

**item**

# Sistema modular de Lean Production de segunda generación

Manual y guía práctica para el uso y construcción de medios de explotación rentables



# CONTENIDO

Cómo puede ayudar este manual	03
1.0 Cómo se benefician las empresas de la segunda generación de sistemas modulares de Lean Production	04
2.0 Cómo empezó todo: el origen de la Lean Production	05
2.1 Mejora continua: nunca hay que conformarse con lo logrado	06
2.2 Rapidez de reacción: el papel del sistema modular de Lean Production	08
3.0 Lean Production: los siete principios contra el despilfarro	10
3.1 Evitar los movimientos innecesarios de material	11
3.2 Minimizar las existencias y el almacenamiento	12
3.3 Impedir movimientos innecesarios	13
3.4 Reducir los tiempos de espera	14
3.5 Prevenir la elaboración complicada	15
3.6 Evitar el exceso de producción	16
3.7 La gestión correcta con correcciones y errores	17
4.0 Conclusiones	18



## Cómo puede ayudar este manual

Los principios de la producción ajustada han cambiado la economía de forma definitiva. Gracias a ellos, hoy en día la producción industrial en muchos puntos es más productiva y más flexible que en el pasado. Sin embargo, no hay que dormirse en los laureles, ya que el proceso de mejora continua nunca llega a su fin.

El perfeccionamiento de los métodos va acompañado de un desarrollo ulterior de los sistemas de producción. Las experiencias obtenidas con los sistemas modulares de Lean Production han desembocado en avances técnicos que permiten solucionar muchas tareas de una forma más rápida, eficiente y rentable que antes.

Asimismo, ahora se pueden construir carros de transporte o estanterías que, gracias a la moderna técnica de unión, son notablemente más resistentes y a pesar de ello se pueden adaptar con rapidez y sin mucho esfuerzo.

El presente estudio resume los rasgos fundamentales de la producción ajustada y explica los métodos que han resultado ventajosos en la práctica. A pesar de las crecientes exigencias, con las soluciones de la segunda generación se puede seguir avanzando en la lucha contra la ineficiencia en la producción. Los modernos sistemas modulares de Lean Production son un recurso muy eficaz para seguir fomentando mejoras.



## 1.0 Obtener ventajas de los sistemas modulares de Lean Production

A mediados de los años ochenta se descubrió la fabricación ajustada como el secreto del éxito de la economía japonesa. El sistema de producción de Toyota sirvió como ejemplo y sentó las bases en cuanto a flexibilidad, rentabilidad y calidad. Las evidentes ventajas sirvieron de acicate para que empresas e investigadores en todo el mundo analizaran, adaptaran y siguieran mejorando los principios. Las consecuencias fueron drásticas: los principios básicos de la gestión de calidad moderna y de la mejora continua se remontan a las ideas de la Lean Production que fueron desarrolladas en Toyota. En la actualidad, los límites entre la producción tradicional y la ajustada son difusos.

La aplicación generalizada condujo no solo al perfeccionamiento de los métodos, sino que también se siguieron desarrollando los recursos auxiliares con los que la Lean Production se lleva a la práctica in situ. Las experiencias con los puntos débiles, las áreas de aplicación adicionales y una multitud de mejoras concretas sirvieron para que la segunda generación de sistemas modulares de Lean Production sea mucho más eficiente y robusta que su predecesora.

Este estudio muestra cómo se benefician las empresas de los avances técnicos de los sistemas modulares de Lean Production. Las soluciones de sistema especiales, que permiten la construcción de estanterías, carros de transporte o tramos de transporte, ponen a los empleados en situación de ser

independientes a la hora llevar a cabo mejoras sin necesidad de una planificación centralizada. Si los comparamos con los sistemas de la primera generación, los medios de producción se construyen de forma más rápida, elegante y con menos uso de material. Incluso la reutilización o adaptación de bastidores por lo general se puede efectuar con facilidad.

Los sistemas modulares de Lean Production de segunda generación son la prueba de que gracias a la mejora continua y la optimización consecuente se puede reducir el consumo de recursos. Para ello es necesario estar dispuesto a no considerar los procesos de trabajo probados como inamovibles, sino que hay que someterlos constantemente a revisión y reemplazarlos cuando sea necesario por métodos más eficientes. De esta forma, la aplicación de los modernos sistemas modulares de Lean Production puede reducir a la mitad el tiempo necesario para construir un carro de transporte si los comparamos con una solución de la primera generación. Además, a menudo basta con un único empleado donde antes se necesitaban dos.

La primera parte del estudio explica los principios de la fabricación ajustada y el papel que desempeñan los sistemas modulares en la práctica. La segunda parte trata desde el punto de vista práctico el modo en que las empresas ahorran tiempo y dinero gracias a la utilización consecuente de las técnicas de Lean Production, sin comprometer la calidad ni la vida útil.

” Todo cliente puede pintar su coche del color que quiera, siempre y cuando sea el negro. “

*Henry Ford (1863-1947)*

## 2.0 Cómo empezó todo: el origen de la Lean Production

Las mejoras, el aumento de la eficiencia y la innovación son el motor de la economía. Logra el éxito aquel que pueda satisfacer las necesidades del cliente y al mismo tiempo emplee los recursos propios con el máximo ahorro posible. No en vano el término „rentabilidad“ describe la relación entre gastos y beneficios. En el contexto de la producción esto significa reducir los gastos al máximo. Esto se consigue con procedimientos y tecnologías nuevos, pero también con una organización inteligente de los procesos. A finales del siglo XIX, pioneros como Frederick Taylor y Frank Gilbreth desarrollaron la producción eficiente hasta convertirla en una rama científica en sí misma. En lugar de dejarla únicamente a merced de la inventiva de la empresa, desarrollaron el concepto de organización científica que optimiza todas y cada una de las tareas e introduce la capacidad productiva de cada empleado en todo el proceso.



