



universidad
de león

Facultad de Ciencias
Económicas y Empresariales

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de León

Grado en Administración y Dirección de Empresas
Curso 2017/2018

**APLICACIÓN PRÁCTICA
DEL SISTEMA *LEAN* EN TALLERES ORIA, S.L.**

**IMPLEMENTATION
OF THE LEAN SYSTEM IN TALLERES ORIA, S.L.**

Realizado por la alumna: Dña. Belén Rubio Jimeno

Tutelado por los Profesores: Dra. Dña. María Cristina Mendaña Cuervo
Dr. D. Enrique López González

León, a 17 de julio de 2018

ÍNDICE

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE.....	7
INTRODUCCIÓN	9

Capítulo I LEAN MANAGEMENT

1.1. LOS PILARES BÁSICOS DE <i>LEAN</i>	14
1.1.1. Valor	15
1.1.2. Flujo de valor.....	18
1.1.3. Flujo de actividades	19
1.1.4. <i>Pull</i>	21
1.2. HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL SISTEMA <i>LEAN</i>	22
1.2.1. Mapa de flujo de valor (VSM).....	23
1.2.2. Las 5 S´	24
1.2.3. Sistemas de trabajo flexibles	25
1.2.4. Trabajo estándar.....	25
1.2.5. Intercambio de herramientas en minutos (SMED)	26
1.2.6. Mantenimiento productivo total (TPM).....	27
1.2.7. <i>Jidoka</i> y <i>Poka-joke</i>	28
1.2.8. Justo a tiempo (JIT)	29
1.2.9. <i>Heijunka</i>	30
1.2.10. <i>Kaizen</i>	31
1.3. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA <i>LEAN</i>	32
1.3.1. Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido.....	32
1.3.2. Segunda etapa: Consolidación del flujo, eliminación de desperdicios y estandarización de actividades.....	33
1.3.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo <i>pull</i> . <i>Kanban</i>	34
1.3.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles	35

1.3.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular	35
1.3.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo <i>pull</i> balanceado, nivelado y multiproducto	36
1.3.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual	37

Capítulo II

PROCESO PRODUCTIVO TRADICIONAL

2.1. CONTEXTUALIZACIÓN	39
2.2. CASO 1. PROCESO PRODUCTIVO DEL CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA	40
2.3. CASO 2. PROCESO PRODUCTIVO DEL PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADO POR EL CLIENTE	42

Capítulo III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. CASO 1: CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA	45
3.1.1. Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido.....	45
3.1.2. Segunda etapa: Consolidación del flujo, eliminación de desperdicios y estandarización de actividades.....	54
3.1.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo <i>pull</i> . <i>Kanban</i>	56
3.1.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles	58
3.1.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular	59
3.1.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo <i>pull</i> balanceado, nivelado y multiproducto	60
3.1.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual	61
3.2. CASO 2: CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR EL CLIENTE	63
3.2.1 Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido.....	63
3.2.2. Segunda etapa: Consolidación del flujo, eliminación de desperdicios y estandarización de actividades.....	68

3.2.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo <i>pull</i> . <i>Kanban</i>	69
3.2.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles	71
3.2.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular	71
3.2.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo <i>pull</i> balanceado, nivelado y multiproducto	73
3.2.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual	73

Capítulo IV

RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA *LEAN*

4.1. ANÁLISIS DE LAS MEJORAS LOGRADAS CON LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA <i>LEAN</i>	76
4.2. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA <i>LEAN</i>	77
4.3. INCONVENIENTES DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA <i>LEAN</i>	78
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	83

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 3.1: Trabajo acabado realizado con las lonas</i>	75
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3.1: Últimos pedidos del mes de febrero 2018</i>	47
<i>Tabla 3.2: Operaciones y datos para los procesos de una orden de remates</i>	48
<i>Tabla 3.3: Operaciones y datos para proceso de una orden futura</i>	53
<i>Tabla 3.4: Cálculo de tarjetas <i>kanban</i> y tiempos de ciclo</i>	60
<i>Tabla 3.5: Obras de lonas del mes de enero y febrero 2018</i>	64
<i>Tabla 3.6: Operaciones y datos para una obra de lona actual</i>	65
<i>Tabla 3.7: Operaciones y datos para una obra de lonas futura</i>	65
<i>Tabla 3.8: Cálculo de tarjetas <i>Kanban</i> y tiempos de ciclo</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Pilares básicos del Lean Management</i>	15
<i>Figura 1.2: Tipos de actividades en base al criterio del cliente</i>	19
<i>Figura 1.3: Producción Pull</i>	21
<i>Figura 1.4: Modelo de implementación del sistema Lean</i>	22
<i>Figura 1.5: Ciclo del mapa de valor</i>	23
<i>Figura 2.1: Proceso productivo del acero</i>	41
<i>Figura 2.2: Proceso productivo del galvanizado y prelacado</i>	42
<i>Figura 2.3: Proceso de obtención del aluminio</i>	43
<i>Figura 2.4: Proceso productivo del corte de la chapa mediante láser</i>	44
<i>Figura 3.1: Diagrama de las actividades hasta llegar al cliente</i>	45
<i>Figura 3.2: Diagrama de actividades realizadas en Oria</i>	46
<i>Figura 3.3.: Mapa de Flujo de Valor Actual</i>	49
<i>Figura 3.4: Simbología del Mapa de Flujo de Valor Actual</i>	50
<i>Figura 3.5: Mapa de Flujo de Valor Futuro</i>	51
<i>Figura 3.6: Simbología del Mapa de Flujo de Valor Futuro</i>	52
<i>Figura 3.7: Desperdicios en la planta productiva de Oria</i>	55
<i>Figura 3.8: Tarjetas kanban Oria</i>	57
<i>Figura 3.9: Programación por pull nivelado directo</i>	59
<i>Figura 3.10 : Tablón con información sobre la implantación Lean en Oria</i>	62
<i>Figura 3.11: Diagrama de las actividades hasta llegar al cliente</i>	63
<i>Figura 3.12: Diagrama de actividades realizadas en Oria</i>	64
<i>Figura 3.13 : Mapa de Flujo de Valor actual</i>	66
<i>Figura 3.14: Mapa de Flujo de Valor Futuro</i>	67
<i>Figura 3.15: Desperdicios en la planta productiva de Oria</i>	68
<i>Figura 3.16: Tarjetas kanban Oria</i>	70
<i>Figura 3.17: Programación pull nivelado directo</i>	71
<i>Figura 3.18: Tablón con información sobre la implantación Lean en Oria</i>	74
<i>Figura 3.19: Zonas diferenciadas en el taller</i>	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 4.1: Indicadores de la aplicación del sistema Lean</i>	77
---	----

RESUMEN

El propósito de este trabajo es profundizar en el conocimiento del sistema *Lean Management* con el objetivo de implementarlo en una empresa real, Talleres Oria.

Para ello, se realiza un estudio de las bases teóricas de este sistema, lo que posteriormente permite realizar la aplicación práctica en la empresa objeto de estudio, concretamente en dos de sus principales procesos productivos.

La puesta en práctica en un caso real ha permitido proponer acciones que modifican el sistema de producción tradicional, apoyado en las herramientas típicas de esta metodología, como el Mapa de Flujo de Valor o las tarjetas *kanban*.

En el trabajo se describe no solamente el proceso de implantación sino también las mejoras que se derivan del mismo. Esto nos ha permitido concluir que, en el caso de estudio, con el sistema *Lean*, se logra una mejora en distintos indicadores, como son los costes de producción o los tiempos de espera. Esta última variable es especialmente significativa en este caso, ya que por las peculiaridades del mercado puede determinar el futuro de pequeñas empresas como la que estamos analizando, logrando que puedan mantenerse en el mercado y ser competitivas.

PALABRAS CLAVE

Lean, Mapa de Flujo de Valor, *kanban*, *pull*, plegado de chapa.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to deepen in the knowledge of the *Lean Management* system with the objective of implementing it in a real company, Talleres Oria.

In order to do so, a study of the theoretical bases of the aforementioned system is carried out, based on which a subsequent practical implementation is executed in the target company, more specifically in two of its main production processes.

