos en toda la cadena de valor.

- Cada empresa participante tiene el derecho de examinar todas las actividades en todas las compañías relevantes para la cadena de valor como parte de la búsqueda conjunta de desperdicio.

En pocas palabras: ¡para ser esbeltos todos deben estar en la misma página!

SERVICIOS ESBELTOS

Las empresas de servicios han aplicado con éxito muchas técnicas esbeltas. Al igual que en la manufactura, la adecuación de cada técnica y los pasos de trabajo correspondientes dependen de las características de los mercados de la compañía, su producción y tecnología de equipo, sus habilidades y la cultura corporativa. Las empresas de servicios no son diferentes en este aspecto. Éstas son 10 de las aplicaciones más exitosas.

Grupos organizados para la solución de problemas Honeywell amplió sus círculos de calidad de la manufactura a las operaciones de servicios. Otras corporaciones tan diversas como First Bank/Dallas, Standard Meat Company y Miller Brewing Company utilizan enfoques similares para mejorar el servicio. British Airways usó círculos de calidad como parte fundamental de su estrategia para implementar nuevas prácticas de servicios.

Mejorar la limpieza Una buena limpieza no sólo significa pasar la escoba, sino también que en el área de trabajo se mantengan sólo los artículos necesarios, que haya un lugar para cada cosa y que todo esté limpio y en un estado constante de preparación. Los empleados limpian su propia área.

Organizaciones de servicios como McDonald's, Disneylandia y Speedi-Lube reconocen la naturaleza crítica de la limpieza. Su dedicación a ésta significa que los procesos de servicio funcionan mejor, es más fácil desarrollar una actitud de mejora continua y los clientes perciben que reciben un mejor servicio.

Mejorar la calidad La única forma efectiva en costos de mejorar la calidad es poner en práctica capacidades de procesos confiables. La calidad de procesos es la esencia misma de la calidad; garantiza la producción de productos y servicios consistentes y uniformes desde la primera vez.

McDonald's es famosa por crear calidad en su proceso de prestación de servicios. Literalmente, "industrializó" el sistema de prestación de servicios de modo que los trabajadores de medio tiempo ofrezcan la misma experiencia al comer en cualquier parte del mundo. La calidad no significa producir lo mejor; sino producir de manera consistente productos y servicios que den a los clientes más valor por su dinero.

Clarificar los flujos de procesos La clarificación de los flujos, con base en los temas justo a tiempo, puede mejorar en gran medida el desempeño del proceso. Éstos son algunos ejemplos.

Primero, Federal Express Corporation cambió los patrones de vuelo del lugar de origen al destino por el del lugar de origen al centro de distribución, donde la carga se transfiere a un avión que se dirige a un destino determinado. Esto revolucionó la industria de la transportación aérea. Segundo, el departamento de entrada de pedidos de una empresa de manufactura convirtió los departamentos funcionales en grupos de trabajo centrados en el cliente y redujo el tiempo de procesamiento de pedidos de ocho a dos días. Tercero, el gobierno de un condado empleó el enfoque justo a tiempo para reducir 50% el tiempo de transferencia de un pago. Por último, Supermaids envía un equipo de limpiadores de casas, cada uno con una responsabilidad específica, para limpiar cada casa con rapidez empleando procesos paralelos. Los cambios en los flujos de procesos literalmente revolucionan las industrias de servicios.

Revisar las tecnologías de equipo y procesos La revisión de las tecnologías comprende la evaluación del equipo y los procesos en cuanto a su capacidad para cumplir con los requerimientos de los procesos, para procesar de manera consistente dentro de una tolerancia y para adecuarse a la escala y la capacidad del grupo de trabajo.

Speedi-Lube convirtió el concepto de la estación de servicio estándar en un centro especializado de lubricación e inspección cambiando las bahías de servicio y eliminando los elevadores y construyendo fosas debajo de los autos desde donde los empleados tienen acceso total a las áreas de lubricación del vehículo.

Un hospital redujo el tiempo de preparación de la sala de operaciones con el fin de tener flexibilidad para realizar más operaciones sin disminuir la disponibilidad de esta sala.