En 1913 Henry Ford marcó el inicio de la fase crucial de la segunda revolución industrial con la idea de la orientación consecuente de los procesos. La cinta de marcha continua se convirtió en el símbolo de la era industrial. La fabricación en cadena, la producción estandarizada en masa y la maquinaria especializada fueron consideradas como el mejor camino para continuar reduciendo los costes y conseguir que cada vez más personas pudieran permitirse los productos.

Sin embargo, los primeros problemas aparecieron diez años después de que la fabricación en cadena revolucionara la producción de forma definitiva. Los clientes deseaban cada vez más vehículos que fueran diferentes de los demás, mientras que Henry Ford en su libro „Mi vida y obra“ insistía sobre ello: „Cualquier cliente puede pintar su coche del color que quiera, siempre y cuando sea negro“. (1)

La fabricación de variantes y los ciclos de productos cada vez más cortos sitúan al sistema de la producción en masa planificada de forma centralizada ante grandes retos. Cuando las cosas funcionan según lo esperado se pueden crear mercancías con la mejor eficiencia. Por el contrario, cualquier cambio provoca grandes gastos.



En los años cincuenta Taiichi Ohno y Shigeo Shingo desarrollaron para Toyota otro planteamiento. Trasladaron la planificación de procesos desde la cúspide de la jerarquía hasta el lugar del trabajo real. Integraron a los proveedores estrechamente en la propia planificación de la producción para reducir la inmovilización de capital. La planificación funcionaba según el principio pull, según el que el material no fluye desde la velocidad de la cinta, sino que viene determinado por la demanda. La producción se adaptó a las necesidades y se optimizó para reaccionar con flexibilidad ante los cambios. Además, Ohno y Shingo introdujeron un sistema de mejora continua. Los métodos de producción se perfeccionaron de forma fluida en lugar de a saltos.

El „Sistema de Producción Toyota“ (TPS) es el embrión de la producción ajustada (Lean Production). Este permite que las empresas reaccionen con más rapidez ante los cambios y que sean más ágiles en el mercado.

Desde los años ochenta el Sistema de Producción Toyota también se ha adaptado más allá de las fronteras japonesas. Tuvieron que pasar casi 30 años hasta que las ventajas de la Lean Production llegaron a ser tan persuasivo que las empresas de todo el mundo estudiaron y adoptaron los métodos. Después de otros 30 años, principios como la mejora continua o la gestión consecuente de la calidad prevalecen como norma para la producción moderna.

No obstante, el desarrollo de la producción ajustada aún no ha concluido. Numerosas empresas y universidades se dedican a perfeccionar los métodos. El conjunto de experiencias llegan a la siguiente generación de Lean Production. Es lo lógico, ya que el perfeccionamiento continuado es una característica esencial de esta forma de pensar y trabajar.



## Pioneros en la orientación de los procesos

Entre los pioneros de la eficiencia-desarrollo industrial se encuentran Frank Gilbreth (nacido en 1868) y Frederick Taylor (nacido en 1858), del que el taylorismo recibe su nombre. Ellos descartaron la idea de que la racionalización era cometido exclusivo del empresario individual e investigaron con rigor científico los procesos de trabajo individuales y el papel que desempeñan las personas en los mismos. La división en pasos de trabajo individuales a fin de mejorar cada uno de los procesos trajo consigo la producción basada en la división del trabajo. Se midió y analizó con precisión lo que a menudo únicamente existía como valor empírico, por ejemplo el tiempo que se tardaba en cargar un buque de carbón o la rapidez con la que un empleado podía colocar una pieza en una estantería desde el suelo.

Gilbreth y Taylor subordinaron todo al proceso. Pensaban que la máxima eficiencia surge cuando se da el mínimo posible de irregularidades, lo cual aumenta enormemente la productividad. No obstante, el taylorismo se centra en lo que concierne a la oferta y relega la demanda a la economía.

## 2.1 Mejora continua: nunca hay que conformarse con lo logrado

Con su influyente libro „La clave de la ventaja competitiva japonesa“, Masaaki Imai en 1986 puso de relieve un tema al que por entonces se prestaba escasa atención: la mejora continua. Kaizen es un resumen de las palabras japonesas para „cambio“ o „transformación“. (Kai) y „favorable“ (Zen). Imai definió el cambio como un proceso continuo que engloba todas las áreas y niveles laborales. Kaizen describe un planteamiento que considera las mejoras como una tarea interminable, ya que nunca se está satisfecho con lo logrado. No hay ningún área que carezca de importancia o que no se pueda mejorar. Tan solo hay que observar con atención. El director general sueco Jan Carlzon posteriormente resumió el principio de la siguiente forma: „No puedes mejorar una cosa un 1.000%, pero sí puedes cambiar 1.000 pequeñas cosas un 1%.“

El proceso de mejora continua (PMC) hoy en día forma parte del repertorio estándar de la producción moderna. Las mejoras constantes en pasos pequeños requieren reconciliar competencia y responsabilidad. Durante el taylorismo, el trabajador tan solo era una pieza de un engranaje más grande, los especialistas in situ tenían libertad para realizar cambios de forma

independiente. Esto significa dotar al trabajador con los recursos y atribuciones necesarios para poder realizar pequeños pasos de mejora. Los sistemas modulares de Lean Production son soluciones de sistema para construir sin esfuerzo estanterías, carros de transporte y otros medios de producción. Lo óptimo sería instalar un taller de PMC en la producción que pueda ser utilizado por los equipos de trabajo para fomentar la propia autonomía.