The implementation on a real case has allowed to propose actions modifying the traditional production system thanks to the usual tools of this methodology, such as the Value Stream Mapping or the kanban cards.

In this paper we describe not only the implementation process, but also the resulting improvements. Therefore, it has been concluded that the Lean system enables an enhancement in various indicators, such as the production costs or the waiting times. The latter variable is particularly significant in this case, given the specific features of the market, as it can determine the future of small companies, like the one analyzed, and it can enable them to stay in business and to be competitive.

KEYWORDS

Lean, Value Stream Map, kanban, pull, brake-formed sheet.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas buscan poder aplicar tanto los costes directos como los indirectos a sus productos para conocer el coste de sus productos y establecer cuáles son los que les reportan beneficios y los que resultan negativos. Los métodos tradicionales no les permitían conocer el coste total, ya que sólo aplicaban de forma correcta los costes directos, utilizando criterios subjetivos para la imputación de los costes indirectos, dotando así al coste del producto de un cierto grado de subjetividad. Con el incremento de los costes indirectos –tanto en número de factores como en importe total– dicha subjetividad ha dejado de ser aceptable. De ahí, que surjan nuevos métodos que traten de aplicar correctamente todos los costes, también los indirectos.

Estos nuevos sistemas van un poco más allá: no sólo se busca poder aplicar correctamente cada coste al producto que le corresponde, sino que se pretende eliminar todos los procesos, movimientos o materiales que no supongan valor añadido para el producto y que lo encarezcan.

El inicio del cambio fue marcado por Toyota con el conocido como “sistema Toyota”, con el que buscaba reducir el desperdicio y realizar una producción justo a tiempo. Este sistema lo han intentado poner en práctica multitud de empresas, basándose en los principios que Toyota instauró en sus fábricas, si bien no ha sido posible el mismo éxito en todos los casos. Por ello, siguen surgiendo métodos que permitan adaptarse mejor a las necesidades de cada empresa, como el *Seis Sigma*, *Lean Sigma* o *Lean Manufacturing* entre otros.

El sistema *Lean* es una forma de operar que permite a las empresas adaptarse a las necesidades de los usuarios de los productos o servicios, lo que implica buscar la perfección de manera continua. A partir de los beneficios que se logran en la producción, el concepto crece hacia la gestión de la empresa y aparece el concepto *Lean Management* en el que se centra el presente Trabajo Fin de Grado.

Desarrollo del trabajo

El presente trabajo ha sido estructurado en cuatro capítulos. El primero de ellos aborda de forma teórica la metodología *Lean*, con una contextualización de la misma a lo largo

del tiempo y el porqué de su nacimiento y desarrollo. A continuación, nos centramos en los pilares en los que se fundamenta, las herramientas de las que se ayuda para su aplicación y las etapas que se deben seguir para lograr una implementación correcta en las empresas.

En el segundo capítulo, en primer lugar, se ha contextualizado a la empresa en la que se va a llevar a cabo la implementación práctica real, explicando los dos procesos productivos concretos en los que se va a centrar la aplicación, con el objetivo de establecer el punto de partida del proceso. De esta forma, se explica el proceso productivo por los que pasa el producto hasta llegar al cliente final, pretendiendo una comprensión mejor de las posibles deficiencias que tratamos de solventar con la implementación de *Lean*.

En el tercer capítulo, se lleva a cabo la aplicación práctica del sistema *Lean* en los dos procesos productivos en los que se ha centrado el presente TFG y que se lleva a cabo en Talleres Oria (empresa objeto de estudio), para ello se realiza la explicación de las siete etapas que tienen lugar para la puesta en marcha del sistema, comentando la puesta en práctica de distintas herramientas que caracterizan al sistema *Lean* y que permiten su aplicación en los dos casos que nos ocupan, logrando así implementar el sistema en los dos casos de estudio.

Para finalizar, se incluye un cuarto capítulo, en el que hemos analizado los distintos datos para comparar su situación antes y después de la aplicación de este sistema, con el objetivo de analizar el impacto de la metodología *Lean* en nuestra empresa y conocer las ventajas e inconvenientes que ha supuesto este sistema en Talleres Oria.

OBJETO DEL TRABAJO

El objetivo que se persigue con el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) es el estudio de la metodología *Lean*, así como de las distintas herramientas de las que se ayuda para su aplicación, para posteriormente, comprobar si es posible su aplicación práctica a dos procesos productivos de una pequeña empresa ubicada en Astorga, Talleres Oria, y si su implementación le permite alcanzar mejores resultados.

En primer lugar, para lograr estos objetivos, nos hemos adentrado en la metodología de la mano de sus precursores, para conocer en qué circunstancias nació esta nueva

metodología, los pilares en lo que se asienta la misma y algunas de las herramientas de las que se ayuda para su aplicación, describiendo las etapas a seguir para lograr su implementación.

Una vez analizados los conceptos de una forma teórica, realizaremos los pasos a seguir para comprobar si es posible su aplicación de forma práctica en Talleres Oria. Esta aplicación, se ha llevado a cabo en dos procesos productivos, en concreto en el plegado de chapa suministrada por la empresa y el plegado de chapa suministrada por el cliente, por suponer más del 80% de la facturación de la citada empresa.

Para la aplicación práctica, en primer lugar, se ha explicado el proceso productivo de los productos, por ser una metodología que no sólo se centra en la mejora de una parte del proceso productivo, sino de todo, buscando la satisfacción del cliente final. Por ello, se ha implementado el sistema en la parte productiva del proceso que corresponde a Talleres Oria siguiendo las distintas etapas, para que una vez que se logre, sean sus proveedores y clientes los que continúen con la implementación en el resto del proceso productivo.

Con la aplicación de las distintas etapas en los dos procesos productivos, se busca conocer si esta pequeña empresa logra modificar su sistema de producción tradicional y adaptarse a las peculiaridades del sistema *Lean*, implantando en su proceso productivo distintas herramientas que le permitan lograr una aplicación completa del sistema y conocer los beneficios que le reportará la aplicación del mismo a través de distintos indicadores.

METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente TFG se parte de un estado del arte basado en la información contenida en diferentes **fuentes secundarias**, para la posterior aplicación práctica gracias a la información facilitada por las **fuentes primarias**.

El primer capítulo del presente trabajo se ha elaborado gracias a la lectura y comprensión de diferentes obras de autores que son considerados los padres de la metodología *Lean*, en los que muestran a través de varios ejemplos cómo el sistema tiene cabida en todo tipo de empresas. Más concretamente, se ha procedido a la lectura de varios libros de Lluís Cuatrecasas, o que han sido adaptados por el mismo, para conocer los pasos que debe seguir una empresa para implementar esta metodología a sus procesos productivos. Se ha

elegido a este autor por ser el fundador y presidente del Instituto *Lean Management* en España, el cual forma parte de la red global de Institutos *Lean*.

Tras la comprensión de las diferentes obras, y extracción de los puntos que podrían ser de nuestro interés, se ha procedido a elaborar el segundo capítulo en el que hemos contextualizado a la empresa Talleres Oria (objeto de estudio), y explicado cómo se realizaban los procesos productivos al completo que sufren los materiales hasta llegar al cliente final para pasar al tercer capítulo en el cual se ha realizado de una forma eminentemente práctica, poniendo en marcha las distintas herramientas que se adaptan al proceso productivo de la empresa. Esto ha sido posible gracias a los datos facilitados por la propia empresa y los conocimientos que se tienen del proceso productivo y de las herramientas de las que se dispone y de las que tiene cabida implementar por trabajar durante un periodo relativamente largo en la misma. Los datos proporcionados para la elaboración del trabajo son datos reales, que no han sido modificados por no revelar ninguna información que perjudique a la empresa por su publicación, son datos relativos a los últimos pedidos que ha recibido la misma en el primer trimestre del 2018, año en el que ha sido elaborado el presente TFG.

Para la obtención de los mismos, se ha procedido al análisis de los partes de trabajo y se han seleccionado los datos que eran relevantes para llevar a cabo la implementación del sistema, dejándolos reflejados en distintas tablas que se encuentran a lo largo del trabajo.

Y por último, se ha realizado un cuarto capítulo en el que se han analizado las distintas mejoras que ha logrado la empresa con el cambio en su proceso productivo y las ventajas e inconvenientes que supone el mismo para la empresa como entidad.