Servicio

Nivelar la carga en las instalaciones Las empresas de servicios sincronizan la producción con la demanda. Han creado estrategias únicas para nivelar la demanda con el fin de evitar que los clientes tengan que esperar el servicio. McDonald's ofrece un menú especial para desayunar. Las tiendas detallistas utilizan sistemas de turnos. La oficina de correos cobra más por las entregas al día siguiente. Éstos son ejemplos del enfoque de servicios para crear cargas uniformes en las instalaciones.

Eliminar las actividades innecesarias Un paso que no agrega valor es un candidato para la eliminación. Un paso que no agrega valor puede ser un candidato para la reingeniería con el fin de mejorar la consistencia del proceso o reducir el tiempo invertido en realizar las tareas.

Un hospital descubrió que se invertía mucho tiempo durante una cirugía al esperar un instrumento que no estaba disponible al iniciar la operación. De modo que puso en práctica una lista de verificación con los instrumentos necesarios para cada categoría de operaciones. Speedi-Lube eliminó algunos pasos, pero también agregó otros que no mejoran el proceso de lubricación, pero que hacen que los clientes se sientan más seguros con el trabajo realizado.

Reorganizar la configuración física Con frecuencia, las configuraciones del área de trabajo requieren de una reorganización durante una implementación esbelta. A menudo, los fabricantes logran esto estableciendo celdas de manufactura para producir artículos en lotes pequeños, en sincronía con la demanda. Estas celdas constituyen microfábricas dentro de la planta.

La mayor parte de las empresas de servicios están muy por debajo de los fabricantes en esta área. Sin embargo, hay algunos ejemplos interesantes provenientes del sector de servicios. Algunos hospitales, en lugar de mover a los pacientes por todo un edificio para realizarles pruebas, análisis, rayos X y aplicarles inyecciones, reorganizan sus servicios en grupos de trabajo con base en el tipo de problema. Los equipos que sólo tratan traumatismos son muy comunes, pero se han formado otros grupos de trabajo para tratar condiciones que requieren de una atención menos inmediata, como las hernias. Esto da lugar a miniclínicas dentro de las instalaciones de un hospital.

Introducir la programación basada en la demanda Debido a la naturaleza de la producción y el consumo de servicios, una programación basada en la demanda (dirigida al cliente) es necesaria para operar un negocio de servicios. Además, muchas empresas de servicios separan sus operaciones en instalaciones "al fondo" y "de contacto con el cliente". Este enfoque da lugar a nuevos problemas en la coordinación de la programación entre las instalaciones. Los restaurantes Wendy's originales estaban contruidos de modo que los cocineros podían ver los autos cuando entraban al estacionamiento. De manera que colocaban un número previamente establecido de carnes para hamburguesa en la parrilla para cada auto. Este sistema se diseñó con el fin de tener una carne para hamburguesa fresca en la parrilla incluso antes de que el cliente hiciera su pedido.

Creación de redes de proveedores El término *redes de proveedores* en el contexto esbelto se refiere a la asociación cooperativa de proveedores y clientes trabajando a largo plazo para beneficio mutuo. Las empresas de servicios no han enfatizado las redes de proveedores de materiales porque los costos de los servicios a menudo se basan sobre todo en la mano de obra. Algunas excepciones notables incluyen organizaciones de servicios como McDonald's, uno de los compradores de productos alimenticios más grandes del mundo, que ha implantado prácticas esbeltas. Las agencias de empleos han establecido relaciones esbeltas con un servicio de empleos temporales y una escuela comercial para generar una fuente confiable de obreros capacitados.

CONCLUSIÓN

La producción esbelta ha probado su valor en miles de compañías de todo el mundo. La idea detrás de la *producción esbelta* es lograr un volumen alto con un inventario mínimo. Toyota es la pionera en las ideas relacionadas con la producción *esbelta* con el Sistema de Producción de Toyota. Existen siete elementos en el concepto: redes de fábricas enfocadas, tecnología de grupos, calidad en la fuente, producción justo a tiempo, carga uniformes en la planta, control de producción kanban y tiempos de preparación minimizados. Los conceptos esbeltos se aplican mejor en ambientes en los que los mismos productos se producen una y otra vez a un volumen relativamente alto.

VOCABULARIO BÁSICO

Producción esbelta Actividades integradas, diseñadas para lograr un volumen alto, una producción de alta calidad con el uso de inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados.

Esquema de la cadena de valor Forma gráfica de analizar dónde hay valor o dónde no se agrega valor mientras el material fluye a través de un proceso.