Las mejoras iterativas obtenidas allí no tienen costes extremadamente altos y permiten que los equipos prueben métodos nuevos, sobre todo si posteriormente resultan ser el camino equivocado. La inversión en pequeños avances es importante y no se considera un despilfarro (véase la página 10), sino una investigación necesaria en los nuevos procesos.

La mejora continua in situ es siempre una de tantas medidas. El PMC está integrado en la gestión de calidad según la norma ISO 9001 y se considera como un todo junto con la gestión de ideas o un sistema de sugerencias.



## 2.2 Rapidez de reacción: el papel del sistema modular de Lean Production

Una de las recetas de éxito de la producción ajustada es la orientación consecuente hacia el valor añadido y los procesos. Dicha orientación proporciona una dosis alta de transparencia. Todos los procesos se revisan regularmente en busca de posibilidades de mejora. Lo ideal es que esto permita tiempos cortos de preparación a la hora de adaptar procesos. Esta flexibilidad es decisiva para poder reaccionar con rapidez ante los cambios.

Para una empresa esto supone una ventaja competitiva cuando productos nuevos, versiones mejoradas o variantes adicionales se pueden integrar con rapidez en el proceso de producción. Sin embargo, los cambios grandes y pequeños exigen reorganizar los medios de producción. Los sistemas modulares de Lean Production permiten montar in situ los bastidores o carros necesarios sin tener que pasar por un proceso de planificación que requiere tiempo y recursos. Según las reglas del proceso de mejora continua, los equipos que conocen los productos y procesos pueden ser independientes a la hora de elaborar soluciones y aplicarlas directamente en el taller PMC.

La primera generación de sistemas modulares de Lean Production cumplió los requisitos esenciales. Estaban formados principalmente por tubos de acero recubiertos de plástico que simplemente se podían cortar y acoplar con uniones a los utilajes deseados.







Cuanto más se introducían los principios de la producción ajustada, más aumentaban los requisitos de los sistemas modulares de Lean Production. Con la práctica se encontraron tres aspectos que a menudo resultaron ser un obstáculo:

1) Mala resistencia a la fatiga: la mezcla de acero y plástico muestra un alto comportamiento de plastodeformación debido a que a menudo hay que reapretar las uniones. En el uso continuado es necesario realizar constantes trabajos de mantenimiento.

2) Montaje complejo: las uniones por lo general forman nodos para entre 2 y 5 tubos. Se debe mantener en posición y apretar simultáneamente todas las piezas individuales. Esto a menudo solo se puede realizar entre dos personas.

3) Adaptaciones complejas: debido a las uniones especializadas para los nodos, no es posible realizar numerosas adaptaciones sin tener que llevar a cabo transformaciones complicadas para desplazar ligeramente la posición de un tubo con posterioridad o para desengancharlo de un nodo. Entretanto, ya están en el mercado los sistemas modulares de la segunda generación de Lean Production que han aprendido de los errores y tienen en cuenta el aumento de requisitos. Por lo general están basados en aluminio sin revestimiento de plástico y ofrecen una unión estable y duradera. También es posible realizar el montaje con una sola persona, al igual que las adaptaciones posteriores. Esto aporta un punto positivo a las empresas en cuestiones como velocidad y flexibilidad que se necesitan en la producción ajustada.

En la práctica, los modernos sistemas modulares de Lean Production permiten ahorrar mucho tiempo y cumplen con el requisito de fomentar activamente las mejoras continuas. De esta forma se convierten en recursos auxiliares ideales para eliminar cualquier tipo de despilfarro en la producción. El objetivo principal de la producción ajustada es la lucha contra el despilfarro junto con la orientación al cliente ilimitada mediante una calidad excelente y una rápida adaptación a las exigencias del mercado.





## 3.0 Lean Production: los siete principios contra el despilfarro

Los clientes cuentan para el valor añadido que se crea en la producción, pero no para actividades innecesarias. La Lean Production se centra en descubrir las fuentes de despilfarro y en eliminarlas. Esto reduce los costes sin comprometer la calidad, puesto que solo se eliminan aquellos procesos que consumen recursos sin aportar valor al producto.

Se han definido los siete tipos de despilfarro en la producción. Dado que el concepto original surgió en Japón, a menudo se utiliza el término „Muda“. El concepto japonés describe una actividad inútil o la falta de utilidad o sentido. La lucha contra el despilfarro parcialmente oculto es más intensa que el propio concepto técnico de eficiencia. En este caso también se debería aumentar la rentabilidad de la producción. Sin embargo, la relación entre rendimiento y esfuerzo no indica de forma tan clara por dónde empezar. La Lean Production pone de relieve el propio esfuerzo e intenta eliminar deliberadamente todas las formas de despilfarro.

