

4<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management  
XIV Congreso de Ingeniería de Organización  
Donostia- San Sebastián , September 8<sup>th</sup> -10<sup>th</sup> 2010

## **Análisis de la implantación de un sistema de planificación Pull Mixto en un fabricante de componentes para bienes de equipo**

**Patxi Ruiz de Arbulo López<sup>1</sup>, Enara Zarrabeitia Bilbao<sup>1</sup>, Izaskun Alvarez Meaza<sup>1</sup>, Pablo Diaz de Basurto Uraga<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dpto. de Organización de Empresas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Bilbao. Universidad del País Vasco. Alameda Urquijo s/n, 48013 Bilbao. patxi.ruizdearbulo@ehu.es, enara.zarrabeitia@ehu.es, izaskun.alvarez@ehu.es, pablo.diazdebasurto@ehu.es.

### **Resumen**

*El presente trabajo explora y analiza la aplicabilidad de las metodologías desarrolladas para implementar un sistema de planificación pull. Uno de los problemas que se encuentran las empresas que quieren adoptar la filosofía lean es que la forma de implantar los principios del lean no forma parte del cuerpo doctrinal y la aplicación de estos principios en la empresa Toyota es anterior a su definición formal. Para tratar dicha cuestión se ha realizado un trabajo empírico basado en un estudio de caso. En este trabajo se describen las experiencias de una empresa fabricante de componentes con producción para stock y producción bajo pedido.*

**Palabras clave:** Planificación pull, lean manufacturing, producción nivelada, estudio de caso.

### **1. La importancia del sistema de planificación de la producción**

En un entorno de alta competitividad, como el actual, es incuestionable la necesidad de ajustarse a la demanda, con el mínimo de recursos. Si se dispone de recursos en exceso el ajustarse a la demanda no es difícil, lo que no es tan sencillo es ser capaz de atender una demanda con alta variabilidad y con el mínimo de recursos (Descalzo, 2004).

Una de las cuestiones más importantes a resolver por cualquier instalación productiva es la de seleccionar e implantar el sistema más apropiado de coordinación y control de la producción (Crespo y García, 1996). Una forma de mejorar el rendimiento del sistema de producción es a través de la implementación de los principios del sistema de producción ajustada (*lean production*). Tres principios del sistema *lean* han demostrado ser eficaces en identificar y eliminar las fuentes de variabilidad de un sistema productivo (Slomp et al., 2009): (1) producción nivelada, (2) sistema de arrastre o tirón (*pull*) y (3) control del *takt time*. La producción nivelada reduce la variabilidad del sistema productivo y es un requisito necesario para lograr un flujo estable de los materiales. La clave de la efectividad del mecanismo de tirar o *pull* es que limita la cantidad de stock en curso (*work in process*) que puede haber en el sistema (Hopp y Spearman, 2004). El *takt time* establece el ritmo de producción que se ajusta a la demanda de los clientes.

Una revisión de la literatura científica nos indica que existen más implementaciones de los principios *lean* en fabricaciones repetitivas que en fabricaciones no repetitivas (White y Prybutok, 2001).

## **2. Propósito de la investigación**

El sistema *pull* es un principio del sistema *lean manufacturing* que ha resultado ser eficaz en los procesos productivos, capaz de atender la demanda de una manera fiable y con menor cantidad de stocks que los sistemas tradicionales de planificación tipo *push* (empujar).

Los principios y herramientas del sistema de producción *lean* vienen avalados por experiencias de éxito con su utilización. En la actualidad no cabe duda alguna de que su adopción, de forma correcta y completa, conduce al éxito, basado en mejoras en la eficiencia y competitividad. Uno de los problemas que se encuentran las empresas que quieren adoptar la filosofía *lean* es que la forma de implantar los principios del *lean* no forma parte del cuerpo doctrinal y la aplicación de estos principios en la empresa Toyota es anterior a su definición formal (Cuatrecasas, 2006). Toyota implantó su sistema de gestión con un proceso de prueba y error a lo largo de los años. Las experiencias posteriores tampoco han llevado a un único patrón de implantación. Algunos estudios pretenden orientar futuras implantaciones por inferencia de casos (Fortuny et al., 2008). Pertenecen a este grupo las metodologías desarrolladas por *Lean Aerospace Initiative* (Crabill et al., 2000) y el *Lean Enterprise Research Centre* (Hines y Taylor, 2000).