Tecnología de grupos Filosofía en la que las piezas similares se agrupan en familias y los procesos requeridos para hacer las piezas se organizan en una celda de trabajo especializada.

Calidad en la fuente Filosofía en la que los trabajadores de una fábrica son responsables de la calidad de su producción. Se espera que los empleados hagan la pieza de manera correcta desde la primera vez y detengan el proceso de inmediato cuando haya un problema.

Carga uniforme en la planta (heijunka) Uniformar el flujo de producción para reducir la variación en la programación.

Kanban y sistema de demanda kanban Sistema de control de inventario o producción que utiliza un dispositivo señalador para regular los flujos.

Mantenimiento preventivo Inspección y reparación periódica diseñadas para mantener un equipo confiable.

Programación nivelada Programación que envía el material al ensamble final a un ritmo constante.

Ventana congelada Periodo durante el cual la programación es fija y no es posible ningún cambio.

Flujo invertido Cálculo de la cantidad de cada pieza que se utiliza en la producción y uso de estos cálculos para ajustar el inventario disponible en el momento. Esto elimina la necesidad de rastrear cada pieza usada en la producción.

REPASO DE LAS FÓRMULAS

Para determinar la cantidad de kanbanes

[12.1]

$$k = \frac{DL(1+S)}{C}$$

PROBLEMA RESUELTO

Un hospital local quiere instalar un sistema kanban para manejar el suministro de sangre con el banco de sangre regional. Este último entrega la sangre al hospital todos los días, siempre y cuando el pedido se haga con un día de anticipación (un pedido hecho hoy a las 6 p.m. se va a entregar mañana por la tarde). Internamente, el grupo de compras del hospital hace los pedidos de sangre todos los días a las 5 p.m. La sangre se mide en pintas y se envía en contenedores de seis pintas. Para un tipo de sangre en particular, el hospital utiliza un promedio de 12 pintas al día. Debido a la naturaleza crítica de una escasez de sangre, el hospital quiere manejar un inventario de seguridad con el suministro esperado para dos días. ¿Cuántos grupos de tarjetas kanban debe preparar el hospital?

Solución

Este problema ilustra cómo debe ser la aplicación real. Con los datos proporcionados, las variables para este problema son las siguientes:

$D = 12$ pintas al día (demanda promedio)

$L = 1$ día (tiempo de entrega)

$S = 200\%$ (inventario de seguridad, como una fracción de 2.0)

$C = 6$ pintas (tamaño del contenedor)

$$k = \frac{DL(1+S)}{C} = \frac{12(1+2)}{6} = 6$$

Esto indica que es necesario preparar seis grupos de tarjetas kanban. Cada vez que se abra un nuevo contenedor de sangre (con seis pintas), la tarjeta se va a enviar a compras y se van a pedir otras seis pintas de sangre. Al recibir la sangre, la tarjeta se va a pegar en el nuevo contenedor y éste se llevará al área de almacenamiento.

PREGUNTAS DE REPASO Y DISCUSIÓN

1. ¿Es posible lograr inventarios de cero? ¿Por qué sí o por qué no?
2. Eliminar el desperdicio es una parte vital de la producción esbelta. Utilizando el esquema de la cadena de valor, identifique algunas de las fuentes de desperdicio en su casa o dormitorio y analice cómo podría eliminarlas.

3. ¿Por qué la producción esbelta debe tener una programación estable?
4. ¿La producción esbelta funciona en los ambientes de servicio? ¿Por qué sí o por qué no?
5. Analice las formas de utilizar la producción esbelta para mejorar uno de los negocios siguientes: un restaurante de pizzas, un hospital o una distribuidora de automóviles.
6. ¿Qué objeciones podría tener un gerente de mercadotecnia en uniformar la carga de la planta?
7. ¿Cuáles son las implicaciones de la producción esbelta en la contabilidad de costos?
8. ¿Cuál es el papel de los proveedores y clientes en un sistema esbelta?
9. Explique cómo se utilizan las tarjetas en un sistema kanban.
10. ¿En qué aspectos, en caso de que los haya, los sistemas siguientes son análogos al sistema kanban: devolver las botellas vacías al supermercado y recoger otras llenas; manejar un puesto de hot-dogs a la hora del almuerzo; retirar dinero de una cuenta de cheques; recoger las hojas de los árboles en bolsas?
11. ¿Por qué la producción esbelta es difícil de implementarse en la práctica?
12. Explique la relación entre la calidad y la productividad según la filosofía esbelta.