Capítulo I: LEAN MANAGEMENT

La metodología *Lean* tiene sus orígenes en el sistema implantado por Toyota, empresa automovilística que ideó y desarrolló su propio sistema al que denominó *Toyota Production System* (TPS). Este método tiene sus inicios tras la segunda guerra mundial, entre los años 1950 y 1960 en plena expansión japonesa. Nació como alternativa a la cadena de montaje ideada por Henry Ford, ya que el método fordista se estaba quedando obsoleto y comenzaba a ser una fuente de conflictos laborales y sociales.

Los principios del sistema ideado por Toyota se basan en la constante reducción o eliminación de pérdidas, para lo cual se plantea que se debe producir lo que el cliente necesita y justo cuando lo necesita. Este sistema denominado también de las 5 “S” atribuido a Sakichi Toyoda, fundador de Toyota, a su hijo Kiichiro Toyoda y al ingeniero Taiichi Ohno, no se hizo conocido hasta 1970, momento en el que gracias a los resultados obtenidos por la compañía (incluso en 1973, en plena crisis de petróleo), llamó la atención de las empresas japonesas y americanas hacia este sistema y animó a muchas a plantearse su implantación. Cabe mencionar que se denomina sistema de las 5 “S” por los principios que se persiguen con el mismo *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* y *Shitsuke*, palabras japonesas relacionadas con: organización, orden, limpieza, esmero y rigor; cuanto más se aleje la organización de estos principios, más improductiva se hace, estableciendo así los 7 tipos de despilfarros que analizaremos más adelante.

Fue a partir de la publicación de “La máquina que cambió el mundo” cuando comenzó a denominarse *Lean Production* o *Lean Manufacturing*, por denominar así los autores del mismo al sistema de producción de Toyota (Womack, Jones, Roos, & Massachusetts Institute of Technology., 1990). A partir de este momento, comenzó a extenderse geográficamente, con mayor intensidad en Europa, y en 1996 con la publicación de “*Lean Thinking*” aparece *Lean Management* como consecuencia de la aplicación a todos los sectores de actividad (Womack, Jones, & Cuatrecasas Arbós, 2005).

En líneas generales, el sistema *Lean* es una forma de operar que permite a las empresas adaptarse a las necesidades de los usuarios, satisfaciendo las mismas mediante la producción de productos u ofreciendo servicios que reclama el mismo, sin ser la empresa

la que busca convencer al consumidor para que los adquiriera. Para ello debe buscar la perfección de forma continua.

En relación a la implantación de este sistema, requiere una serie de cambios que hacen necesario romper con el sistema tradicional, en el que las empresas fabricaban en lotes, sin importar la existencia de grandes cantidades de material almacenado y sin tener en cuenta las necesidades de los usuarios. Se producía con las innovaciones propuestas por los propios directivos de la empresa o movidos por las nuevas tecnologías que aparecían en el mercado que facilitaban la reducción de tiempos y costes desde su punto de vista. Esto provocaba obtener gran cantidad de producto final a la espera de ser adquirido por el usuario, promoviendo en muchas ocasiones la necesidad de realizar ofertas o tener que incurrir en gastos de publicidad para que el consumidor adquiriera el pensamiento de que necesitaba ese producto.

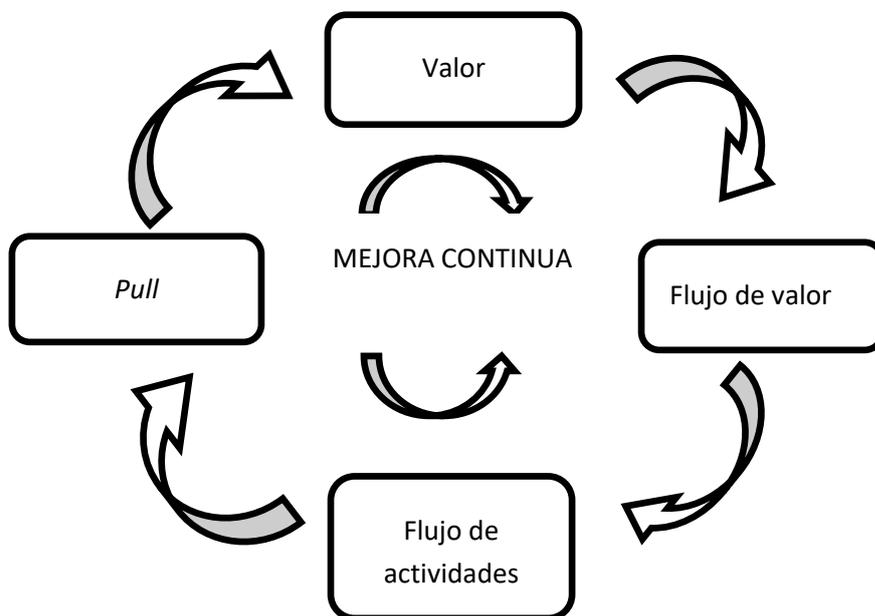
Desde sus inicios, el sistema *Lean* se centró en la producción (*Lean Production*), pero con el paso del tiempo, para lograr que el sistema funcione en su perfección, ha sido necesaria su aplicación a todos los ámbitos de la empresa. En general, el éxito radica en que no solo la producción se realice de acuerdo a la metodología *Lean*, sino que los pedidos o el trato con los proveedores debe mantener esa misma filosofía, ya que en caso contrario conlleva grandes pérdidas de tiempo o de dinero.

De acuerdo con lo anterior, se puede definir el pensamiento *Lean* como aquel que permite realizar más acciones con menos recursos, bien sean humanos, de maquinaria, de tiempo, de espacio o de capital, acercándose a lo que los consumidores reclaman de una forma eficiente, logrando que el trabajo se realice de una forma satisfactoria y consiguiendo un *feedback* que permita convertir los despilfarros en valor. (Womack et al., 2005).

1.1. LOS PILARES BÁSICOS DE LEAN

El sistema *Lean* se asienta sobre 4 pilares básicos: valor, flujo valor, flujo de actividades y *pull* (Womack et al., 2005). La figura 1.1 presenta los 4 pilares fundamentales de este modelo de gestión, los cuales se ajustan a la excelencia empresarial ajustándose a lo que el mercado necesita sin consumir recursos innecesarios.

Figura 1.1: Pilares básicos del Lean Management



Fuente: Elaboración propia

A los 4 pilares básicos, podemos añadir otro más, el quinto, también incluido en la figura 1.1, la mejora continua, fruto de que es muy difícil lograr el valor, el flujo de valor, el flujo de actividades y el *pull*, por lo que será necesario seguir realizando pequeñas mejoras y lograr así obtener cada vez mejores resultados y alcanzar la perfección.

1.1.1. Valor

Es necesario definir el valor para los clientes de un determinado producto, pero no debemos pensar por ellos y hacernos nuestra propia idea. El cliente paga por las cosas que para él tienen valor, no por las que la empresa considera valiosas, por lo que es necesario que los directivos sean capaces de preguntar a sus clientes por aquello que les reporta valor de sus productos, tratando de eliminar el resto, lo que bajo la filosofía *Lean* se denomina desperdicios (*muda* en japonés).

De acuerdo con lo anterior, por desperdicio entendemos todas las actividades o recursos que no aportan ningún valor al producto o servicio, aplicándose a cualquier tipo de proceso sin importar si estamos ante la fabricación o la contabilidad. Para determinar que no aporta ningún valor al producto o servicio lo debemos analizar desde el punto de vista

del consumidor, y son aquellos que no acercan al producto o servicio al estado final que se quiere lograr con el proceso. (Cuatrecasas Arbós & Tena, 2011).

