

Metodología para la implantación del lean management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio

Lluís Cuatrecasas Arbós

lluis.cuatrecasas@institutolean.org

Presidente del Instituto Lean Management

Introducción

En la actualidad, ya no cabe duda alguna de que la adopción del lean management, de forma correcta y completa, conduce al éxito, basado en importantes mejoras en la eficiencia y competitividad. La forma de implantar sus principios no forma parte del cuerpo doctrinal central de la metodología y la aplicación de estos principios en Toyota es anterior a su definición formal, por lo que el camino recorrido por ella es irreplicable. Tampoco las experiencias posteriores han llevado a un patrón de implantación único. Se aplica a empresas con situaciones de partida diferentes y de sectores y países también distintos. Además, se trata en última instancia de generar una dinámica propia de mejora, por lo que la adaptación a las características de cada caso es indispensable. Por todo ello, las ideas centrales del pensamiento lean no incluyen una metodología de implantación es perfectamente razonable.

Se aporta aquí una metodología para la implantación de un sistema lean management, también conocida como producción ajustada, en un ámbito centrado en las empresas industriales, de tamaño medio e independientes (en lo referente a las capacidades para la adopción de la gestión lean, especialmente frente a sus proveedores), tal y como se detallará más adelante. El estudio se basa en experiencias en empresas del ámbito del autor, en concreto, empresas españolas. El análisis es sobre un número muy reducido de casos en los que ha tenido intervención directa.

Descripción detallada de la metodología y sus etapas

El planteamiento de la metodología para la implementación de un sistema lean que nos proponemos pretende, como ha quedado manifiesto, implantar un sistema productivo que opere en base a los pedidos de sus clientes (enfoque pull), al mínimo coste (por eliminación de todo tipo de desperdicio y, por tanto, sin que para ello sea necesario acudir a las economías de escala de producto acabado o de componentes); además y como se ha expuesto, serán también objetivos de la implantación, la minimización de cualquier consumo, la rapidez de respuesta y la flexibilidad (indispensable si se desea ajustar en todo momento la producción a la demanda), así como la calidad requerida alcanzada a la primera (sin rework).

Todo ello, además, se pretenderá sea implantado al nivel de lo justificable y razonable. Por otra parte, las características de la implantación, supondrán, abundando en lo que nos hemos propuesto:

- 1) Eliminar de los procesos las actividades que no aporten valor añadido (NVA), que se denominan en la actualidad desperdicios o despilfarros (waste en la literatura anglosajona y muda en el ámbito japonés). En concreto, el sistema productivo se basará en el diseño e implantación de los procesos y la distribución de actividades entre el personal, que minimice los siguientes desperdicios:
 - Producción de componentes o productos en volúmenes superiores a lo estrictamente necesario.
 - Diseño, organización o métodos de trabajo en las operaciones de los procesos industriales, inadecuados.
 - Acumulación de todo tipo de stocks derivados de la implantación y organización de los procesos industriales (los derivados del aprovisionamiento de materiales y de la distribución del producto acabado, dependerán de la gestión logística y no serán objeto de este estudio). En concreto, ha de minimizarse el stock debido a:
 - a) Operativa en lotes de transferencia excesivamente grandes (por ejemplo, material acumulado a pie de cualquier proceso)
 - b) Material preparado para entrar en operaciones cuellos de botella (que deben resolverse, en lo posible)
 - c) Distribución desequilibrada de tareas entre el personal productivo.
 - d) Falta de sincronización entre las operaciones.
 - Esperas (y por tanto, pérdidas de tiempo) de los:
 - a) Materiales, que derivarán en acumulaciones de stock de los tipos citados.
 - b) Puestos de trabajo, en este caso debidas a preparaciones de máquinas excesivamente largas, suministros que no llegan o falta de sincronización.
 - Transportes de materiales innecesarios, derivados de una mala distribución en planta, de una distancia excesiva entre líneas, de la utilización de lotes de transferencia inapropiados o de medios de mantenimiento inadecuados, redundando además en problemas de calidad por una excesiva manipulación.

- Movimientos de personales innecesarios o innecesariamente largos, motivados por una distancia excesiva entre las operaciones o entre líneas o por una asignación de tareas inadecuada a cada puesto.
 - Problemas de calidad o rework derivados de la operativa implantada. Será preciso determinar el origen (causa fuente) de cada uno de ellos: materiales aprovisionados, operativa en máquinas (que puede afectar a aspectos de mantenimiento), operativa de las personas y manipulaciones y transportes.
- 2) Introducir la necesaria flexibilidad, derivada de la exigencia de alcanzar simultáneamente una producción adaptada a la demanda fluctuante y eliminar cualquier desperdicio en forma de producción excesiva y stock.