Los siete principios contra el despilfarro se refieren a:

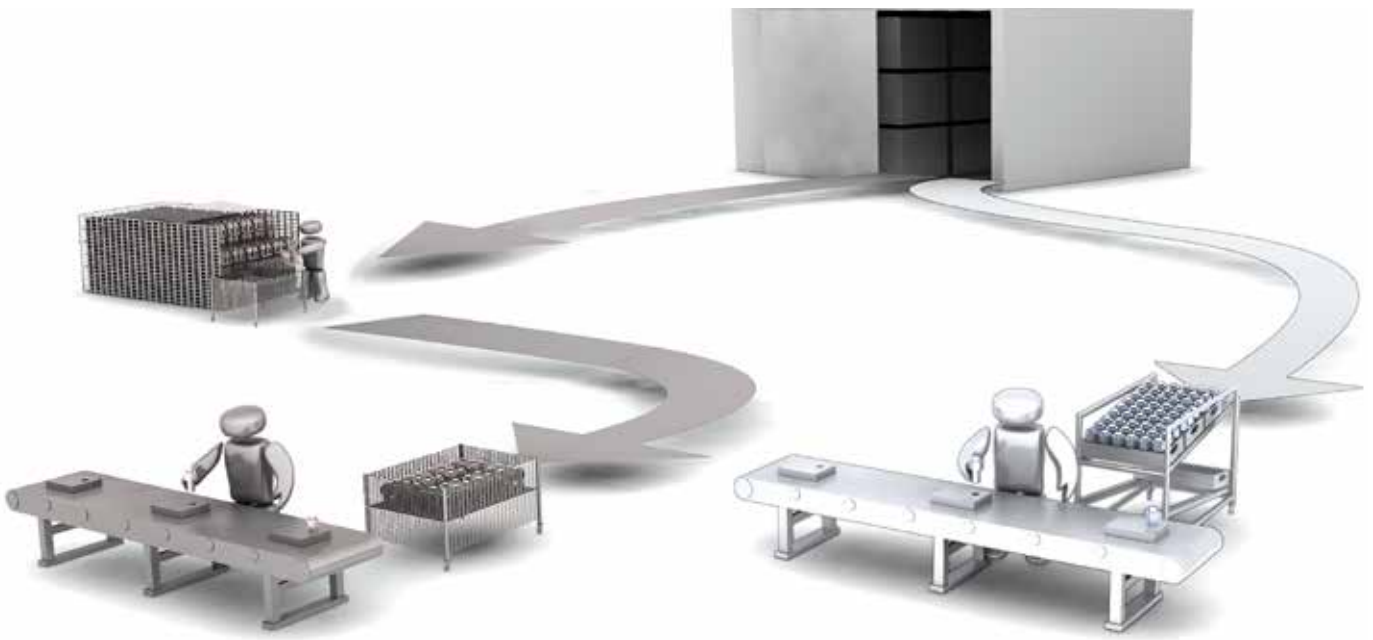
1. Movimientos de materiales
2. Existencias
3. Movimientos
4. Tiempos de espera
5. Elaboración
6. Sobreproducción
7. Correcciones y errores

En las páginas siguientes se presenta en detalle lo que subyace tras los principios de Lean Production y el modo en que un módulo de Lean Production ayuda a implementar los métodos in situ.

### Siete clásicos y dos novedades

Además de los siete clásicos Muda que fueron definidos por Toyota durante los años cincuenta y sesenta, la bibliografía especializada más reciente menciona otros dos Mudas para la Lean Production: **falta de ergonomía** y **potencial desaprovechado del empleado**.





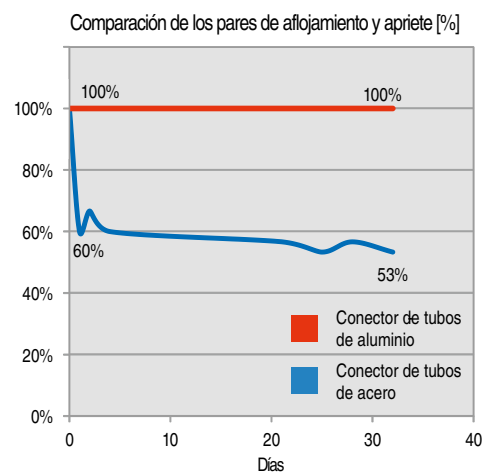
## 3.1 Evitar los movimientos innecesarios de material

Siempre que se mueve una pieza de un lugar a otro se utilizan recursos importantes. Esto se debe a que durante el transporte no se genera ningún valor añadido. Los costes aumentan considerablemente debido a la inmovilización de capital de larga duración y a los gastos adicionales en energía y personal. Además, cada vez que se almacena algo aumenta el riesgo por daños y de que la calidad se vea mermada. Cada parte de la logística interna entraña un riesgo de despilfarro. O visto de forma positiva: ¡aquí hay mucho potencial latente para ahorrar!

Se puede evitar mucho despilfarro mediante una planificación cuidadosa de los pasos de trabajo en algunos lugares de elaboración que también se sitúan próximos geográficamente. Simultáneamente se deben sintonizar los procesos individuales entre sí. El objetivo del denominado mapa de la cadena de valor (value-stream mapping, VSM) consiste en optimizar los tiempos de desarrollo y en temporizar con precisión los pasos individuales de trabajo. Entre ellos se encuentra el tener en consideración los tiempos de preparación cuando se crean los distintos productos con las mismas máquinas o en los mismos lugares de trabajo. La orientación al flujo óptimo de material proporciona advertencias importantes sobre cómo se pueden reducir los tiempos de espera (véase el principio 4 en la página 14) y los trayectos de transporte. Uno de los objetivos de la Lean Production dice también que hay que reducir los movimientos de material y planificarlos cuidadosamente. Esto último se puede lograr mediante la conexión en cadena de todas las estaciones de trabajo o mediante la adaptación de

soluciones de transporte. Por ello, los sistemas modulares de Lean Production de la segunda generación ofrecen un sistema único para logística interna y estructuras con el fin de permitir la transición entre trabajo y movimiento. La combinación formada por tubos de aluminio y uniones estables de aluminio genera altas fuerzas de retención que tampoco disminuyen bajo carga dinámica. Esto tiene un efecto positivo sobre la resistencia a la fatiga. Se puede seguir construyendo con estabilidad utilizando menos material. La moderna técnica de unión resiste muchos miles de cambios de carga sin tener que volver a apretar los tornillos.