El término desperdicio ha sido uno de los aspectos más analizados de la filosofía *Lean*, tratando de establecer una diferenciación entre los distintos tipos existentes, lo que ha dado lugar a una clasificación general en los siete tipos siguientes:

- **Sobreproducción:** Este tipo de desperdicio tiene lugar cuando se produce más de lo que se vende, intentando lograr economías de escala o posibles fallos en la producción. Este excedente permanece en las instalaciones hasta que es solicitado por algún cliente, ya que la producción se lleva a cabo sin tener en cuenta la demanda del cliente. Pero el transcurso del tiempo implica en algunos casos que el producto ya no se encuentre en las condiciones óptimas para la venta, bien porque no posee las características que solicita el cliente o bien porque ha sufrido pequeños daños que hacen que tenga que volver a una determinada parte del proceso productivo para retocarlo.
- **Procedimientos inadecuados para la elaboración de productos o exceso de prestaciones:** Nos encontramos ante este desperdicio en varias situaciones, algunas de ellas tienen lugar cuando tenemos maquinaria inadecuada para los niveles de producción a los que nos enfrentamos, cuando el personal no está capacitado para realizar el trabajo del puesto que ocupa, bien porque estamos desaprovechando su talento o bien porque no tiene las facultades para tomar las decisiones a las que se tiene que enfrentar, o los métodos de trabajo que se llevan a cabo.
- **Inventarios o stocks:** Este despilfarro está estrechamente ligado con el primero, ya que para lograr las economías de escala que buscan las empresas es necesario poseer stocks muy amplios de materiales que permitan continuar con la producción. Todas estas materias primas que esperan ser utilizadas deben estar reflejadas en unos inventarios, que nos informen en todo momento de la cantidad que poseen, con esta producción se logran gran cantidad de productos acabados o en curso que también tienen que estar controlados, haciendo que sea necesario realizar inventarios para controlarlo y tener que emplear recursos en ellos.

- **Transportes innecesarios:** Los movimientos innecesarios tienen lugar cuando la distribución no es la adecuada, es decir, cuando los materiales o materias primas que son necesarios en los distintos puntos del proceso productivo se encuentran lejos del lugar de trabajo. La colocación del flujo de producción es muy importante, ya que con ello nos podemos ahorrar el tiempo que se emplea en transportar el producto de una fase a otra; por el contrario, si tenemos una cadena colocada de forma que el producto fluya de una fase a otra sin necesidad de recorrer una gran distancia, se produce un gran ahorro.
- **Movimientos innecesarios:** Al igual que en el caso anterior con las materias primas, puede darse en el caso de las personas, ya que si una misma persona realiza dos tareas que se encuentran separadas por una gran distancia, la mayor parte del tiempo de su jornada se perderá en estos desplazamientos, mientras que si es el producto el que se desplaza, se permite que todo este tiempo se dedique a la fabricación.
- **Tiempos de espera:** Los tiempos de espera que se producen en el sistema de producción tradicional son en gran parte ocasionados por la fabricación en lotes, ya que un producto no pasa a la siguiente fase hasta que no se llega a una determinada cantidad de productos finalizados en ese punto, para que la siguiente fase trabaje al 100%. Esto implica que en muchos momentos los productos estén parados en la fase anterior a la espera de completarse, sin que en la siguiente fase se esté trabajando, a la espera de que lleguen los mismos o que cuando lleguen produzcan un cuello de botella al no ser posible realizarlos en el mismo tiempo que la fase anterior.

Otro factor que hace que existan tiempos de espera que no son previsibles y que en muchas ocasiones producen la pérdida de varios días de trabajo son las averías, ya que no se realizan los parones adecuados para realizar el mantenimiento de la maquinaria y se le hace trabajar al 100% de su capacidad cuando está en funcionamiento.

- **Piezas defectuosas:** El sistema tradicional deja que los productos avancen por la cadena en grandes lotes, sin tener en cuenta si posee un defecto que puede ser subsanable o no, simplemente avanza, hasta que al final del proceso productivo llega al control de calidad y es en este punto cuando se decide si el producto es o

no válido para la venta. Esto implica un despilfarro de recursos, ya que la pieza que no era válida en la primera fase, se podía haber ahorrado todo el coste de las fases posteriores sin tener que llegar a la última para decidirlo.

Una vez que analizados brevemente todos los tipos de desperdicios, el resto de actividades que tienen lugar en el proceso productivo y no incluyen ninguno de los anteriores son las que añaden valor al producto o servicio.

1.1.2. Flujo de valor

Cuando hacemos referencia al flujo de valor, nos referimos a todas las actividades que son necesarias para obtener los productos y entregarlos al cliente. Es por ello tan importante el diseño de los productos, ajustándose a las necesidades y requerimientos de los clientes, como obtenerlos y entregarlos de manera rápida, directa y sin la realización de actividades innecesarias.

El flujo de valor abarca todas estas actividades que forman parte del proceso, las cuales tienen lugar en varios departamentos de una misma empresa, y que generalmente se realizan en distintas empresas por las que es necesario que pase el producto, ya que cada una se encarga de una parte del proceso productivo, hasta que finalmente llega al cliente el producto final.

Para que el flujo de valor no genere desperdicios y sea eficaz, es necesario que los distintos departamentos lo analicen en su conjunto, sin centrarse exclusivamente en la parte que les corresponde, y compartiendo con los demás los avances, las posibles mejoras o determinadas características que son necesarias para su fabricación correcta. Sólo de esta forma se logrará generar valor añadido sobre el que ya ha sido obtenido en las etapas anteriores, además es imprescindible tener una buena comunicación entre ellos, para lograr un flujo de información adecuado.

Es en este punto donde las empresas tradicionales tienen que superar las tendencias que venían realizando, en las que cada proceso de cada departamento se realizaba de forma independiente, siendo habitual que dos departamentos unidos por la cadena de valor mantengan mala relación. Con ello, se da lugar a que se dupliquen tareas, como puede ser la realización de un control de calidad al acabar el proceso productivo en la primera

empresa y que se realice otro en la entrada en la siguiente, o que por no conocer las características que necesitan en el proceso “aguas arriba” o “aguas abajo” se realicen actividades innecesarias, incurriendo en costes y generando despilfarro. Por esto, las empresas *Lean* deben relacionarse estrechamente entre los distintos departamentos y con sus proveedores, logrando una buena comunicación y buena coordinación.

En relación al tipo de actividades que nos podemos encontrar en el flujo de valor y cómo debemos actuar ante ellas, en la figura 1.2 se muestra una clasificación en base a lo que podemos hacer de las mismas, en función al criterio del cliente.

Figura 1.2: Tipos de actividades en base al criterio del cliente



Fuente: Elaboración propia

1.1.3. Flujo de actividades

Una vez que conocemos el flujo de valor, es necesario materializarlo mediante los procesos necesarios para producir lo que el cliente desea.

Los sistemas tradicionales nos empujan a una producción en grandes lotes, con maquinaria que sea capaz de realizar el trabajo en el menor tiempo posible, distribuyendo

la responsabilidad de forma que cada departamento sólo se preocupe de lo que se realiza en su área. Es posible que parezca que operar de esta forma, en grandes lotes, permita producir con mayor rapidez y productividad, incluso Taiichi Ohno, precursor de este sistema, dice “la gente piensa que realizar un determinado tipo de trabajo, todo de una sola vez, es más rápido” en su libro *Gestión del puesto de trabajo*, pero no es así. Llevar a cabo el proceso productivo en grandes lotes y dividir la actividad en departamentos sin ninguna relación, dificulta el flujo de valor hacia el cliente (Cuatrecasas, 2010).

Analizando esta producción en lotes, observamos que es la forma más improductiva de llegar al cliente, ya que se busca que el producto llegue de forma rápida y sin producción de desperdicios. Cuando se produce en lotes, los stocks de productos en las distintas fases son elevados, impidiendo que continúen el proceso productivo cuando alguno de ellos está finalizado, esperando a que el lote completo pase por ese proceso. Trabajar así, sumado a la independencia entre los departamentos, sólo hace que las esperas sean mayores y que las interrupciones en el proceso aumenten.

Es por ello necesario que el flujo entre las distintas actividades sea real, que no se vea interrumpido, y esto se logra entregando el producto con la mayor rapidez posible. Para ello, es necesario que el producto avance en pequeñas cantidades, y si es posible una sola unidad, con operaciones perfectamente conectadas y lo más cerca posible unas de otras, logrando así eliminar los desperdicios que se ocasionaban con la producción tradicional, como pueden ser los siguientes:

- La manipulación de los productos que se transportan en grandes contenedores.
- Los transportes de los mismos, gracias a la cercanía entre las distintas fases.
- Los stocks entre operaciones.
- Las esperas entre operaciones, ya que el flujo es fluido.
- Los problemas de calidad, trabajar con pequeñas cantidades, facilita el control visual.