La posibilidad de introducir un nivel muy elevado de flexibilidad dependerá de la facilidad con que pueda cambiarse de modelo de producto y de valor del takt time, lo que a su vez dependerá de:

- Las posibilidades de implantar los procesos con distribuciones físicas altamente flexibles, siempre que la maquinaria e instalaciones productivas que integran el proceso lo permita (en especial cuando las medidas o la alimentación o descarga sean un condicionante).
- La capacidad y la facilidad de cambio rápido de modelo de producto o de niveles de producción, disponible en los equipamientos productivos de la planta.
- La polivalencia del personal, para poder cambiar la asignación de tareas que tengan encomendadas.

Fases del plan para la reconversión del sistema

La implantación de un sistema de producción lean altamente eficiente y competitivo, de acuerdo con los planteamientos y objetivos propuestos, proponemos que conste de las siguientes fases:

1) Recogida de datos:

Este punto es de especial importancia, dado que el éxito de la implantación dependerá, en gran medida, de la fiabilidad de estos datos.

Los datos se referirán a los productos, sus referencias, requerimientos, componentes y tecnología, así como los volúmenes previsiblemente requeridos de cada uno, a fin de adaptar el ritmo de producción a la demanda. Asimismo serán de necesarios los datos relativos a los procesos

y sus operaciones, equipamientos productivos y su capacidad, tiempos, flujos y otros recursos utilizados.

El primer aspecto a analizar se referirá a la demanda efectiva, producto a producto, tanto en tipo o referencia de los mismos, como en los volúmenes de producción. Luego, a partir del tiempo efectivo disponible para trabajar, se evaluarán los posibles niveles del ritmo de producción requeridos, por medio del takt time.

2) Formación acerca del Lean Management

Paralelamente a la recogida de datos y previsión de los ritmos de producción posibles, debe intercalarse una etapa de formación, en la medida de lo necesario, dirigida a las personas que han de participar en los grupos de trabajo que, por medio de workshops, decidirán las acciones a llevar a cabo en las distintas etapas de la implantación lean y sus herramientas. Concretamente, deberán cubrirse necesariamente los aspectos siguientes:

1. Introducción y objetivos del Lean Manufacturing. Aspectos clave: valor, flujo de valor, flujo de actividades y enfoque pull de la producción.
2. Análisis de las operaciones y su flujo: detección de despilfarros. Utilización de paneles de control de la producción para la recogida de «observables».
3. Aspectos que comprende la implantación de la producción lean o ajustada: flujo regular y constante, equilibrado o balanceado, calidad, involucramiento, disponibilidad operacional, movimiento de materiales y operarios, organización de puestos de trabajo, diseño lean del producto, y diseño lean del proceso.
4. Representación del proceso y su flujo por medio de la herramienta de gestión visual denominada Mapa de Flujo de Valor o Value Stream Map. Planteamiento y seguimiento de la transición a la implantación lean mediante la misma.

3) Análisis de las operaciones y su flujo. Diagrama de flujo (flow chart):

Basado en la determinación de las operaciones básicas para los distintos componentes de los productos. Se identificarán las secuencias posibles y las atribuciones de valor de las operaciones. Con el flow chart se incluirán las secuencias de operaciones de productos y componentes.

4) Mapa de flujo de valor (Value Stream Map - VSM) actual.

En esta etapa se introducirá toda la información recogida y analizada hasta el momento, referida a la implantación actual (es decir, antes de proceder al

cambio), en el Mapa de Flujo de Valor VSM actual, para crear una fuente de información global de la situación de partida, visualizada a través de los flujos de producto, materiales e información. Se trata de una herramienta muy importante para decidir y guiar la conversión de los procesos, a la que nos referiremos más adelante, para concretar con mayor detalle, cómo utilizarla en esta metodología por etapas.

5) Fase de estudio:

En esta etapa se procederá a plantear y decidir los distintos aspectos de la nueva implantación, tomando el mapa de Flujo de Valor como fuente de información y como representación de la nueva implementación. La etapa incluirá necesariamente:

- Definición y diseño de la distribución en planta (layout), a tres niveles: layout general, layout de cada proceso y layout de cada operación de cada proceso. Se determinarán las posiciones de las máquinas, estaciones de trabajo, la posición de trabajo de los operarios y el recorrido de materiales y personas.
- Descripción de las tareas por puesto de trabajo, con la asignación de las tareas a cada trabajador y la determinación de las actividades con valor añadido y sin él, las esperas y los desplazamientos para cada puesto de trabajo.
- Balanceado de operaciones y puestos de trabajo.
- Balance de operaciones: basado en el análisis de las capacidades de operación para cada etapa de cada proceso. Se tratará de ajustar la capacidad productiva a la demanda, determinando los recursos necesarios de todo tipo. Se priorizará la mejora en los cuellos de botella y en operaciones con más desperdicios.
- Balance de puestos de trabajo: basado en el análisis de la capacidad de cada puesto, de acuerdo con las tareas asignadas, tratándose de ajustar los recursos necesarios para que pueda operar. Se priorizará la mejora de los puestos con tareas que incluyan más esperas, desplazamientos y desperdicios en general.

6) Mapa de flujo de valor (Value Stream Map) futuro.