Los carros de transporte con estructuras de acero soldado por lo general son muy duros. Un módulo moderno de Lean Production permite la construcción de marcos de aluminio estables con una masa más reducida. Esto contribuye a que no se despilfarre energía en la logística interna.





## 3.2 Minimizar las existencias y el almacenamiento

Una gran cantidad de existencias almacenadas siempre es una señal de alarma que indica que hay problemas en la planificación de la producción. Puede haber diferentes causas para ello que deben ser analizadas en detalle. A menudo detrás de ellas se encuentra un exceso de producción (véase la página 16), tiempos de espera (página 14) o movimientos innecesarios de material (página 11). Dichos problemas se deben solucionar en paralelo porque de lo contrario, la simple reducción de existencias conduce únicamente a complicaciones durante el desarrollo del trabajo. El objetivo indica que hay que estabilizar los procesos de fabricación de forma que se pueda reducir la reserva de materias primas y productos intermedios.

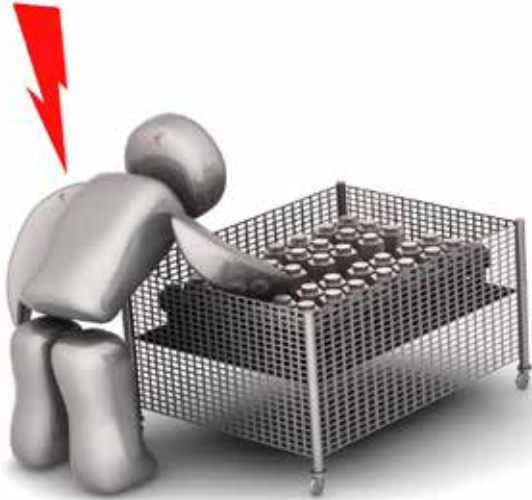
Incluso cuando el „flujo continuo pieza a pieza“ a menudo se considera como el objetivo declarado, es indispensable contar con una cierta cantidad de existencias para estar prevenidos contra las fluctuaciones. El arte está en encontrar la medida adecuada y en comprobar continuamente el flujo real de materiales mediante el intercambio de información.

Para ello en el control de procesos se utiliza con frecuencia el principio Kanban. Kanban significa „mapa“ o „tablero“ en japonés y describe un método sencillo para solicitar materiales en función del consumo real. En los sistemas Kanban se informa mediante mapas sobre el lugar de consumo en el que las existencias se han agotado. Los mapas de pedido, que se adjuntan en cada envío, muestran con claridad el flujo actual de mercancías según el principio pull o de la demanda. El Kanban ayuda de este modo a minimizar las existencias de materias primas

que se necesitan en el lugar de producción. La construcción de carros Kanban para equipar rápidamente estaciones de trabajo forma parte de las áreas de aplicación de un sistema modular de Lean Production.

La segunda generación de estos sistemas modulares aplica a sí misma los principios de la Lean Production. El principio „Una unión para todo“ se ha puesto de manifiesto como la ventaja para reducir el almacenamiento. En lugar de multitud de conexiones para distintas situaciones (conexión de 2, 3 o 4 tubos), un producto estándar para uniones de 90° cubre todas las tareas constructivas. De entre todas ellas únicamente unas pocas unidades deben estar disponibles en el taller PMC, ya que la logística moderna permite la entrega rápida de suministros. Los proveedores con gran capacidad de suministro a escala internacional ayudan a sus clientes a reducir estos costes. En el caso de los buenos proveedores, los componentes especiales sobre todo, pueden ser suministrados en la cantidad deseada en un plazo de entre 24-48 horas.