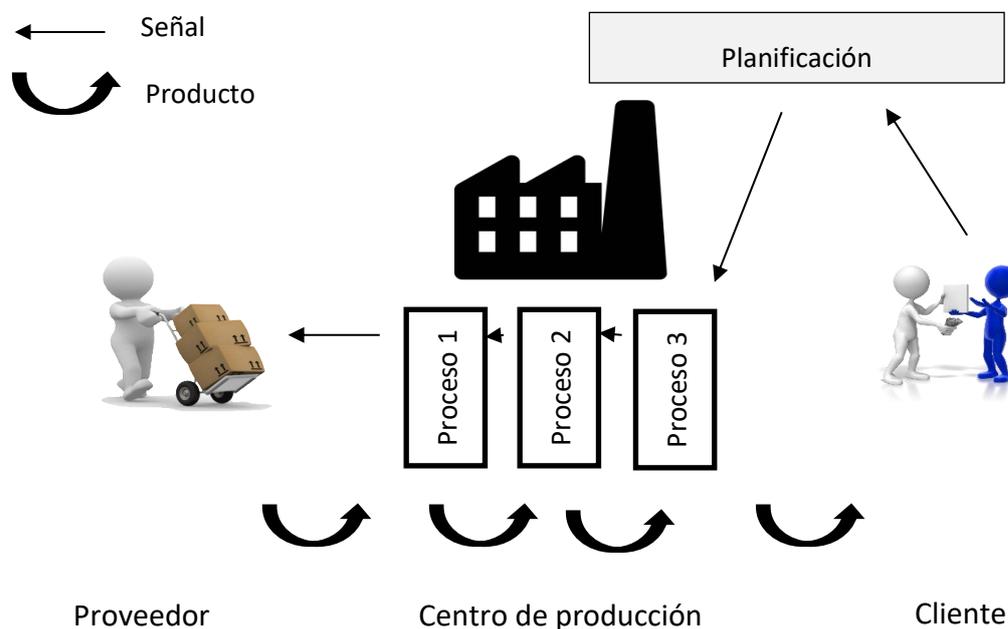
Con todo ello, trabajar en flujo logrará una mayor eficiencia, ya que el producto avanzará en cuanto esté listo, además de eliminar los desperdicios que se ocasionaban trabajando en lotes, permitiendo así que el producto se entregue al cliente de forma rápida, correcta y con menor coste.

1.1.4. Pull

El sistema de arrastre o *pull* es el que permite completar el desarrollo de la actividad del proceso de la empresa y satisfacer plenamente al cliente y sus necesidades. En este punto estaríamos preparados para entregar al cliente lo que él desea, como lo desea y cuando lo desea. Esto implica que el cliente final, será el que marque todo el proceso, ya que será él, el que determine en que momento requiere el producto, y está operativa implica que se ajuste a la demanda en todo momento.

Cada proceso se debe realizar con las necesidades del que le sigue, es decir su cliente, hasta llegar al cliente final, la operativa se deberá realizar en función del último proceso, en función de lo que se ha de entregar al cliente final y en el momento que lo requiera, y será este el que *pull* (tirá) del último proceso, que deberá solicitar del proceso anterior y así hasta llegar al primer proceso.

Figura 1.3: Producción Pull



Fuente: Elaboración propia

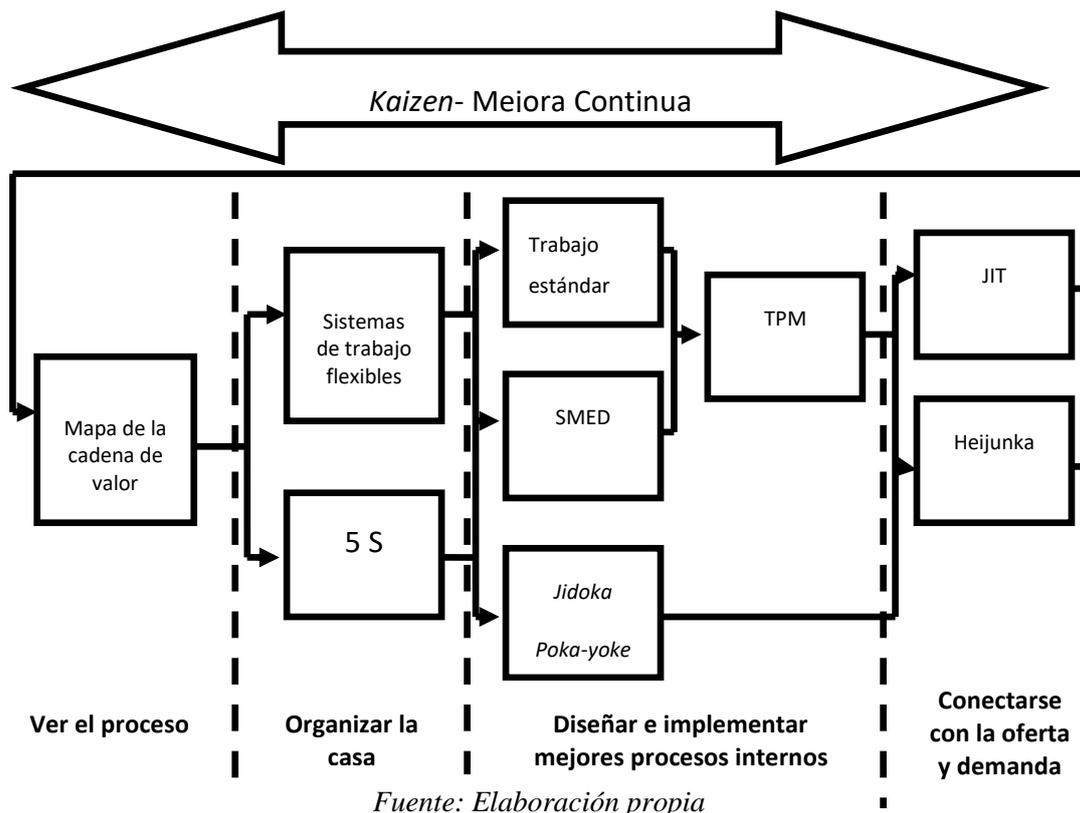
En la figura 1.3 observamos como cuando el cliente retira un producto, es necesario reponerlo, solicitándose al anterior y así sucesivamente, cerrándose así el circuito, en el que sólo se fabrica lo que es demandado en la cantidad demandada. Además, se podrá lograr una gran flexibilidad de adaptación de forma continua al consumidor.

Este sistema rompe con el tradicional método *push*, en el que la empresa fabricaba y llevaba a la tienda a la espera de ser comprado por el cliente, esperando que el producto fabricado cumpliera sus necesidades, y de no ser así se trataba de crear esa necesidad para que lo comprara.

1.2. HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL SISTEMA LEAN

Como en todos los sistemas, el *Lean* se ayuda de una serie de herramientas que le facilitan mejorar el proceso y le permiten su implementación (figura 1.4), estando presentes en todas las etapas, las cuales analizaremos a continuación (Dinas Garay, Franco Cicedo, & Rivera Cadavid, 2009).