PROBLEMAS

1. Un proveedor de cajas para medidores utiliza un sistema kanban para controlar el flujo de material. Las cajas para medidores se transportan de cinco en cinco. Un centro de fabricación produce aproximadamente 10 medidores por hora y tarda alrededor de dos horas en cambiar la caja. Debido a las variaciones en los tiempos de procesamiento, la gerencia decidió mantener 20% del inventario necesario como inventario de seguridad. ¿Cuántos grupos de tarjetas kanban necesita?
2. Las transmisiones se entregan en la línea de fabricación en grupos de cuatro y tardan una hora en llegar. Cada hora, se producen alrededor de cuatro vehículos y la gerencia decidió que 50% de la demanda esperada se mantenga como inventario de seguridad. ¿Cuántos grupos de tarjetas kanban necesita?
3. Una embotelladora llena 2 400 botellas cada dos horas. El tiempo de entrega es de 40 minutos y en un contenedor caben 120 botellas. El inventario de seguridad es 10% de la demanda esperada. ¿Cuántas tarjetas kanban se necesitan?
4. Consulte el ejemplo 12.1 como base para este problema. Arvin Meritor contrata a un equipo de asesores, quienes le sugieren una automatización robótica parcial, así como un incremento en el inventario de seguridad a 0.125. Arvin Automotive implementa estas sugerencias, y el resultado es un aumento de la eficiencia tanto en la fabricación de silenciadores como en la producción de convertidores catalíticos. Ahora, la celda de fabricación de silenciadores produce un promedio de 16 ensambles por hora y el tiempo de entrega bajó a dos horas por lote de 10 convertidores catalíticos. ¿Cuántas tarjetas kanban se necesitan actualmente?
5. Arvin Meritor está tan satisfecho con el resultado de las sugerencias anteriores que invita a los asesores una vez más. Ahora, ellos sugieren una automatización robótica más completa en la fabricación de silenciadores, así como una reducción en el tamaño de los contenedores a ocho por cada uno. Arvin Meritor implementa estas sugerencias y el resultado es que ahora la celda de fabricación de ensambles es de un promedio de 32 ensambles por hora y la celda de convertidores catalíticos responde a un pedido por lote en una hora. El inventario de seguridad sigue siendo de 0.125. ¿Cuántas tarjetas kanban se necesitan?
6. Un fabricante de pulseras de piel de alto nivel utiliza un sistema kanban para controlar el flujo del material. Las pulseras se transportan en grupos de 12. Una operación de corte produce, en promedio, aproximadamente 200 pulseras por hora. La reposición de los juegos de anillos tarda una hora. Debido a las variaciones en los tiempos de procesamiento con base en el tamaño y la longitud de las pulseras, se decidió mantener 25% del inventario necesario como inventario de seguridad. ¿Cuántos grupos de tarjetas kanban se necesitan?
7. Suponga que un interruptor se ensambla en lotes de 4 unidades de un área de ensamble hacia arriba y se entregan en un contenedor especial en una operación de ensamble de panel de control hacia abajo. El área de ensamblado de panel de control requiere de 5 interruptores por hora. El área de ensamble de los interruptores puede producir un contenedor en dos horas y el inventario de seguridad es de 10% del inventario necesario.

CASO: QUALITY PARTS COMPANY

Quality Parts Company suministra accesorios a un fabricante de computadoras localizado a unas millas de distancia. La compañía produce dos modelos de accesorios diferentes en corridas que van de 100 a 300 unidades.