Fruto de la etapa anterior y las nuevas implementaciones obtenidas en ella, con el VSM podrá plantearse la implantación completa del nuevo estado futuro lean. Con ella, se dispondrá de una fuente de información global de la situación futura, visualizada a través del flujo de producto, materiales e información. El VSM futuro, permitirá identificar los desperdicios y oportunidades de mejora residuales y así depurar la solución obtenida en la

etapa anterior y ofrecer, por tanto, la mejor solución posible, a la vez que permitir que la mejora continua no tenga fin.

7) Fase de implantación final:

Fruto de las dos etapas anteriores, en las que se ha obtenido la solución para la nueva implantación y se ha representado y depurado posteriormente, ahora ya se podrá proceder a la determinación de las opciones de desarrollo de los procesos para distintos niveles de producción (y por tanto de takt time), de acuerdo con la cantidad de trabajadores, los lotes de producción, transportes, materiales en proceso (WIP), tiempo de proceso total o lead time, espacio ocupado y, desde luego, productividad.

Esta etapa incluirá la determinación definitiva de los flujos de materiales, trabajadores, elementos de transporte e información. También se decidirá el tamaño de los lotes de transferencia (containerización).

Con la ayuda del Mapa de Flujo de Valor, se podrá proceder a la determinación gráfica de las distintas soluciones a través de los correspondientes flujos, con aplicación de soluciones visuales tales como: etiquetas kanban, contenedores de los procesos, señalización visual de etapas y del proceso en planta.

La implantación lean obtenida a partir de un sistema productivo convencional propondrá un flujo regular y constante para los procesos, avanzando el producto en pequeños lotes o unidad a unidad. Sin embargo, difícilmente podrá alcanzarse a la primera, un flujo suficientemente regular y constante, como para que puedan eliminarse todas las acumulaciones de materiales entre operaciones, lo que se reflejará en el Mapa de Flujo de Valor obtenido, por medio de supermercados entre tales operaciones, gestionados en modo pull. A medida que se mejore la operativa y el flujo pueda hacerse más regular y constante, el stock intermedio irá reduciéndose cada vez más, y la operación que actúa como pacemaker irá acercándose paulatinamente al inicio del proceso completo.

Esta etapa concluirá con la asignación de espacios para almacenamiento, entradas y salidas de material y rutas de reaprovisionamiento. Se definirán asimismo las cantidades y capacidades de los medios de transporte de materiales y productos (manutención) y los tiempos de almacenamiento.

Todas las etapas precisadas para la transición a una implantación lean, las cuales acabamos de exponer y, en particular, las de análisis, obtención de soluciones e implementación de las mismas, que tienen lugar tras la etapa de formación, se llevarán a cabo en grupos de trabajo constituidos por los responsables de las áreas involucradas y dirigidos por un experto en implantaciones lean. Reunidos mediante workshops, acordarán, conjuntamente, aquello que corresponda en cada etapa.

El Value Stream Map y su papel en la metodología por etapas

La herramienta de gestión visual denominada Value Stream Map (VSM), es un útil de primera magnitud para la transición por etapas a una implantación lean, dado que considera este flujo en su totalidad y lo representa, analiza y, por supuesto, mejora, etapa a etapa.

El Value Stream Map (VSM) fue desarrollado por Toyota como parte de su sistema de producción, el sistema en el que se basa, por completo, el Lean Manufacturing. Al VSM Toyota lo llamó Material and Information Flow Mapping, y con él ha estado representando desde hace bastante tiempo, de forma muy visual, la situación actual y la ideal a alcanzar, para un sistema productivo a convertir en una implantación Lean, incluyendo los grandes flujos: el de materiales y el de información (el tercer gran flujo, el del personal, no interviene en el VSM).

La enorme difusión que está teniendo esta herramienta en la actualidad, tuvo su inicio cuando Peter Hines y Rich Nick lo dieron a conocer en su artículo “The Seven Value Stream Mapping Tools” en 1997 [26]. Pero si el Lean Manufacturing se basa en la consideración del flujo completo, desde el aprovisionamiento hasta el cliente y se vale de las herramientas de gestión visual, el Value Stream Map, necesariamente ha de tener un papel muy importante. La figura 1 muestra los elementos que incluye la representación de un sistema productivo mediante esta herramienta, así como los posibles flujos representados.

La figura muestra un flujo que se inicia en el proveedor, continua con las operaciones o los puestos de trabajo del proceso a mapear (cada uno con toda la información que interese destacar), para acabar en el cliente, es decir el flujo completo del producto. El cliente, a su vez envía órdenes a la empresa y, en concreto, al control de producción y logística (PC&L), que a su vez, envía las correspondientes órdenes al proveedor, cerrando así el circuito. El flujo desde el proveedor hasta el cliente pasando por el proceso, es de materiales y el de cliente a proveedor a través del PC&L, es de información. Sin embargo, la parte de flujo de materiales puede tener (y es conveniente que tenga, tal como ocurre en el Lean Manufacturing) su contrapartida en un flujo de información, fluyendo en sentido contrario al de los materiales.