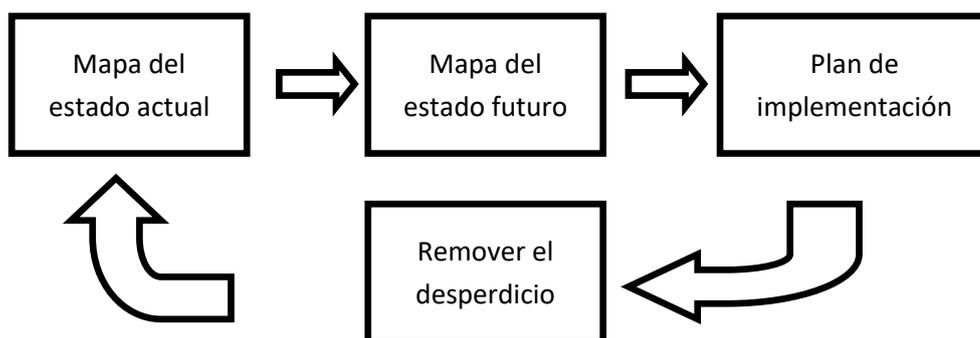
Figura 1.4: Modelo de implementación del sistema Lean



1.2.1. Mapa de flujo de valor (VSM)

El mapa de flujo de valor (*Value Stream Mapping*, VSM) es un diagrama en el que se muestran cómo se relacionan los distintos departamentos y operaciones que se realizan desde la recepción de la orden hasta la entrega al cliente final. Es el primer paso que se debe realizar antes de evaluar un proceso. Con la realización del mismo logramos conocer aquellas actividades que no agregan valor al producto, un enfoque de todas las actividades que se realizan y sus conexiones, lo que nos permite conocer donde podrían estar fallando y los desperdicios que se están ocasionando para eliminarlos. Es necesario realizar un mapa de la situación actual, recopilando la información de cómo se realizan ahora las cosas, preguntarnos cómo podrían fluir mejor y posteriormente realizar otro mapa con el estado futuro (figura 1.5.). Una vez que se obtiene ese mapa futuro hay que establecer un plan de implementación para llevarlo a cabo.

Figura 1.5: Ciclo del mapa de valor



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, las etapas a seguir para lograr un análisis y mapa de la cadena de valor en la empresa son las siguientes:

- Definir el ciclo de vida del producto.
- Definir y analizar los flujos potenciales, es decir que no dependan de la empresa completamente.
- Mapear los flujos de producción.
- Construir el mapa del estado actual y validar la etapa 1 y etapa 2.
- Evaluar conductas y comportamientos del mapa actual.

- Analizar el desperdicio.
- Crear un mapa del estado futuro, basado en un pensamiento adelantado.
- Crear un mapa del estado futuro a corto plazo.
- Crear un set de balanceado y analizar las diferencias potenciales.
- Crear e implementar mejoras al estado futuro.
- Renovación en un proceso repetido y progresivo.

Esta herramienta nos permite visualizar el proceso de producción con los tiempos de ciclo, los tiempos muertos, movimientos de material, y flujos de información que tienen lugar, lo que permite eliminar los desperdicios que se están generando, reduciendo así los costes y logrando ser más competitivos y reduciendo los ciclos de producción al mínimo.

1.2.2. Las 5 S´

Las 5´s constituyen una herramienta fundamental, ya que permiten la transformación de la producción convencional al sistema *Lean*. Como ya se ha mencionado, su denominación está relacionada con 5 acciones –expresadas en japonés– que comienzan con la letra “s” y que permiten la creación de un lugar seguro donde trabajar. A saber:

- *Seiri* (Clasificar). Diferenciar entre los elementos que son necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo para la realización de las tareas, y eliminar los que no sean necesarios. Se les colocará una etiqueta roja, simulando una expulsión y se enviarán a un almacén transitorio hasta decidir si se deben eliminar por completo o se pueden utilizar para otra operación.
- *Seiton* (Ordenar). Disponer de lo que necesito para realizar el trabajo, donde lo necesito y en la cantidad en lo que lo necesito, para eliminar las pérdidas de tiempo y desplazamientos en la búsqueda de los mismos.
- *Seiso* (Limpiar). Mantener limpias las áreas de trabajo y las máquinas, nos permite trabajar con mayor comodidad y observar en un primer vistazo posibles problemas que surjan como fugas o piezas rotas que necesitan ser sustituidas o reparadas.
- *Seiketsu* (Estandarizar). Fijar la realización de las mejores prácticas en las distintas áreas de trabajo, para ello es esencial contar con la ayuda de los trabajadores, que son los que poseen la mejor fuente de información y no suelen ser tenidos en

cuenta, una vez que se estandarizan los métodos es necesario que la gerencia promueva la continuidad de los mismos.

- *Shitsuke* (Disciplina) Para poder llevar a cabo todas las acciones anteriores las personas deben adquirir autodisciplina, será la acción más difícil de llevar a cabo por la resistencia humana al cambio, pero con el establecimiento de las nuevas normas y estándares se logra el aumento de productividad de la organización promovido por la comodidad de los trabajadores en sus puestos de trabajo y la eliminación de desperdicios.

Para la implementación de estas acciones es importante llevarlas, en primer lugar, en un área piloto, para conocer su evolución y los problemas a los que nos podemos enfrentar y, a continuación, implantarlo de forma progresiva en el resto de la organización.

1.2.3. Sistemas de trabajo flexibles

La organización de los recursos de los que dispone la empresa, tanto en relación al personal, como de espacios o de materiales, de forma que todos los operarios que trabajan en el mismo conozcan de forma integral las distintas actividades que tienen lugar en el mismo, para poder realizar las mismas en cualquier momento en el que sean requeridos, permite una mayor autonomía que facilita la realización de las actividades ante cualquier problema que le surja a la persona encargada de la misma, facilitando así la continuidad del proceso productivo, factor que supone una mayor responsabilidad por parte de los operarios.

1.2.4. Trabajo estándar

El trabajo estandarizado pretende que los distintos flujos de actividades tengan lugar dentro del proceso que agrega valor a los productos. Para ello, los trabajadores deben ser capaces de producir dentro del *takt time* (ritmo de unidades que deben ser producidas para cumplir con las exigencias de los consumidores) los elementos que le son asignados y mejorar así el tiempo de ciclo de cada producto. Con ello se pretende que todos los trabajadores realicen el trabajo en el mismo tiempo y de la misma manera, logrando un trabajo estandarizado que asegura el mejor método y secuencia para cada proceso.

Para llevar a cabo este proceso, nos podemos ayudar de la hoja de trabajo estandarizada en la que se muestran todas las operaciones a llevar a cabo, el tiempo de realización de las mismas, colocándose en el área de trabajo para que esté visible en todo momento.

Una vez establecido el *takt time*, se debe proceder al balanceo de la línea si fuera preciso; esta acción se utiliza para igualar las diferencias de tiempos de las acciones incluidas en un mismo ciclo productivo, logrando que los trabajadores no tengan tiempos muertos a la espera de que les llegue el producto de la fase anterior. Para calcular el número de trabajadores necesarios debemos dividir el tiempo de ciclo total entre el *takt time*, combinando a los trabajadores que cuenten con menor tiempo hasta igualar el *takt time* y logrando así el balanceo de la línea.

1.2.5. Intercambio de herramientas en minutos (SMED)

El Intercambio de Herramientas en Minutos (*Single-Minute Exchange of Die*, SMED) son las técnicas que se han desarrollado para lograr el cambio de las herramientas y utillajes de las máquinas en 10 minutos, y que surgieron para poder cumplir con la técnica de justo a tiempo a la que haremos referencia más adelante.

Esta necesidad del cambio de utillaje en tan corto tiempo para continuar siendo competitivos, surge cuando se implementó la fabricación en lotes mucho más pequeños, ya que, si no se reducía este tiempo que se perdía en realizar el cambio, se debería continuar con la fabricación en grandes lotes.

Para poder reducir este tiempo, es necesario diferenciar los dos tipos de operaciones que se pueden dar:

- Operaciones internas: son aquellas que deben realizarse con la máquina parada.
- Operaciones externas: pueden realizarse con la máquina en marcha.

El objetivo es analizar las distintas operaciones, clasificarlas y pasar de operaciones internas a externas en la medida de lo posible, y las que no sea posible reducir el tiempo lo máximo posible.

La clave para que este método obtenga buenos resultados, es que una vez que la máquina esté parada el operario no realice ninguna operación externa, y además que se estandaricen los movimientos necesarios para el cambio, logrando realizar los menos

posibles y perfeccionar el método. Además, para que se lleve a cabo con la mayor rapidez, planificar en qué orden tienen que realizarse las acciones, en qué momento, que operarios y cuáles son los materiales necesarios para el cambio y la inspección permite la eliminación de tiempo que se pierde en pensar o decidir esas tareas.