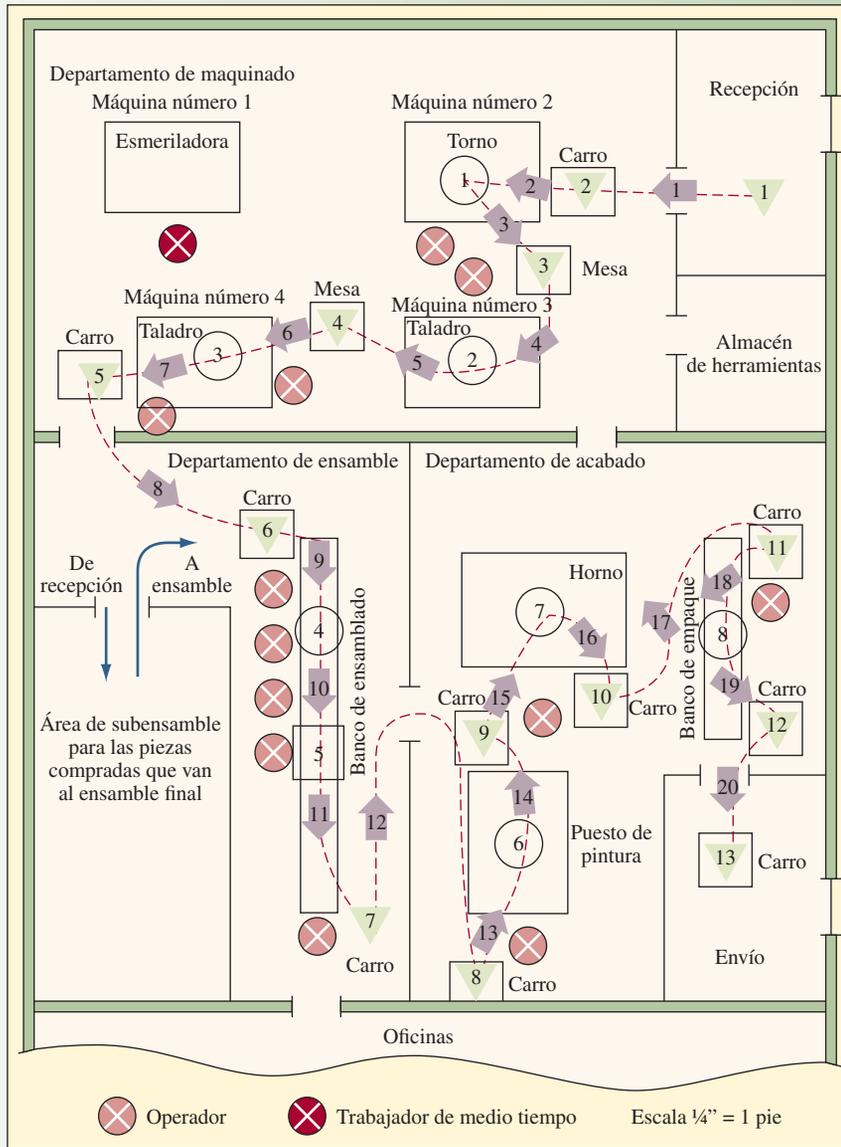
El flujo de producción de los modelos X y Y se muestra en la ilustración 12.11. El modelo Z requiere del fresado como primer

paso, pero por lo demás sigue el mismo patrón de flujo que X y Y. Los carros pueden transportar hasta 20 accesorios a la vez. La ilustración 12.12 muestra los tiempos aproximados por unidad por número de operación y los tiempos de preparación del equipo.

La demanda de accesorios por parte de la compañía de computadoras varía entre 125 y 175 al mes, divididos equitativamente en-

ilustración 12.11

Flujo de producción de accesorios



Operaciones y tiempo de preparación

ilustración 12.12

NÚMERO Y NOMBRE DE LA OPERACIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN (MINUTOS)	TIEMPO DE PREPARACIÓN (MINUTOS)
Esmerilado del Modelo Z	20	60
1 Torno	50	30
2 Taladro modelo 14	15	5
3 Taladro modelo 14	40	5
4 Ensamblado paso 1	50	
Ensamblado paso 2	45	
Ensamblado paso 3	50	
5 Inspección	30	
6 Pintura	30	20
7 Horno	50	
8 Empaque	5	

tre X, Y y Z. El subensamble recolecta el inventario a principios de mes para tener la certeza de que siempre cuenta con un inventario de seguridad. La materia prima y las piezas compradas para los subensambles constituyen 40% del costo de manufactura de un accesorio. Ambas categorías de piezas provienen de alrededor de 80 proveedores y se entregan en tiempos aleatorios. (Los accesorios tienen 40 piezas diferentes.)

Los índices de desperdicio son de aproximadamente 10% en cada operación, el inventario rota dos veces al año, a los empleados se les paga por día, la rotación de personal es de 25% anual y las utilidades netas de las operaciones son continuas de 5% cada año. El mantenimiento se lleva a cabo conforme se necesita.