A su vez, PC&L, envía órdenes de producción a las operaciones o puestos del proceso representado, determinando en qué períodos deben efectuarse (que es, por tanto, un flujo de información). Un aspecto importante se refiere al volumen de material en espera de ser procesado entre dos operaciones (claramente identificado en la figura 1) así como el tiempo que este material se hallará entre las mismas.

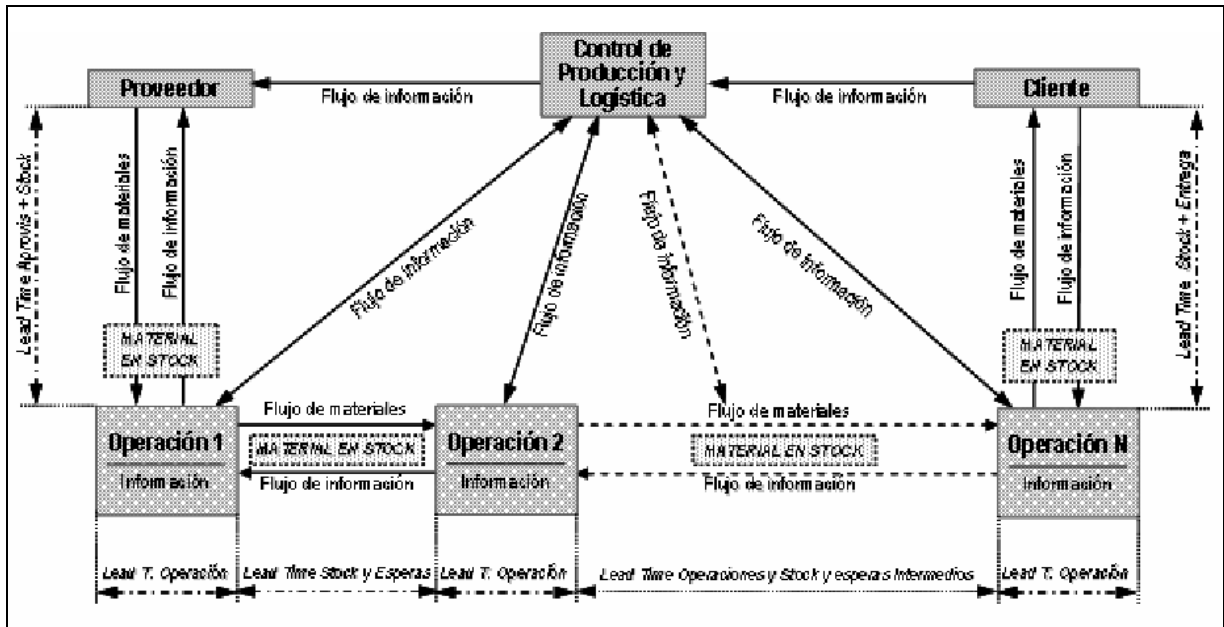


Figura 1. Elementos del Value Stream Map

Los tiempos de operación sobre el producto y los que éste se halla en espera por constituir un stock entre operaciones, quedan reflejados también en el Value Stream Map, lo que permitirá calcular, por simple suma de los mismos, el lead time entre proveedor y cliente, pasando por todas las operaciones del proceso. Estos tiempos, junto al stock acumulado, serán uno de los caballos de batalla importantes en la transición hacia un sistema más eficiente, sobre todo cuando –como ocurre invariablemente en el mundo convencional– los tiempos en que los materiales se hallan en espera entre operaciones son muy superiores a los que se hallan en proceso. De ahí que el VSM sea una herramienta de primer orden en la transición al lean manufacturing.

Las acumulaciones de stock presentes en el flujo representado en el VSM y los lead time entre operaciones, elementos clave de la mejora de los procesos, como acabamos de exponer, habitualmente se determinan a partir de la experiencia y empleando técnicas estadísticas. Si se identifica correctamente el stock entre dos operaciones, puede obtenerse una evaluación del tiempo total de permanencia entre operaciones, multiplicando el stock por el tiempo de ciclo de cada unidad de producto en la operación en la que debe ser procesado el mismo. Así suele determinarse esta importante información a introducir en el Value Stream Map.

Transición por etapas para un caso de procesos industriales, pilotada por medio del Value Stream Map

La figura 2 muestra el Value Stream Map de la situación actual para los procesos de un caso de producción industrial: una planta de fabricación y

ensamblaje de aparatos de reproducción de DVD. De acuerdo con lo expuesto acerca del papel del Value Stream Map, en la figura 2 se halla toda la información requerida acerca de tales procesos, así como los flujos de materiales y de información. La diferencia, en relación con los conceptos ya descritos, estriba en que en la figura 2 se emplea la simbología habitualmente utilizada en el VSM.