1.2.6. Mantenimiento productivo total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Maintenance*, TPM) son un conjunto de actividades cuya implantación tiene como misión el mantenimiento preventivo industrial. Una vez que estas actividades son implantadas, ayudan a la mejora de la competitividad de la empresa, por lo que puede considerarse por tanto como una estrategia, ya que elimina las deficiencias de los sistemas operativos logrando ser más competitivo que los demás competidores. Es necesario que no se aplique a las áreas productivas, sino a toda la organización.

El TPM surgió en empresas japonesas cuando se incorporó el concepto *kaizen* (mejora continua), lo que llevo no sólo a corregir las averías que surgían, sino a realizar un mantenimiento preventivo en todas las etapas del ciclo de vida del equipo para que la fiabilidad en ellos fuera total, involucrando a todo el personal que forma parte de la empresa.

El TPM se asienta en los siete pilares siguientes:

- Mejoras enfocadas: con ellas se pretende maximizar la efectividad global eliminando las pérdidas existentes como puede ser por fallos en el equipo, por defectos o por programación entre otros.
- Mantenimiento autónomo: este mantenimiento se logra involucrando al operario encargado de utilizar la máquina en las actividades de mantenimiento, dotándoles de formación para ello.
- Mantenimiento planificado o progresivo: se pretende eliminar los problemas de la maquinaria mediante acciones de mejora y prevención.
- Mantenimiento de calidad: el propósito del mismo es controlar las condiciones de los componentes y de los equipos para que no afecten a la calidad del producto.

- Prevención de mantenimiento: son las actividades que se llevan a cabo durante las fases de diseño y construcción de la máquina para reducir los costes durante su funcionamiento posterior, buscando la reducción de las posibles averías o su frecuencia.
- Mantenimiento en áreas administrativas: con este mantenimiento no se involucra al equipo productivo, sino al de oficinas, con el propósito de reducir las posibles pérdidas de información.
- Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación: en este pilar se agrupan todas las acciones que se deben llevar a cabo para lograr el desempeño por parte de los trabajadores de las distintas actividades.

1.2.7. *Jidoka y Poka-yoke*

El modelo *Lean* busca el correcto funcionamiento de todos los elementos del sistema, para ello se ayuda de distintos métodos como puede ser el *jidoka* o el *poka-yoke* y así asegurar la calidad del producto.

El método *jidoka* es un sistema que asegura el trabajo de la línea de producción parando de forma automática las máquinas ante cualquier anomalía, estableciéndose así un control del proceso. Para ello se dota a los equipos productivos de sistemas que permitan arrancar, parar o informar de la situación en la que se encuentran. A este respecto, uno de los sistemas más utilizados ha sido la instalación de luces de diferentes colores visibles desde cualquier punto de la planta, de forma que se prevé a la máquina de tres luces de colores distintos, la luz de color verde cuando el funcionamiento de la misma es correcto, de color amarillo que avisa del encendido de la luz de color rojo si no se atiende a la máquina con rapidez y la de color rojo que indica o bien que la máquina ha finalizado la tarea que le había sido requerida o que existe algún problema.

Pero no sólo las máquinas forman parte del proceso productivo, es por ello que también se debe controlar los posibles defectos de calidad que estén relacionados con las actividades realizadas por las personas, estableciéndose los sistemas *poka-yoke* o anti-error, dispositivos que intercalados entre las distintas operaciones permiten detectar anomalías y evitan que se produzcan fallos. Se pueden establecer diversas clasificaciones, en función del control y su forma de actuar (Cuatrecasas, 2010):

1. Por el tipo de control:
 - De control o bloqueo: los cuales detienen o bloquean el proceso impidiendo que se pueda producir el fallo.
 - Informativos o de aviso: advierten de anomalías que deben ser subsanadas por los operarios.
2. Por el tipo de detección:
 - De contacto: como su nombre indica contacto físico o electrónico.
 - De valor constante: nos indican el número de veces que se ha producido una anomalía en la repetición de una actividad.
 - De pasos de movimiento: nos informan de anomalías que han surgido en los pasos establecidos y que, por tanto, no se han cumplido como debían.

1.2.8 Justo a tiempo (JIT)

La filosofía Justo a Tiempo (*Just In Time*, JIT) busca la eliminación de los despilfarros que no aporten valor añadido para el cliente. Con esta filosofía no sólo se busca la reducción de los niveles de los inventarios, sino que va más allá, pretende que la mano de obra sea flexible, el establecimiento de los tiempos necesarios de arranque, la productividad de la mano de obra o la calidad en el producto que debe ser entregada al cliente, con lo que pretende mejorar la capacidad de la empresa para responder a los posibles cambios. De esta forma, se trata de producir lo que es necesario en el momento necesario, eliminando el despilfarro por completo cuando está eliminado.

Para lograr aplicar esta filosofía se ayuda de varios métodos de trabajo, como puede ser la aplicación de un flujo continuo (uno de los pilares del *Lean –push–*), en el que el transporte de los productos se hará en pequeños lotes o incluso de uno en uno, logrando mover sólo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad en la que se necesita, lo que permitirá que no se fabrique más de lo que el cliente demanda.

Con esta filosofía los problemas salen a la luz, ya que, al reducir los niveles de inventario, los problemas existentes se verán descubiertos, lo que permitirá resolverlos en lugar de ocultarlos bajo grandes inventarios; por ello, la aplicación de distintos sistemas que permitan identificar esos problemas se consideran beneficiosos como puede ser el *kanban*, que ayuda a la implementación del JIT, y que tiene por finalidad la transmisión

y el control de las transformaciones y movimientos de los productos dentro del proceso productivo, a través de dispositivos visuales como pueden ser las tarjetas (*kanban*), en las que las mismas acompañan a los productos indicando los pasos que debe seguir y la cantidad requerida de los mismos en cada punto, permitiendo conocer así en todo momento la cantidad de material utilizado y que debe ser repuesto.

Podemos diferenciar dos tipos de tarjetas *kanban* (Cuatrecasas, 2010):

- De producción: utilizada para solicitar al proceso anterior la producción de una determinada cantidad de productos que ya han sido consumidos.
- De transporte: utilizada para solicitar la retirada de un lote acabado, listo para ser llevado a la siguiente fase o al almacén, en ella se indican la cantidad a enviar al proceso siguiente.

También se pueden encontrar otras variantes como puede ser el *kanban* de proveedor, en el que se solicita materiales al proceso anterior pero el cual no se encuentra dentro de la empresa, sino que se trata de un proveedor externo.

1.2.9. Heijunka

Heijunka es la herramienta que utiliza el *Lean* para nivelar la producción y satisfacer así la demanda requerida por los clientes, reduciendo al mismo tiempo los desperdicios en el proceso de producción, logrando satisfacer la demanda real. Con esta herramienta se busca producir todos los días el mismo número de unidades para cumplir con los distintos pedidos, por ejemplo, cuando una empresa recibe un pedido de 1000 unidades para la demanda total de una semana, pero los pedidos cada día tienen diferentes cantidades, si se nivela la demanda en este caso en 200 unidades logrará cumplir con todas las entregas y facilitar la gestión de recursos y materiales necesarios para la producción. Cuando los pedidos son de diferentes productos, en este caso es necesario alternar la producción de los distintos tipos, para poder hacer frente a las entregas con mayor flexibilidad en función de lo requerido por los clientes o atender a posibles cambios de tipo de producto, para ello es muy importante reducir los tiempos de cambio de los que hemos comentado anteriormente (SMED), y determinar el *takt time*, que como ya se ha mencionado es el tiempo que se tarda en terminar un producto, es esencial para determinar el tiempo que tardaremos en satisfacer la demanda del cliente.

1.2.10. Kaizen

Kaizen palabra japonesa que significa “cambio para mejorar”, nos indica que debe buscarse continuamente esa mejora, por lo que cuando nos referimos a ella, queremos lograr una “mejora continua”, es necesario para que se cumpla que todos se involucren por igual, desde los gerentes hasta los trabajadores.

Lograr la mejora en los niveles de calidad, productividad, costes, servicios y entrega es su objetivo primordial para ello, se ayuda de unos principios que debe cumplir:

- Da prioridad a los procesos en lugar de a los resultados: considera que los resultados mejoran cuando se perfeccionan los procesos, no lograr los resultados planificados indica que existen fallos en los procesos.
- Anteponer la calidad: la calidad es la mayor prioridad, ya que sin ella la empresa no puede competir.
- Hablar por medio de datos: para poder dar solución a los problemas, lo primero es reconocerlos y contar con los datos suficientes para tratarlos.
- El proceso siguiente es el cliente: si consideramos el siguiente proceso como un cliente, cumpliremos una entrega sin defectos, en tiempo y forma, en la que el cliente final recibirá un producto de alta calidad.