La gerente de Quality Parts Company contempla la posibilidad de instalar un sistema de pedidos automático para ayudar a controlar los inventarios y “mantener los carros llenos”. (Considera que dos días de trabajo frente a una estación de trabajo motivan al obrero a producir a máxima velocidad.) Además, la gerente planea agregar tres inspectores para eliminar el problema de la calidad y piensa en la instalación de una línea para acelerar las reparaciones. Aunque

está satisfecha con el uso de la mayor parte del equipo y la mano de obra, le preocupa el tiempo en que la fresadora permanece inactiva. Por último, la gerente pidió al departamento de ingeniería industrial que considere la posibilidad de un anaquel alto para almacenar las piezas que salen de la máquina 4.

PREGUNTAS

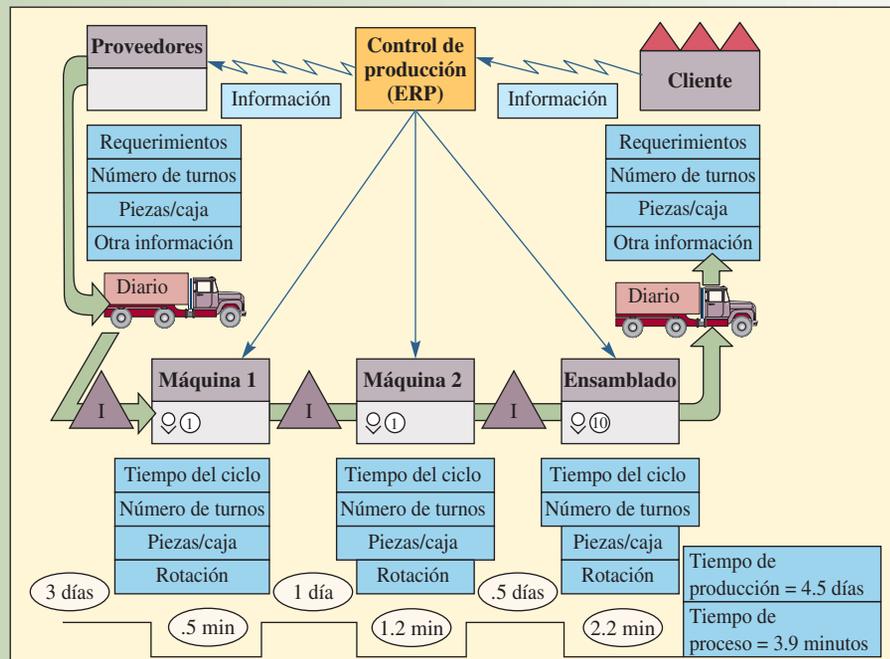
1. ¿Cuáles de los cambios que considera la gerente de Quality Parts Company corresponden a la filosofía esbelta?
2. Haga algunas recomendaciones para mejoras esbeltas en áreas como programación, distribución, kanban, agrupación de tareas e inventario. Utilice la información cuantitativa y haga las suposiciones necesarias.
3. Elabore un boceto de la operación de un sistema para tomar las piezas en el sistema actual de Quality Parts Company.
4. Elabore un plan para introducir la producción esbelta en Quality Parts Company.

CASO: MÉTODO PARA TRAZAR EL ESQUEMA DE LA CADENA DE VALOR

El esquema de la cadena de valor comprende en primer lugar la creación de un esquema base de la situación actual de las operaciones internas y/o externas de una compañía y luego la aplicación de los conceptos esbeltos, generando un esquema del estado futuro que muestra las operaciones mejoradas. Por ejemplo, la ilustración 12.13 muestra el estado actual con un tiempo de producción de 4.5 días. Este sistema de producción se basa en empujar los lotes (indicados por las

flechas a rayas), lo que da como resultado demoras muy largas y acumulación del inventario. La ilustración 12.14 muestra el esquema del estado futuro con un tiempo de producción de 0.25 días. Éste se logró cambiando a un sistema de demanda de flujo continuo y eliminando los siete desperdicios. El esquema de la cadena de valor utiliza varios íconos especiales y un formato de cuadros y flujos. Para un análisis más completo de la metodología, véase Jared Lovelle.⁷