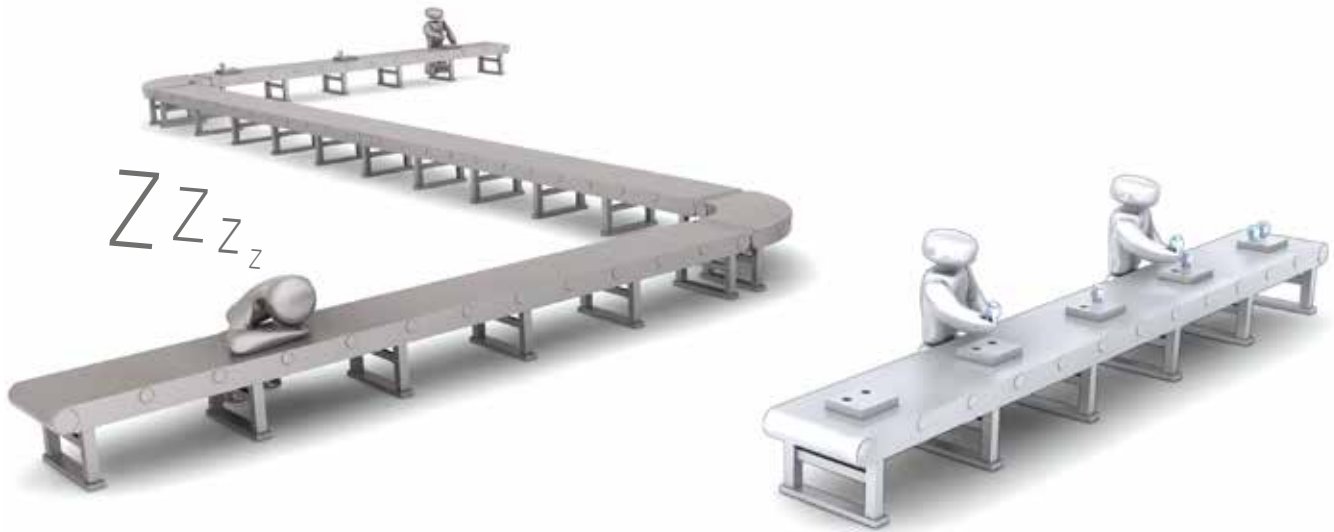
## 3.3 Impedir movimientos innecesarios

„Únicamente la última vuelta es la que realmente sujeta un tornillo. Todo lo que antecede tan solo es movimiento“. La observación de Shigeo Shingo, una de las principales mentes que hay detrás del Sistema de producción de Toyota, subraya lo importante. Si se quiere evitar el despilfarro, habrá que concentrarse en determinar los movimientos del proceso de producción que realmente consiguen un valor añadido.

Cuando un empleado debe inclinarse o agacharse constantemente para alcanzar material de consumo, los puntos de unión se encuentran en lugares de difícil acceso o la pieza se encuentra a una altura de trabajo incómoda, esto exige movimientos innecesarios del personal. El tiempo adicional que se necesita en cada maniobra se añade a un despilfarro palpable de tiempo de trabajo. Esto también se aplica a la búsqueda de materiales de trabajo. Se puede ahorrar tiempo gracias a la disposición accesible de las cajas de material y a la altura correcta de trabajo.

El hecho de evitar los movimientos innecesarios generalmente también mejora la ergonomía de un puesto de trabajo. Las posturas forzadas, las posiciones de agarre demasiado altas o demasiado bajas cargan los músculos y huesos. Por el contrario, los puestos de trabajo ergonómicos tienen en cuenta el espacio de alcance individual de la persona. Esto permite trabajar sin tensiones y evita las cargas unilaterales, lo cual mejora la seguridad.

En los sistemas modulares de Lean Production de la segunda generación la construcción de medios de producción también es lo más sencilla posible. Estos sistemas permiten que una sola persona pueda realizar el montaje. Cada travesaño es estable en sí mismo, ya que se fija de forma individual. Esto supone un claro avance frente a los sistemas tradicionales en los que se juntaban varios tubos en uniones especiales para nodos.



## 3.4 Reducir los tiempos de espera

La planificación esmerada de los procesos es la base de una producción exitosa. Cuando una estación de trabajo debe esperar una pieza o simplemente un único tornillo, se despilfarra un tiempo de trabajo muy valioso. Y no se puede exigir a una persona que espere a una máquina. Lo mismo se aplica en el caso de averías en la maquinaria u otros problemas técnicos. Ahí entra en conflicto el principio del tiempo de espera reducido con el deseo de tener unas existencias lo más reducidas posible (véase la página 12). Un exceso de suministro de materiales y piezas de recambio no es un medio adecuado para aumentar la producción.

La reducción de los tiempos de espera requiere una mezcla correcta de procesos estandarizados y cadenas de comunicación inequívocas, así como flexibilidad mediante la auto-organización, puesto que no es posible planificar todas las eventualidades. Normalmente, la planificación centralizada exige mucho tiempo y genera grandes gastos.

Por esta razón, en la Lean Production se organiza la implementación de soluciones in situ, a menudo denominada „Gemba“. Los empleados saben mejor que nadie cuáles son los recursos auxiliares que necesitan y los pueden diseñar ellos mismos con un sistema modular de Lean Production. Cuando se evita el tiempo de espera también aumenta la eficiencia.

El suministro de uniones premontadas aceleran el trabajo, ya que tan solo hay que instalarlas y apretarlas. De esta forma se suprime el acoplamiento de muchas piezas individuales y se ahorra tiempo. Antes, cuando había que hacer modificaciones posteriores en varios puntos de unión salientes, había que desmontar todo el nodo, aunque, p. ej., solo fuera necesario cambiar de sitio un travesaño. Ahora las soluciones modernas permiten añadir refuerzos en casi cualquier punto y en cualquier momento. Esto evita prevenir el uso de un exceso de material y ahorra tiempos de espera, tanto en la planificación, como en las modificaciones. Gracias a una unión en arrastre de forma estable de la unión es posible añadir en segundos, por ejemplo, vigas en voladizo, para colgar herramientas o similares dentro del área de alcance. Esto se puede decidir en función de las experiencias del operario. La renuncia a multitud de empalmes de los perfiles facilita el almacenamiento in situ, al igual que los sencillos pedidos posteriores.



## 3.5 Prevenir la elaboración complicada

En el proceso de producción se despilfarra tiempo y dinero de distintas maneras. También se despilfarra cuando un empleado debe alzarse con dificultad, es difícil acceder a los materiales o la elaboración exige pasos de trabajo innecesarios. Generalmente, dicho despilfarro se dispara debido a los procesos superfluos o a desarrollos de trabajo demasiado complejos. Los recursos auxiliares deben adecuarse a las tareas.