En efecto, cada puesto de trabajo (en el que hemos reunido varias operaciones) se halla representado por un rectángulo del que cuelga una tabla con la información relevante del puesto (tiempo de ciclo, tiempos de set up, n° de puestos, etc.). Además y, como es habitual en el VSM, los flujos de materiales se representan con flechas con fondo en blanco y negro cuando la transferencia se hace con enfoque push y con fondo blanco si trata de transferencia pull.

Por su parte, el stock se representan por íconos triangulares acompañados de la información relativa a los mismos, aunque en el caso de los denominados supermarkets se utiliza otro tipo de icono como se mostrará en el VSM correspondiente a una implantación lean manufacturing.

Los tiempos de proceso y de esperas entre procesos que componen el lead time total del flujo representado, que son de una importancia capital para extraer conclusiones y enfocar las mejoras, se encuentran en una línea a dos niveles, en la que los tiempos de proceso se hallan en la parte baja y los tiempos entre tales procesos en la parte alta, de forma que puedan distinguirse correctamente unos y otros. El total de estos tiempos, viene evaluado en un recuadro situado en la parte inferior derecha de la figura.

En el caso representado en la misma, resultó un lead time total del flujo completo de 15,5 días, siendo el tiempo que el producto se hallaba en proceso tan solo de 546 segundos, el tiempo que está sujeto a alguna operación; el resto de los más de 15 días, se halla en esperas por diversas causas, una información visual, altamente relevante que muestra el VSM.

Introduciendo en el Value Stream Map la información relativa a un lote de transferencia que fluya a lo largo del proceso, para cada puesto de trabajo independientemente, el VSM permitirá visualizar el flujo completo y los valores globales de stock y lead time.

La transición desde el estado actual a través de los distintos estados que conducirán, por etapas, a la implantación lean, puede llevarse a cabo con la utilización del Value Stream Map, en el que se representarán progresivamente las nuevas implementaciones hasta definir en el mapa futuro final, la implantación lean manufacturing.

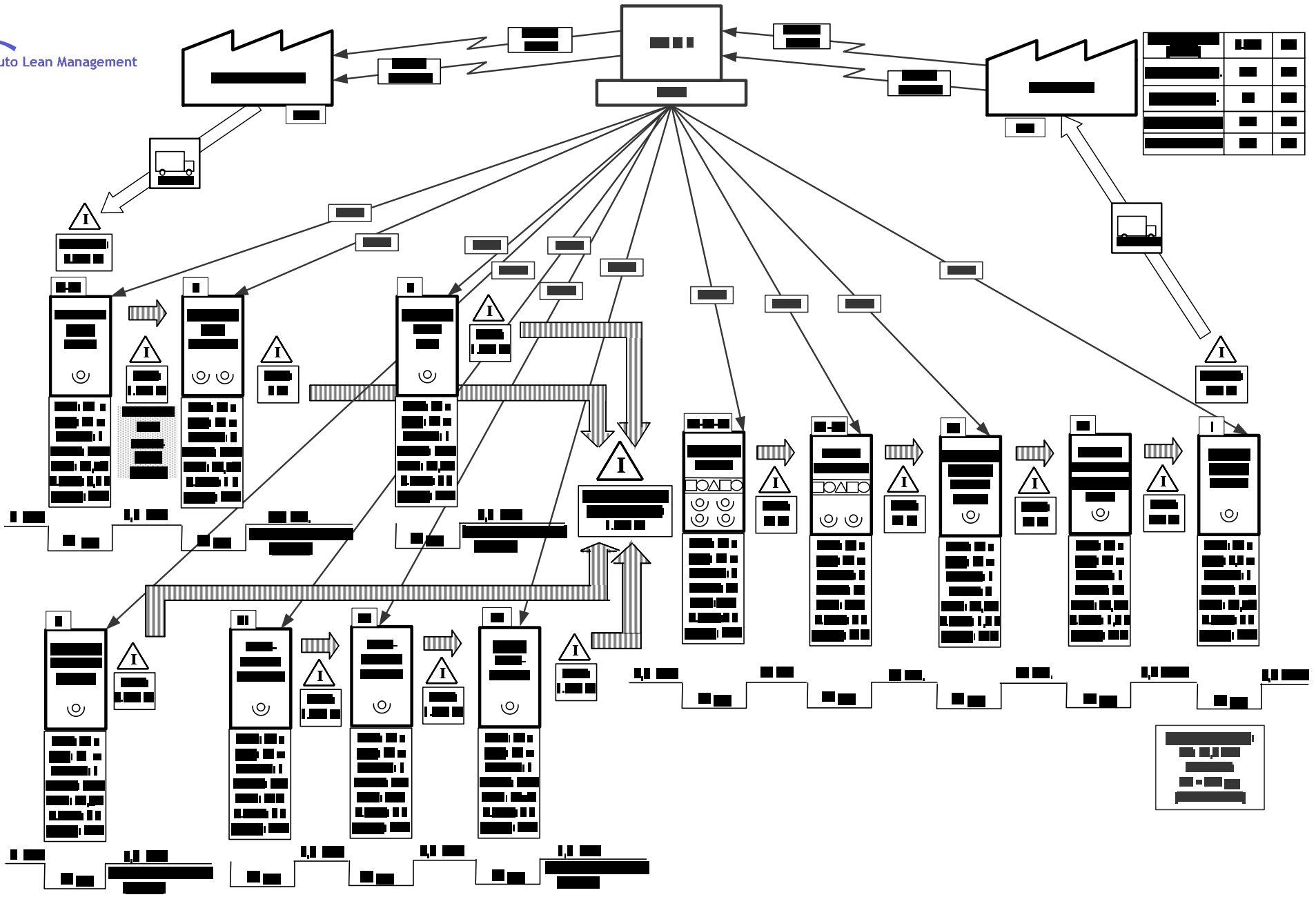


Figura 2. Value Stream Map de la implantación convencional (current state)