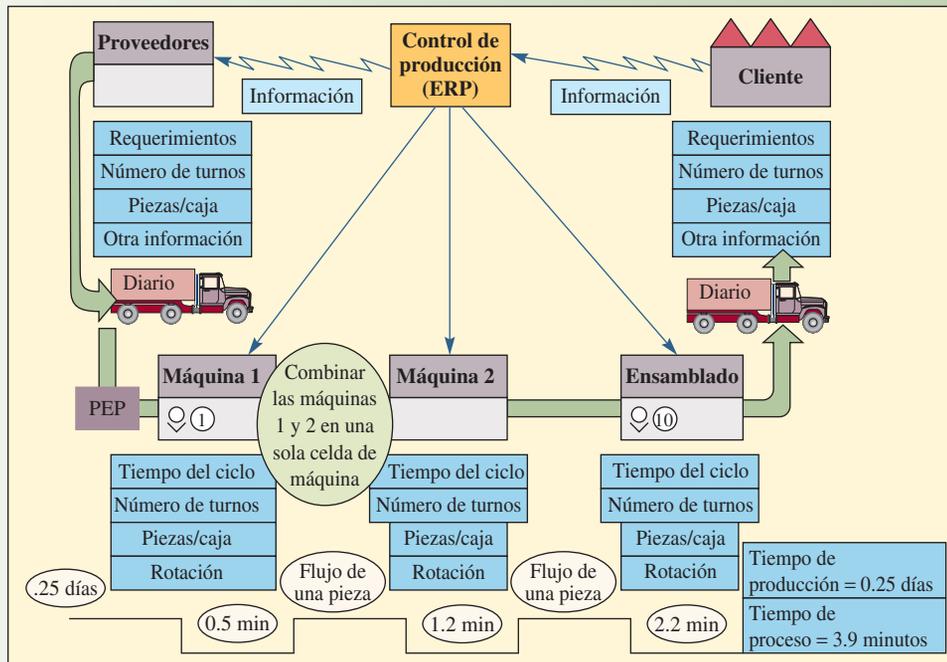
ilustración 12.13 Esquema del estado actual



Fuente: Jared Lovelle, "Mapping the Value Stream", *IIE Solutions* 33, núm. 2 (febrero de 2001), página 32.

ilustración 12.14

Esquema del estado futuro



Fuente: Jared Lovelle, "Mapping the Value Stream", *IIE Solutions* 33, núm. 2 (febrero de 2001), página 30.

PREGUNTAS

1. El hecho de eliminar la fila de espera acorta en gran medida el tiempo que una pieza tarda en fluir por todo el sistema. ¿Cuáles son las desventajas de eliminar esas filas de espera?
2. ¿Cómo cree que los operadores de las máquinas van a reaccionar ante el cambio?
3. ¿Cómo puede asegurarse de que los operadores se mantendrán ocupados?

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Allen, M. "Picture-Perfect Manufacturing (Using Value Stream Mapping)". *Modern Machine Shop Magazine Online*, agosto de 2004.
- George, M.L. *Lean Six Sigma*. Nueva York: McGraw-Hill, 2002.
- Gross, J.M. y K.R. McInnis. *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. Nueva York: AMACOM, 2003.
- Pascal, D. *Lean Production Simplified*. 2a. ed., Nueva York: Productivity Press, 2007.
- Womack, J.P. y D.T. Jones. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nueva York: Simon and Schuster, 1996.
- Womack, J.P., D.T. Jones y D. Roos. *The Machine That Changed the World*. Nueva York: R. A. Rawston Associates, 1990.

NOTAS

1. J.P. Womack, D.T. Jones y D. Roos. *The Machine That Changed the World* (Nueva York: R. A. Rawston Associates, 1990).
2. K.A. Wantuck, *The Japanese Approach to Productivity* (Southfield, MI: Bendix Corporation, 1983).
3. K. Suzuki, *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement* (Nueva York: Free Press, 1987), páginas 7-25.
4. C. Karlsson, *Japanese Production Management in Sunrise or Sunset* (Estocolmo, Suecia: Facultad de Economía de Estocolmo. EFI/The Economic Research Institute, 1999).
5. R.H. Hall, *Zero Inventories*. (Homewood, IL.: Dow Jones-Irwin, 1983), página 64.
6. J.P. Womack y D.T. Jones, *Lean Thinking* (Nueva York: Simon and Schuster, 1996), página 277.
7. J. Lovelle, "Mapping the Value Stream", *IIE Solutions* 33, número 2 (febrero de 2001), páginas 26 a 33.