El presente trabajo explora y analiza la aplicabilidad de las metodologías desarrolladas para implementar un sistema de planificación *pull*. Para tratar dicha cuestión se ha realizado un trabajo empírico basado en un estudio de caso. En este trabajo se describen las experiencias de una empresa fabricante de componentes de bienes de equipo con producción para *stock* y producción bajo pedido en la implantación de un sistema de planificación y control tipo *pull mixto*.

## **3. Estudio de casos como metodología de la investigación**

La metodología que se ha empleado para este trabajo científico es el estudio de casos. El estudio de casos como metodología de investigación empírica, permite analizar un fenómeno actual en su entorno físico y de situación real, utilizando para ello múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas de forma simultánea (Yin, 1989).

Asimismo, Villarreal (2008) señala que el estudio de casos no es más que una de las múltiples aproximaciones empíricas que persiguen la comprensión del mundo real mediante la investigación de un hecho en profundidad dentro de un contexto original, aunque generando un nivel muy importante de realismo en las conclusiones del estudio.

Por ello, en definitiva, en este trabajo se ha utilizado el estudio de casos como metodología de investigación, ya que por un lado, siempre que sea empleada con rigor científico, es una metodología adecuada para explicar los nuevos fenómenos empresariales e incrementar el conocimiento científico existente de la realidad empresarial, y por otro lado, es la estrategia adecuada cuando la cuestión a investigar es un ¿cómo? o un ¿por qué?, cuando el investigador tiene poco control sobre los hechos o comportamientos y cuando el énfasis de la investigación está puesto sobre eventos contemporáneos dentro de su contexto en la vida real (Villarreal, 2008).

Por último, cabe reseñar que las entrevistas se han llevado a cabo en las instalaciones de la propia empresa, contribuyendo de esta forma a la recogida de información a través de la observación directa.

## **4. Fundamentación teórica.**

La aplicabilidad de los principios de planificación de la producción depende de las características del tipo de producción. Los sistemas de planificación de la producción se pueden clasificar atendiendo a varios criterios. Uno de los criterios más extendidos es el que

caracteriza los sistemas según se utilice un procedimiento de empuje (*push*) o de arrastre o tirón (*pull*).

En un sistema *push* se procesan grandes lotes de productos basándose en previsiones de demanda y después lo mueven al siguiente proceso (aguas abajo) sin importar el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso. Esto hace que en un sistema *push* es prácticamente imposible establecer un flujo constante entre un proceso y el siguiente, clave en un sistema lean. El sistema *pull* es un método de control de producción en el que las actividades aguas abajo, frecuentemente vía tarjetas *Kanban*, señalan sus necesidades a las actividades aguas arriba. Los sistemas *push* programan la entrega del trabajo mientras que en los sistemas *pull* autorizan la entrega del trabajo en base al estado del sistema (Serrano, 2007). La clave de los sistemas *pull* es que se establece un nivel máximo de *stock* en curso, lo cual previene la producción de material en curso innecesario.

El sistema de planificación *push* funciona con un flujo de información y un flujo de materiales. Los clientes hacen pedidos y en función de los mismos la empresa lanza los órdenes de fabricación y de compras. Uno de los problemas que suele aparecer es que el tiempo que se tarda desde que el cliente cursa su pedido hasta que se le entrega es más largo de lo que el mercado está dispuesto a admitir. Ante este problema las empresas suelen lanzar sus órdenes de fabricación en base a previsiones y por lo tanto antes de que exista un pedido. Esta forma de llevar a cabo la planificación hace que el *stock* de producto terminado que está en almacén sea un *stock* generado en base a previsiones de venta de varias semanas antes, por lo que lo más probable que ocurra es que las necesidades de los clientes no coincidan con las unidades del almacén. Esto provoca que haya que estar modificando constantemente los planes de producción, lo que genera grandes tensiones en la fábrica y en los proveedores. El sistema de planificación *pull* funciona en base a dos flujos de información en lugar de uno. El primer flujo funciona en base a previsiones. Con esta información se lanza un primer plan maestro de producción. Los pedidos reales se van sirviendo del *stock* generado y son estas salidas de *stock* las que generan el segundo flujo de información indicando a la línea de producción que producto se debe reponer (Descalzo, 2004).