La figura 3 representa una etapa intermedia de la implantación del sistema lean para llevar a cabo la producción sobre puestos de trabajo que operan por medio de células flexibles y una gestión con enfoque pull, para el caso de los reproductores de DVD.

La figura 4, por su parte, presenta el mapa futuro ya completo, para el caso que nos ocupa. Los valores finales del caso para la nueva implantación, la mayoría de los cuales se hallan en el Value Stream Map, permiten extraer las siguientes conclusiones:

- a) El lead time total del lote de producción es de 7 horas (en el planteamiento convencional, se realizaba en 155 horas). La cantidad de producto correspondiente al mismo lote de producción que en el planteamiento convencional (2000 unidades), se entrega ahora en 56,3 horas, poco más de la tercera parte que en aquel enfoque).
- b) La primera entrega –de solo 10 unidades– se realiza a los 42 minutos, menos de una hora (en el planteamiento convencional, se realizaba a las 65 horas)
- c) El stock máximo acumulado de materiales y componentes es de 310 unidades (en el planteamiento convencional era de 4.000 unidades).
- d) El valor medio del stock máximo de cada una de las operaciones, es ahora de 29 unidades (en el planteamiento convencional era de 713 unidades).
- e) Los tiempos de espera del conjunto de todos los puestos, que en el planteamiento convencional ascendían a 360 horas. Con el nuevo enfoque lean solo suponen un total global de 8,3 horas.

Estas cifras permiten evaluar el sistema en su conjunto, para los parámetros más importantes y tomar decisiones acerca de la conveniencia del planteamiento efectuado.

Con la información concerniente a cada operación, convenientemente introducida en el Value Stream Map, puede completarse el mismo con el nuevo enfoque lean, disponiendo así de una información visual de todo el flujo del proceso y de cada una de sus operaciones y mejorar, a partir de ahí, etapa a etapa.

El mapa que hemos presentado como el del estado futuro a alcanzar, responde ya a los principios del lean manufacturing, al estar basado en un flujo continuo, con una operativa en flujo sobre células, respondiendo a órdenes de acuerdo con el sistema pull, con un proceso pacemaker situado al final. Sin embargo, puede observarse que, todavía muestra, aunque controlado, un stock entre operaciones, basado en supermercados y gestionado por un sistema kanban.