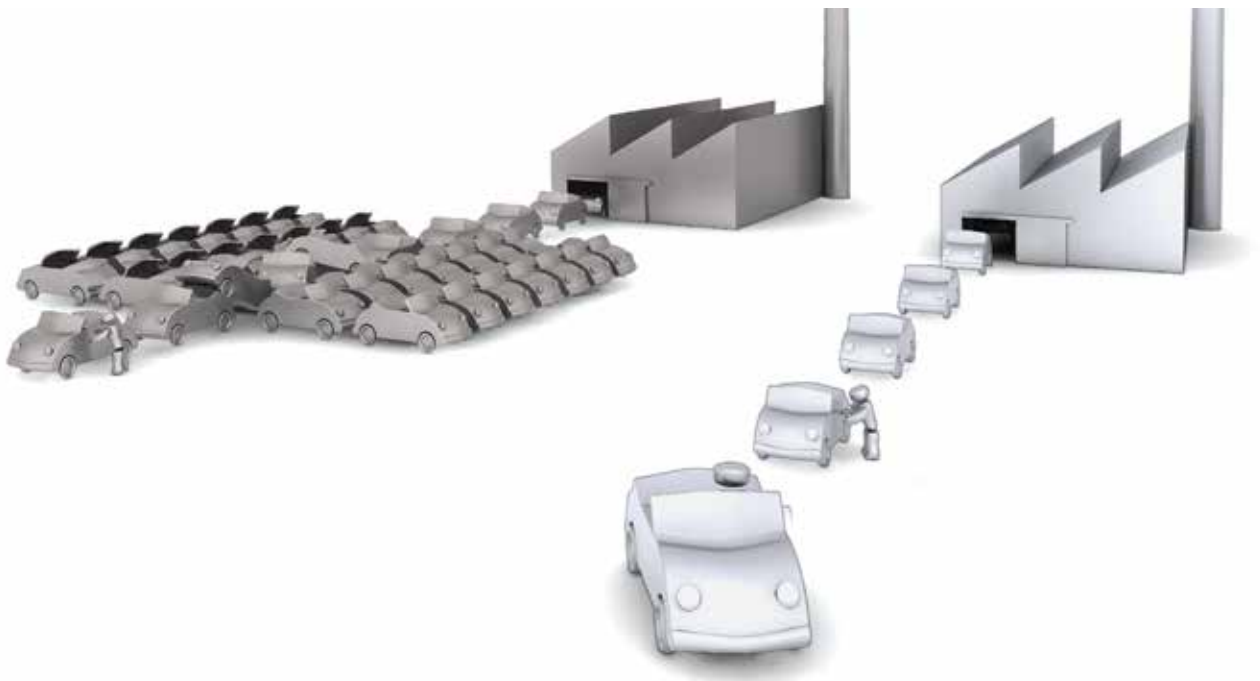
Por este motivo, en la Lean Production más bien se planifica primero para un mínimo y se mejora gradualmente la infraestructura existente. De esta forma se evita un „exceso de ingeniería“ y se mantiene la flexibilidad. Siempre se puede ir adaptando la estructura básica con posterioridad, si dicha estructura se ha diseñado para poder ser ampliada. No es raro ver que en la Lean Production se utilicen instalaciones durante largos periodos de tiempo y que sean modernizadas mediante ampliaciones.

De ahí que los sistemas modulares de Lean Production de la segunda generación se basen en pocos elementos básicos que se pueden adaptar y complementar con elementos altamente especializados. Así se conserva la flexibilidad. La planificación para un mínimo permite reforzar las construcciones

posteriormente en función del objetivo que se persiga. De esta forma se adapta fácilmente un bastidor o un carro de transporte a las exigencias reales y no es necesario anticiparse y realizar construcciones más grandes y robustas de lo estrictamente necesario.

Al hacerlo se ha constatado que el revestimiento de plástico de los tubos de acero, habitual en los sistemas de la primera generación, ejerce menos resistencia a las fuerzas de desplazamiento. Esto hace necesario que se construyan armazones con mucho más material del necesario de forma preventiva para garantizar una estabilidad duradera. Debido al comportamiento de plastodeformación era necesario reapretar con frecuencia los tornillos de los tubos de acero con revestimiento de plástico. Los desperfectos en la capa de plástico intensifican este efecto y en la práctica entrañan un alto riesgo de provocar lesiones debido a la existencia de cantos afilados.

Las soluciones de la segunda generación utilizan conexiones estables de aluminio y tubos separados de protección montables a base de gomaespuma elástica. La resistencia a la fatiga de estas construcciones es muy alta.



## 3.6 Evitar el exceso de producción

La sobreproducción es la hermana gemela del despilfarro causado por el almacenamiento (véase el Principio 2 en la página 12). La diferencia entre ambos tipos de despilfarro radica en que en este caso no se almacenan demasiadas materias primas, sino demasiados productos finales. Fabricar cosas antes de que sean necesarias inmoviliza el capital y aumenta los costes de almacenamiento. Además, hay que añadir el tiempo y dinero invertido en transporte y gestión. El almacenamiento también puede mermar la calidad de los productos.

Por un lado, el flujo sistemático de material requiere de un feedback preciso para determinar la producción necesaria en cada momento. Asimismo, la sincronización de los procesos no debe ser demasiado rígida (véase el Principio 1 en la página 11). La producción debe poder reaccionar con mucha más flexibilidad ante la adquisición real de productos (principio de la demanda). El hecho de poder reducirla, aumentarla o reorganizarla según las necesidades es uno de los principales objetivos de la Lean Production. Es más sencillo si se hace con pequeñas unidades flexibles que con sistemas monolíticos que solo son eficientes si producen constantemente un número elevado de piezas.