## **5. Metodología de implantación de un sistema de planificación *pull***

En la revisión bibliográfica sólo se ha encontrado una metodología de cómo implantar un sistema de planificación *pull* (Smalley, 2004). La metodología desarrollada por Smalley (2004), se lleva a cabo mediante la aplicación secuenciada de una serie de etapas, por parte de un equipo creado para tal fin, tal como se muestra en la tabla 1. La primera etapa consiste en separar mediante un análisis de Pareto que artículos se van a fabricar para stock y cuales bajo pedido. A continuación calcula la cantidad que debe haber en almacén de los productos que se fabrican para stock. Una vez abordados los pasos anteriores se representan las cadenas de valor (*value stream*) de cada uno de los productos eligiendo el proceso regulador o *pacemaker process* para cadena de valor. La cuarta etapa aborda la nivelación de la demanda y producción, siendo la misma un aspecto clave en el funcionamiento de un sistema *pull*. Por último se definen los tipos de tarjetas *Kanban* a utilizar así como el control entre de la producción entre procesos.

**Tabla 1.** Etapas en la implantación del sistema de planificación pull (Smalley, 2004)

- |  |
|--|
| 1. Determinación de los artículos que se fabrican para stock y los que se fabrican bajo pedido.  |
| 2. Cálculo de la cantidad en almacén de los productos que se fabrican para stock.  |
| 3. Organización y control del almacén de productos terminados.   |
| 4. Elección del proceso regulador ( <i>pacemaker process</i> ) de la cadena de valor para llevar a cabo la programación y elección del sistema <i>pull</i> . |
| 5. Nivelación de producción en el proceso regulador.   |
| 6. Transmisión de la demanda y tipo de <i>kanban</i> a utilizar.   |
| 7. Control de la producción entre procesos y departamentos.  |

## 6. Estudio de caso

### 6.1. La empresa y su problemática

El objetivo de este trabajo es estudiar la aplicabilidad de la metodología de Smalley (2004) en la implantación de un sistema de planificación *pull mixto* en una empresa fabricante para componentes de bienes de equipo.

La empresa estudiada se encuentra comprometida con la producción ajustada (*lean manufacturing*). En los últimos años una de sus unidades de negocio ha sufrido un gran crecimiento de las ventas y existe por parte de los clientes una fuerte exigencia por reducir los plazos de entrega y atender las urgencias. Eso le ha llevado a faltas continuas de materias primas, incumplimientos de plazos de entrega a clientes y una alta variabilidad de la carga de trabajo en sus instalaciones.

La empresa cuenta con una alta variedad de productos (más de 1.000 referencias fabricadas en 6 células de fabricación) y el plazo de entrega estándar para cualquier producto es de 3 semanas.

### 6.2. Objetivos a conseguir

Los objetivos que se quieren alcanzar con el nuevo sistema de planificación son:

1. Mejorar el índice de cumplimiento de plazos.
2. Reducir los plazos de entrega
3. Reducir la variabilidad en la carga de trabajo de las células

Para ello, se busca:

- Definir una nueva política comercial clara.
- Definir y diseñar un sistema de planificación *pull*.

### 6.3. Etapas en la implantación

#### 6.3.1. Determinación de los artículos que se fabrican para stock y los que se fabrican bajo pedido.

La empresa ha realizado un análisis exhaustivo de las ventas por producto y por clientes, tal como se señala en la metodología de implantación de un sistema *pull*. Del análisis se obtienen los datos que se muestran en las tablas 2 y 3.