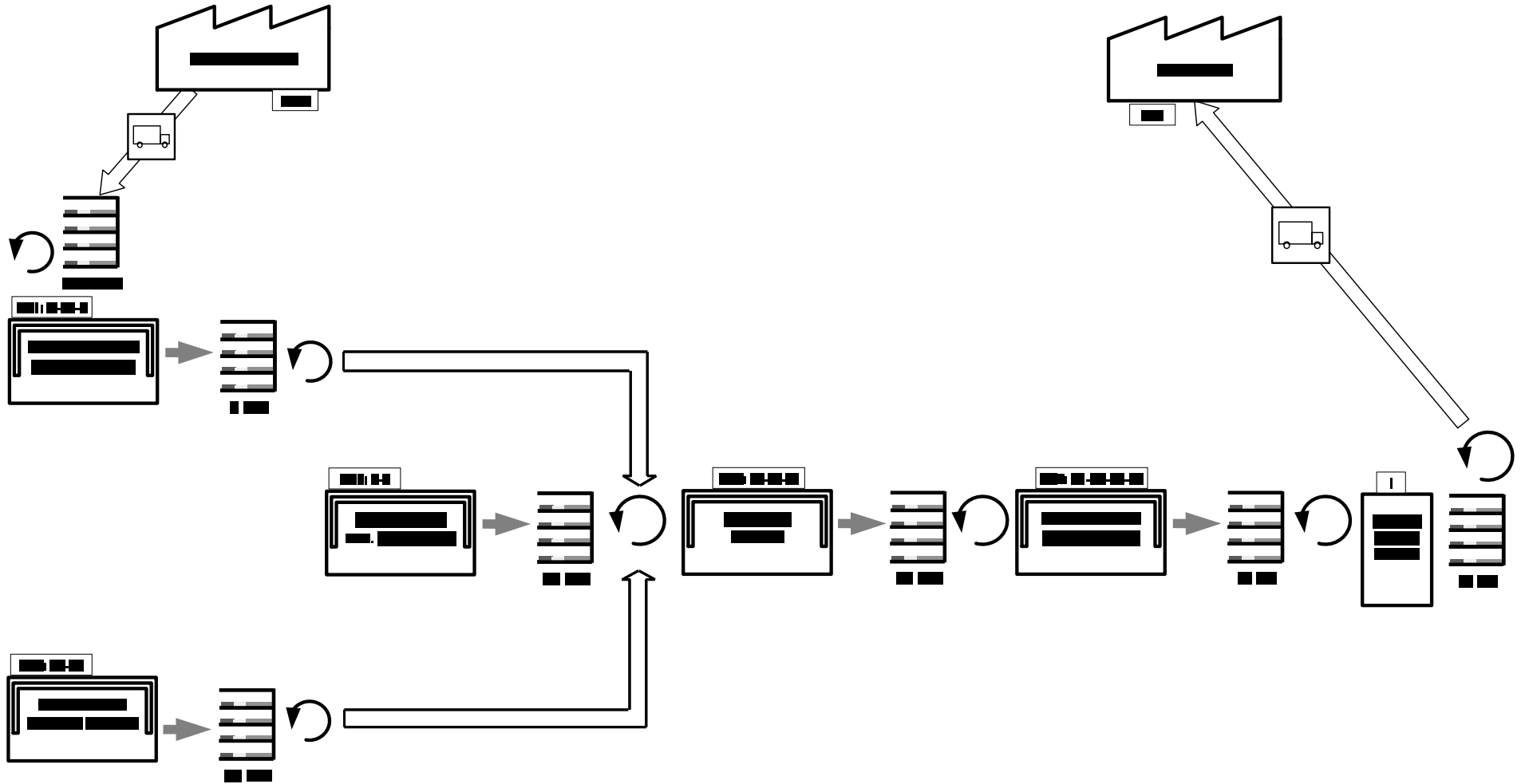


Figura 3. Planteamiento general de un sistema lean manufacturing en un VSM, para la producción de aparatos reproductores