Un sistema modular de Lean Production aporta la flexibilidad necesaria en el lugar de la producción. También permite modificar ligeramente las estaciones de trabajo y reconfigurarlas en función de las necesidades. Un sistema adaptativo en crecimiento está abierto a modificaciones y ampliaciones. La clave del éxito está en la reutilización sin limitar la funcionalidad.

En los modernos sistemas modulares de Lean Production no es necesario desmontar las estructuras por completo para efectuar ampliaciones en los nodos, sino que se pueden incorporar componentes adicionales con posterioridad siempre que se desee. Esto es posible gracias a que las uniones de la segunda generación se pueden fijar en cualquier punto. El principio „Una unión para todo“ hace que las construcciones existentes no se queden obsoletas y se puedan ampliar o modificar en función de las necesidades. Con pocas maniobras se puede, por ejemplo, adaptar la inclinación de un carril de roldanas en función del propio peso de las piezas. Los bastidores y carros se pueden montar e instalar en poco tiempo gracias al sencillo montaje que una sola persona puede realizar.





## 3.7 La gestión correcta con correcciones y errores

Las correcciones y los errores están mal vistos en la producción clásica. Se recomienda evitarlos a toda costa, puesto que cada error influye en la calidad y en la rentabilidad. Por el contrario, la Lean Production se caracteriza por una cultura del error que busca la perfección aprendiendo de los errores. Esto solo es posible si se buscan los errores de forma activa. Cada error que se descubre es valioso, ya que representa una oportunidad de mejora a largo plazo. Nada podría ser peor que interpretar los problemas de producción como tema tabú y con ello fomentar que se mire hacia otra parte e ignorarlos.

El planteamiento más utilizado es el proceso continuo de mejora. El proceso de mejora continua forma parte de los principios básicos de la gestión de calidad de conformidad con la norma ISO 9001. La metodología exige no solo una observación rigurosa de todos los pasos de trabajo con una monitorización y retroalimentación constantes, sino que también plantea requisitos muy exigentes en los sistemas de producción. Por lo general, cuanto más especiales y complejos son, más difícil resulta adaptarlos.

La primera generación de módulos de la Lean Production reaccionó antes dichas exigencias con útiles y sencillas soluciones de sistema sin necesidad de planificación centralizada. Dichas soluciones permiten que los empleados locales puedan construir recursos auxiliares y de explotación. Sin embargo, la aplicación generalizada de estos recursos auxiliares puso de manifiesto algunos puntos débiles, algo que puede requerir acometer algunas pequeñas modificaciones en los nodos de los tubos de las construcciones nuevas subsiguientes. Cuando un componente sujeta un tubo de fijación en más de 180°, en este punto no se puede montar ningún componente adicional a la misma altura.

La segunda generación de módulos de Lean Production tiene en cuenta los cambios continuos a todos los niveles del proceso de producción. Está basada en unos pocos elementos básicos, que siempre se combinan de nuevo con flexibilidad y se pueden ampliar en cualquier punto. También se pueden utilizar travesaños adicionales para refuerzos posteriores, al igual que el montaje en el ángulo deseado. Además, el principio de tolerancia compensa las tolerancias en la longitud de los perfiles y tubos.



## 4.0 Conclusiones

Los modernos sistemas modulares de Lean Production están optimizados para la mejora continua en el puesto de trabajo. Gracias a las soluciones de sistema se crean recursos auxiliares y de explotación fáciles de planificar y con un uso reducido de materiales. La segunda generación aúna la máxima estabilidad con el mínimo esfuerzo de planificación y montaje. Permite montar y mejorar bastidores in situ sin necesidad de realizar diseños complicados. De esta forma se representan los principios de la producción ajustada que persiguen la flexibilidad, el ahorro de recursos y la mejor calidad.

Todo ello se hace realidad mediante una técnica de unión inteligente que garantiza una alta durabilidad. No es necesario apretar de nuevo las uniones modernas y estas no muestran ningún comportamiento de asentamiento, ya que las soluciones de la segunda generación suelen estar basadas en tubos y uniones de aluminio. Esto garantiza una fijación óptima frente a los sistemas con revestimiento de plástico.

A fin de evitar los nodos complejos que anteriormente se sujetaban con empalmes especiales, las soluciones modernas utilizan únicamente un tipo de unión para todas las tareas. Los travesaños individuales aportan su propia estabilidad al montaje y se pueden cambiar de sitio, lo cual facilita la adaptación de

construcciones existentes, por ejemplo para modificar la inclinación de un carril de roldanas con posterioridad.

Los sistemas modulares de Lean Production permiten que los empleados monten in situ carros de transporte, estanterías, tramos de transporte u otros recursos de explotación a la medida de sus necesidades. Estos sistemas modulares también son ideales para las necesidades que responden a la disposición del material.



## Sobre el editor

item Industrietechnik GmbH es una empresa fundada en 1976 que fabrica instalaciones famosas por sus sistemas modulares de construcción de maquinaria. item Industrietechnik GmbH desarrolla y comercializa sistemas de producción ajustada (LPS por sus siglas en inglés) – la serie D30, para sistemas de producción ajustada. Encontrará más información sobre la empresa en la página web [www.item24.com](http://www.item24.com)

Información detallada sobre LPS – Encontrará el sistema de Lean Production en la página [www.item24.de/D30](http://www.item24.de/D30)

# item

item Industrietechnik GmbH  
Friedenstraße 107-109  
42699 Solingen  
Alemania

Tel.: +49 212 65 80 0  
Fax: +49 212 65 80 310

[info@item24.com](mailto:info@item24.com)  
[www.item24.com](http://www.item24.com)