**Tabla 2.** Análisis ABC de las ventas

	A	B	C	D
Volumen ventas	< 50%	50 - 75 %	75 - 95 %	95 - 100 %
Nº de referencias	20	45	50	450

**Tabla 3.** Análisis ABC de los clientes

Tipo de cliente	n° de clientes	% facturación total
A	3%	55%
B	10%	85%
C	87%	100%

Si analizamos la tabla 4 donde se muestran las diferentes posibles opciones lógicas de la metodología de implantación desarrollada por Smalley (2004), observamos que la opción 4 garantizaría una buena solución para este caso.

**Tabla 4.** Opciones (Smalley, 2004)

Opciones	Ventajas	Inconvenientes
1. Sistema <i>pull</i> de reabastecimiento: fabricar para <i>stocks</i> todos los productos (A, B y C)	La empresa es capaz de entregar cualquier producto en poco tiempo.	Requiere inventario para todos los productos además del espacio necesario.
2. Sistema <i>pull</i> secuencial: tener inventario de todos los componentes y fabricar todos los productos bajo pedido	Menor inventario	Necesita una alta estabilidad en el proceso y el tiempo de fabricación debe ser corto.
3. Sistema <i>pull</i> mixto: Fabricar los productos C's para <i>stock</i> y el resto (A y B) bajo pedido	Menos inventario	Requiere un control de la producción mixto y estabilidad diaria de la producción.
4. Sistema <i>pull</i> mixto: fabricar los productos A y B para <i>stock</i> y el resto (C) bajo pedido	Inventario moderado	Requiere un control de la producción mixto y visibilidad en los productos C's.

### 6.3.2. Cálculo de la cantidad en almacén de los productos que se fabrican para stock

El mantener un nivel adecuado de *stock* de los productos que se fabrican para almacén es clave. Para ello es necesario revisar la demanda actual. A continuación, una vez decidido qué artículos se van a fabricar para *stock*, se lleva a cabo el cálculo de la cantidad de cada uno de ellos que debe haber en almacén de acuerdo con la tabla 5.

**Tabla 5.** Cálculo de la cantidad en almacén de los artículos que se fabrican para stock

	Promedio demanda diaria x <i>lead time</i> de reposición (días)	<i>Stock</i> de ciclo
+	Variación de la demanda como % del <i>stock</i> de ciclo	<i>Stock</i> de <i>buffer</i>
+	Factor de seguridad como % de ( <i>stock</i> de ciclo + <i>stock</i> de <i>buffer</i> )	<i>Stock</i> de seguridad
=		Inventario de productos acabados

### 6.3.3. Organización y control del almacén de productos terminados

En esta fase se tienen en cuenta los conceptos *lean* de gestión visual y organización del lugar de trabajo. Para ello se crean ubicaciones concretas para cada producto, que están cuidadosamente diseñadas para asegurar el FIFO. Además, es conveniente señalar encima de la localización del lugar de almacenamiento de cada producto la cantidad máxima. Esto

permite una organización lógica y visual del almacén de producto acabados que permite distinguir fácilmente las circunstancias normales de las anormales.

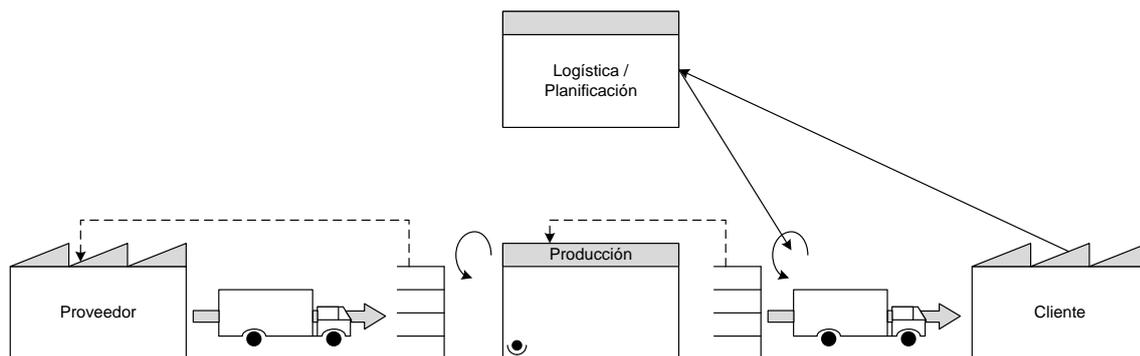
6.3.4. Elección del proceso regulador (*pacemaker process*) de la cadena de valor para llevar a cabo la programación y elección del sistema pull.