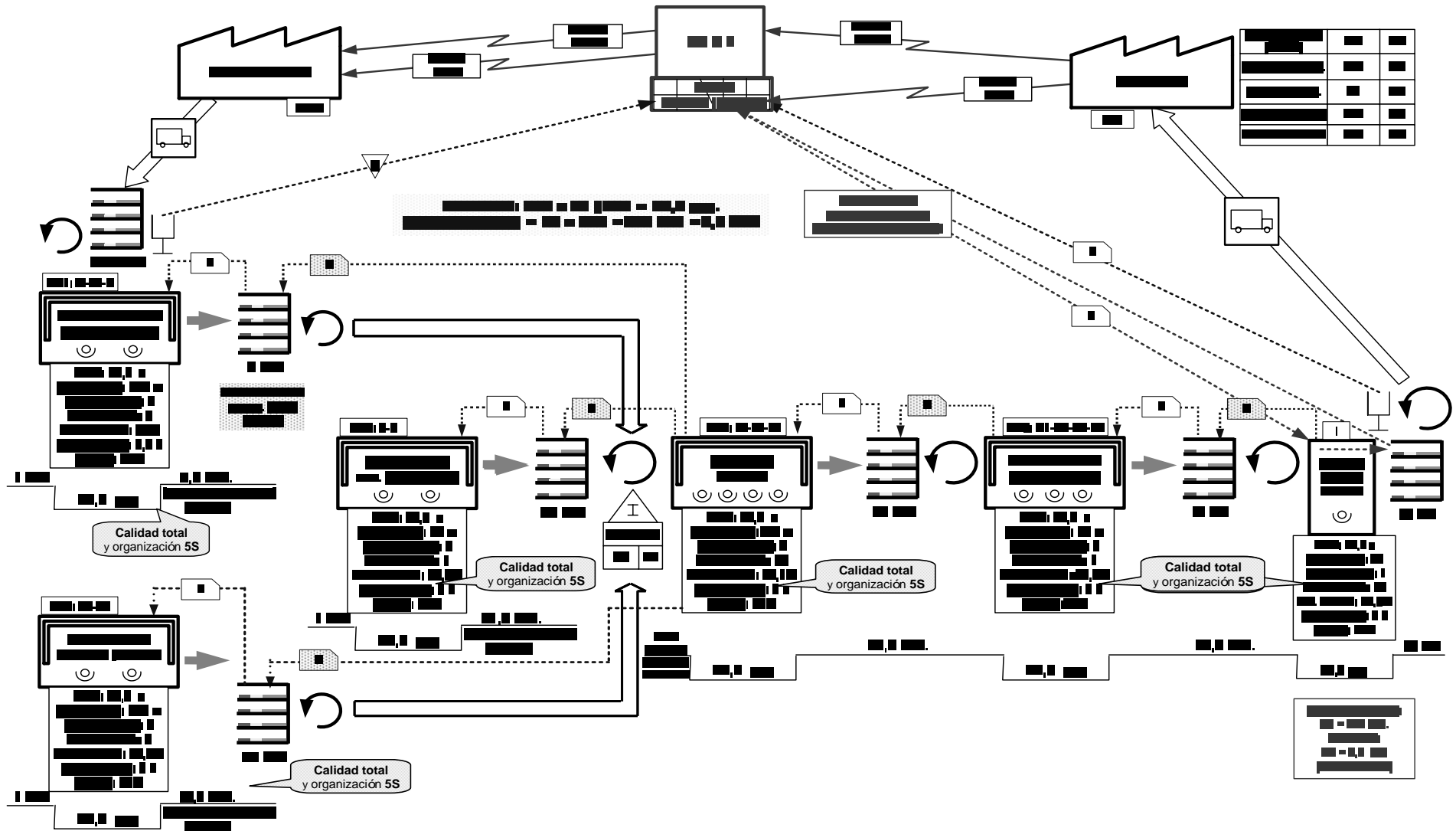


Figura 4. Value Stream Map de la situación futura a alcanzar, con el Lean Manufacturing implantado

Esto puede y debe ser así, tal y como ya se expuso a propósito de la exposición de las etapas de la metodología objeto de este trabajo, hasta tanto no se pueda establecer un flujo directo y constante entre operaciones que no requiera de los supermercados. Entre tanto se habrán de procurar las condiciones que posibiliten este flujo regular y constante, lo que supone que las distintas operaciones entreguen siempre, sin problemas, sin demora y al ritmo previsto del takt time, el material al proceso siguiente. Cualquier problema de suministros, calidad, mantenimiento, preparaciones de máquinas con tiempos prolongados, etc., habrá que irlo resolviendo, con el fin de ir acercándose paulatinamente al flujo perfecto.

Conclusiones

La implantación del lean management en un sistema productivo es una tarea compleja que va mucho más allá de la implementación de técnicas concretas, tales como un layout celular, una conexión vía kanban entre procesos o un sistema de preparación rápida con técnicas Smed.

De ahí que hayamos dedicado este trabajo a proponer una metodología correcta y ordenada, con una herramienta, el mapa de Flujo de Valor o Value Stream Map, que permite una visualización global a través de cada uno de sus elementos y su adecuada coordinación. Por otra parte hemos podido revisar planteamientos ya realizados que han sido objeto de publicaciones, así como la consideración que ha tenido el tema en la literatura de gestión de las operaciones.

Un aspecto especialmente destacable, nos parece la consideración de los resultados obtenidos aplicando correctamente la metodología, a través del caso que hemos mostrado. En efecto, el sistema resultante de la implantación, aún no suponiendo un flujo perfecto, ya que tiene intercalados stocks en forma de supermercados, ha supuesto reducciones del lead time del 66% al 95%, una reducción del stock en proceso del 92%, siendo así que el equilibrado ha permitido reducir los tiempos de espera en un 97%. Todo ello supondrá, con toda seguridad, mejoras muy importantes en la productividad, en los costes y en la satisfacción de los clientes, que tendrán un producto más barato y con mayor rapidez.

Lecturas recomendadas

Cuatrecasas, L. (2000), *Organización de la producción y dirección de operaciones : sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.

Cuatrecasas, L., (2002), "Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance." *International Journal of Production Economics* (International Journal of Production Economics), Vol. 80, N°2, pp. 169-183.

Cuatrecasas, L., (2004), "A lean management implementation method in service operations." *International Journal of Services Technology and Management* 2004, Vol. 5, N°5/6, pp. 532 - 44

Cuatrecasas, L. (2005), *Lean management: volver a empezar : un relato en lenguaje sencillo y comprensible para aprender cómo adoptar el enfoque más actual y competitivo, en la gestión de una empresa o negocio*. Barcelona: Gestión 2000.

Monden, Y. and Toyota Motors. (1987), *El sistema de producción Toyota*. Barcelona: IESE.

Ohno, T. (1991), *El sistema de producción Toyota : mas allá de la producción a gran escala*. Barcelona: Gestión 2000.

Womack, J. P., (2002), "Lean thinking: Where have we been and where are we going?" *Manufacturing Engineering*, Vol. 129, N°3, pp. L2-L6

Womack, J. P., (2006), "Value stream mapping." *Manufacturing Engineering*, Vol. 136, N°5, pp. 145-+

Womack, J. P. and Jones, D. T., (1996), "Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection." *Harvard Business Review*, Vol. 74, N°5, pp. 140-58

Womack, J. P. and Jones, D. T. (2004), *Lean thinking : cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.

Womack, J. P. and Jones, D. T., (2005a), "Lean consumption." *Harvard Business Review*, Vol. 83, N°3, pp. 58-68

Womack, J. P. and Jones, D. T. (2005b), *Lean solutions : how companies and customers can create value and wealth together*. New York, NY: Free Press.

Womack, J. P., Jones, D. T. and Roos, D. (1995), *La máquina que cambió el mundo*. Madrid (etc.): McGraw-Hill.