Empleando sistemas *pull* de supermercado, solo será necesario programar un punto en el flujo de valor. Este punto se llama proceso regulador o *pacemaker process*. Es el que marcará el ritmo y dirigirá la producción de la familia de productos (Serrano, 2007).

En los productos de alto volumen que operan habitualmente para stock el proceso regulador se suele situar muy aguas abajo, habitualmente en el último proceso. En los productos de menos demanda, que se trabajan bajo pedido, el proceso regulador suele situarse en un proceso muy aguas arriba.

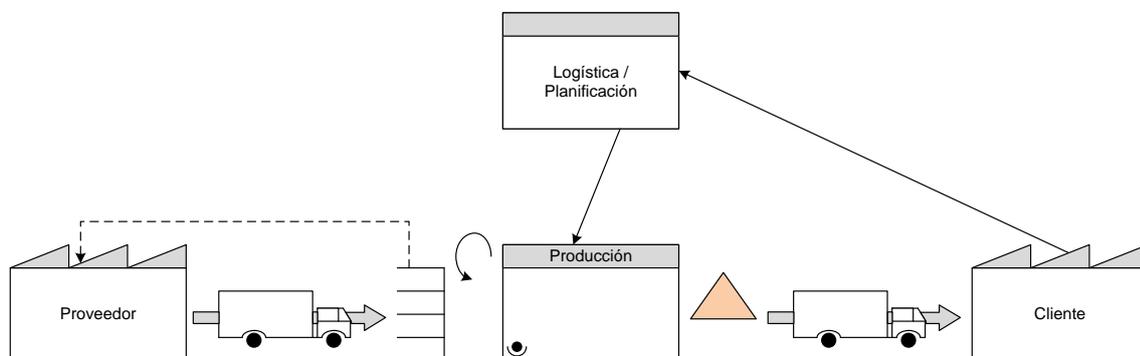
La empresa ha creado diferentes cadenas de valor dependiendo si el producto es A, B o C. (figuras 1, 2 y 3)

Los productos A se fabricarán contra stock. El proceso regulador estará situado en el almacén.



**Figura 1.** Productos A: fabricación contra stock

Los productos B se fabricarán contra pedido, no habrá por tanto inventario de productos acabados de ellos pero si de componentes. El proceso regulador está situado en la línea de producción. (figura 2)



**Figura 2.** Productos B: montaje bajo pedido

Por último los artículos C se fabricarán bajo pedido, no habiendo inventario de componentes en almacén y el proceso regulador se situará también en la línea de producción.

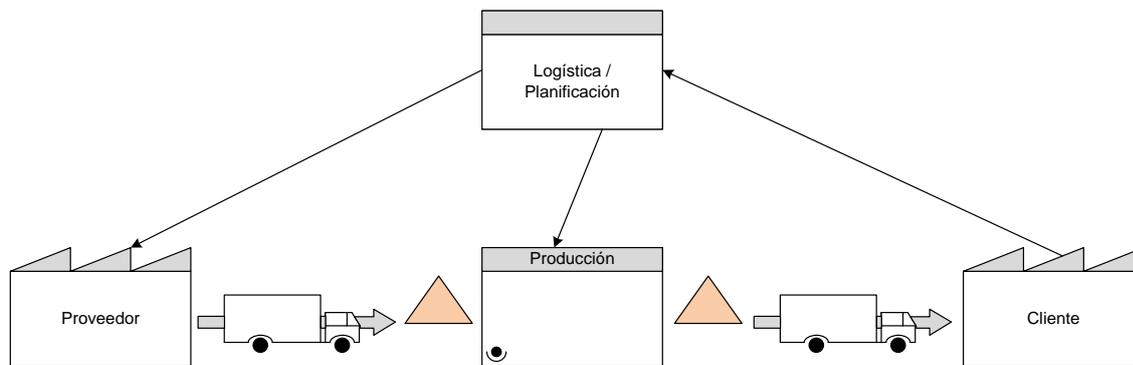


Figura 3. Productos C: fabricación bajo pedido

### 6.3.5. Nivelación de la producción en el proceso regulador

La producción de grandes series o lotes en los procesos finales de montaje o procesos reguladores evita realizar muchos cambios pero esto crea serios problemas en el resto de la cadena de valor. Los grandes lotes hacen difícil el servir a clientes que desean algo diferente a la serie que se está produciendo en el momento. Esto se traduce en mayor necesidad de producto terminado y mayor plazo de maduración (Serrano, 2007). El inventario en curso aguas arriba también se incrementa por la necesidad de disponer de los conjuntos en grandes lotes.

Una manera de solucionar este problema es realizar un *mix* o mezcla lo más nivelada posible en el proceso regulador. Nivelar el *mix* de producción significa producir en pequeños lotes.

La empresa ha establecido un sistema de control visual (panel que se gestiona en tiempo real) que permite a la fuerza comercial saber, de un golpe de vista, si hay algún impedimento para cumplir el plazo recomendado.

Por otra parte para ajustar las personas se ha establecido un periodo de nivelación de un mes. En función de las previsiones de ventas (cada mes los comerciales de cada zona hacen una previsión de ventas para los tres meses siguientes), de la situación de *stock* de los productos A, y de otras consideraciones (calendarios, vacaciones, formación, etc.) se define el número de personas necesarias para el siguiente mes.

A partir de dicha cifra de personas, que no se varían a lo largo del mes, cada semana se ajustan las personas necesarias en cada célula, en función de su carga de trabajo y buscando siempre una situación de stock equilibrada entre los productos A de las diferentes familias de producto.

Este ajuste requiere de un seguimiento visual del plan de producción semanal de cada instalación, que permite tomar decisiones de reasignación de personas entre diferentes instalaciones en tiempo real. Esto permite un rendimiento óptimo de las personas puesto que se equilibran de forma inmediata en caso de retrasos y/o adelantos.

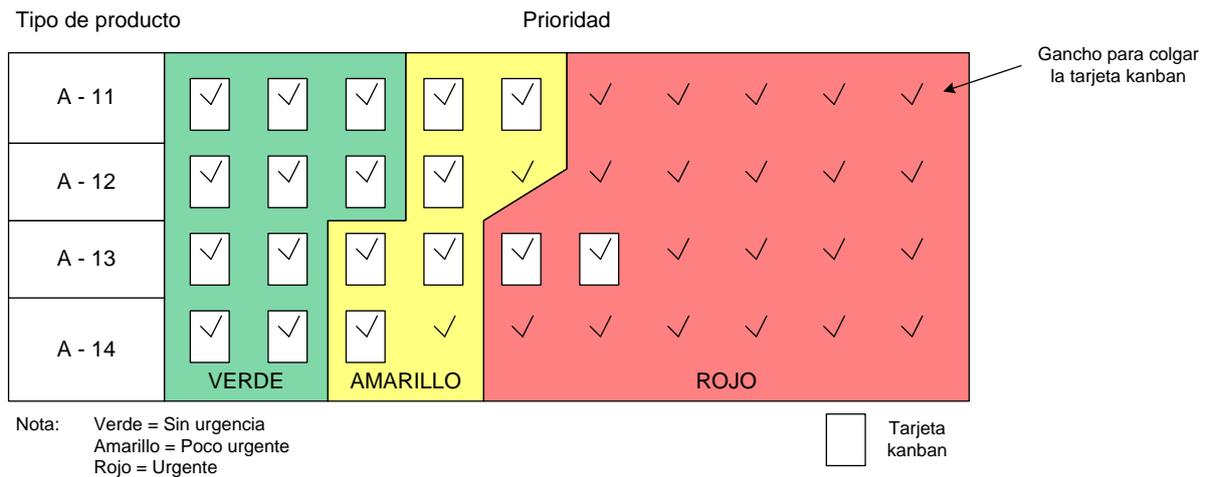
### 6.3.6. Transmisión de la demanda y tipo de Kanban a utilizar

Este punto consiste en definir como se mueven los componentes y productos a lo largo de la cadena de valor. Si este flujo no se produce de una manera consistente los retrasos serán inevitables.

Los productos A se entregan directamente desde almacén. Para ello la empresa ha establecido un sistema Kanban (figura 4). Las ventajas de este sistema son:

- a) Equilibra la producción entre periodos de alta y baja demanda manteniendo un nivel estable de personas en línea.

- b) Permite mantener una gestión visual del nivel de inventario y equilibrar las cantidades de stock de cada producto.
- c) Genera de manera automática las órdenes de fabricación de reposición.



**Figura 4.** Tarjetas Kanban

#### 6.4. Resultados y conclusiones

La metodología de implantación de un sistema de planificación *pull* desarrollada por Smalley (2004), ha resultado ser eficaz en la empresa. En el caso de la empresa estudiada se han obtenido resultados importantes en periodos de tiempo relativamente breves. La empresa ha seguido las distintas etapas de la metodología, se han detallado cada una ellas y se han alcanzado los objetivos indicados en el apartado 6.2.

La principal contribución de este trabajo es que el sistema de planificación *pull mixto* se ha mostrado como una herramienta adecuada en un entorno de alta variedad de productos con volúmenes muy diferentes en ventas, como el caso objeto de estudio. El responsable de planificación de la producción y los trabajadores han mejorado el control sobre el flujo de las órdenes de fabricación. Parte del éxito del sistema se debe a la introducción por fases. A pesar de todo, el sistema requiere una atención continua para su buen funcionamiento.

El sistema de planificación *pull mixto* ha permitido:

- Definir su política comercial en cuanto a plazos de entrega.
- Establecer mecanismos de gestión visual que permitan a las personas implicadas entender la demanda y los cambios.

#### Referencias

Crabill, J.; Harmon, E.; Meadows, D.; Milauskas, R.; Miller, C.; Nightingale, D.; Schwartz, B.; Shields, T.; Torrani, B. (2000). "Production operations level transition-to-lean description manual", Center for Technology, Policy, and Industrial Development. Massachusetts Institute of Technology.

Crespo, T; García, J.M. (1996). Sistemas de planificación y control de la fabricación: análisis comparativo. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Vol. 2, No. 1, pp. 101-124

Cuatrecasas, L. (2006). Metodología para la implantación del lean management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio. Instituto Lean Management (<http://www.institutolean.org>).

- Descalzo, J. (2004). Nuevas raíces para ULMA. *Logística Integral* Octubre 2004, pp. 13-17
- Fortuny, J.; Cuatrecasas, LL.; Cuatrecasas, O.; Olivella-Nadal, J. (2008). Metodología de implantación de la gestión *lean* en plantas industriales. *Universia Business Review*.
- Hines, P.; Taylor, D. (2000). *Going lean*, Lean Enterprise Research Centre. Cardiff Business School, Cardiff.
- Hopp, W.J.; Spearman, M.L. (2004). To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & Service Operations Management*. Vol. 6, pp. 133–148.
- Serrano, I. (2007). Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de los sistemas productivos. Tesis Doctoral. Universitat de Girona.
- Slomp, P; Bokhorst, J.; Germs, R. (2009). A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation. *Production Planning & Control*. Vol. 20, No. 7, pp. 586-595
- Smalley, A. (2004). *Creating level pull*. The Lean Enterprise Institute.
- Villarreal, O. (2008). Estudios temáticos de casos de empresas vascas de gestión innovadora: Manual metodológico. Innobasque, Zamudio (Bizkaia).
- White, R.E; Prybutok, V. (2001). The relationship between JIT practices and type of production system. *Omega*, 29 (2), 113–124.
- Yin, R. (1998). The abridged version of case study research, en Bickman, L.; Rog, D.J. (eds): *Handbook of applied social research methods*, Sage publications, Thousand Oaks, pp. 229-259.