Pero para lograr la mejora continua, es necesario poner en marcha seis aspectos fundamentales que permiten alcanzarla:

- Control de calidad total (*Total Quality Control*, TQC): que permite mejorar constantemente en el desempeño en todos los niveles operativos con la utilización de todos los recursos humanos y capital disponible. No debe considerarse una actividad de control, sino una estrategia que permita una mayor rentabilidad y competitividad.
- Producción JIT: que consiste en producir lo que se necesita, cuando se necesita como ya se hizo referencia con anterioridad.
- Mantenimiento productivo total (TPM): logrando que los sistemas de producción logren la mayor eficiencia posible, como también se hizo referencia con anterioridad.

- Despliegue de políticas: la compañía debe establecer unos objetivos claros, en los que cada persona conozca cómo debe actuar logrando así cumplir con la estrategia ideada por la gerencia.
- Sistema de sugerencias: promover que los trabajadores estén motivados para realizar sugerencias, supone una valiosa herramienta para conseguir ideas innovadoras y permite que desarrollen la mentalidad *kaizen*.

1.3. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA *LEAN*

Una vez explicados los pilares en los que se asienta el sistema *Lean* y las herramientas de las que se ayuda para su implantación, vamos a explicar los pasos a seguir para implantar el sistema en las distintas organizaciones, para que logren la transición de un sistema tradicional a un sistema *Lean*.

Para iniciar esta implantación (que se lleva a cabo en siete etapas) en primer lugar y con antelación es necesario contar con una persona responsable del cambio, ya que es muy difícil lograr buenos resultados si se pretende que cada responsable se haga cargo sólo de las actividades que le afectan. Por ello, se necesita una persona que conozca todo el mapa de flujo de producción, que se encargue de su revisión diaria y que sea capaz de tomar decisiones que afecten a varios departamentos. A partir de ahí, de forma resumida, se describen las siete etapas mencionadas.

1.3.1. Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido

Una vez decidido el responsable de la toma de decisiones, el primer paso es la realización del mapa de flujo de valor, ya que en él se muestran las fases por las que tienen que pasar los distintos productos. En primer lugar, se debe realizar el mapa de flujo del estado actual, para lo cual se debe conocer el diagrama de precedencias de las actividades, en el cual se establece el orden en el que deben realizarse dichas actividades y poder así establecer el diagrama con el flujo definitivo que forma el mapa de flujo de valor actual. El avance del producto a través del flujo debe adaptarse a la demanda en todos los puestos de trabajo, lo que permitirá lograr el balanceado del proceso deseado.

Para lograr ese balanceo es necesario que las distintas operaciones estén orientadas al producto, permitiendo su flujo. Para ello, los distintos puestos de trabajo y la maquinaria estarán cercanos, permitiendo que se asignen varias tareas a un mismo operario, logrando que la carga de trabajo y el tiempo empleado sea el mismo para todos. Para lograr el balanceo es esencial un flujo bien implementado y una polivalencia de los operarios que permitan ajustarlos a las necesidades del flujo y al *takt time*. El *takt time* (tiempo que se debe destinar a la realización de cada unidad de producto) se determinará dividiendo el tiempo disponible para operar por la producción prevista a obtener (aquella que satisface a la demanda). Con el establecimiento del *takt time* se deberá parar cuando se supere el ritmo y localizar aquellas actividades que por ir a un ritmo inferior producen cuellos de botellas para introducir otro operario y dividir la tarea si fuera posible para lograr así una producción balanceada y nivelada.

Lograr en esta primera etapa el balanceo y un *takt time* perfecto es muy difícil, pero sí debemos lograr que el flujo sea lo más regular posible y sin interrupciones.

1.3.2. Segunda etapa: Consolidación del flujo, eliminación de desperdicios y estandarización de actividades

En esta segunda etapa, la meta es lograr la consolidación del flujo. Para ello, debemos eliminar los desperdicios que existen en la planta productiva y que no permiten que el producto fluya, además de lograr la estandarización de las actividades, lo que permitirá reducir el tiempo empleado en las mismas y controlar la calidad, logrando que, si se realiza de la manera indicada, se alcanzará un producto de calidad.

Antes de proceder a la estandarización de los procesos es muy importante analizar si el flujo establecido es el correcto, ya que, si no, estaríamos trabajando en la mejora de un flujo eliminando desperdicios y estandarizando actividades que no son las adecuadas, lo que nos llevará a un problema mayor al que intentamos resolver.

La eliminación de desperdicios nos permitirá identificar los problemas que no permiten el flujo correcto. Además, debemos asegurar la calidad de las operaciones, para lo cual en esta etapa debemos implantar los sistemas anti-error o *jidoka* nombrados con anterioridad, consolidando el mantenimiento de los equipos.

Una vez que se han establecido esos sistemas en el flujo adecuado, se debe proceder a la estandarización de los procesos, para ello nos podemos ayudar de una hoja en la que se detalla las actividades que se deben realizar en el puesto de trabajo, el tiempo necesario para realizarlo y todos los datos sujetos a estandarización, que pueden hallarse en un croquis.

1.3.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo *pull*. *Kanban*

Para consolidar el flujo del proceso productivo ya establecido, en esta tercera etapa se exige que el producto sea entregado al cliente en la cantidad, forma y tiempo requerido por el mismo, para cumplir con el sistema *Lean*. Para ello, la implantación de una operativa *pull* es determinante para su cumplimiento. Lograr que el proceso productivo trabaje con una operativa *pull* depende del establecimiento de unos stocks que permitan que el proceso productivo no se vea parado en estas primeras etapas por la falta de determinados materiales necesarios para continuar con la producción.

Estos pequeños stocks que se mantienen entre las distintas fases del proceso se pueden gestionar de dos formas: bien mediante el establecimiento de un supermercado, o bien mediante el sistema FIFO (*First In First Out*). Cuando la operativa *pull* fija el stock mediante el tipo **supermercado**, la fase del proceso que necesita el producto, lo retira, siendo en este caso el producto que mejor se adecua a sus necesidades para continuar con el proceso, generándose una orden para que la fase anterior reponga el mismo. Al retirar este material y la orden generada hacia atrás implican el modo de operar *pull*. En cambio, cuando se fija el stock utilizando el método **FIFO** se deja de lado la operativa *pull* en cierto modo, ya que, en este caso, es la primera fase del proceso productivo la que marca la secuencia de producción y el producto utilizado en las fases posteriores no será el que mejor se adecue, sino el primero en llegar.

Para materializar las entregas del producto es necesario ayudarse de los medios de los que dispone el sistema *Lean*. En nuestro caso utilizaremos el sistema *kanban* para llevarlo a cabo. Este sistema se ayuda de unas tarjetas (mencionadas anteriormente) para indicar las circunstancias en la que se encuentra el producto.

A este respecto, se pueden diferenciar dos tipos de tarjetas: **tarjetas de transporte (T)** o **tarjetas de producción (P)**. Las tarjetas de transporte nos indican que el producto ya ha

finalizado su proceso productivo en la fase en la que se encuentra y que está listo para su transporte a la siguiente fase. Por su parte, las tarjetas de producción nos indican los materiales que son necesarios para poner en marcha la producción de ese producto en esa fase, facilitándose de este modo a la fase anterior la cantidad de material que debe ser repuesto por haber sido consumido.

1.3.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles

Lograr la flexibilidad en la producción es la meta que se pretende alcanzar en esta cuarta etapa, con la que podremos adaptarnos a las fluctuaciones existentes en la demanda y cumplir con una de las características esenciales del sistema *Lean*.

Para lograr la flexibilidad es preciso que el *takt time* del proceso productivo pueda cambiar de acuerdo al volumen requerido por el cliente.

Para su implantación nos ayudaremos de la polivalencia del personal y la instalación de células flexibles en las que se cierre el flujo del proceso productivo en forma de U, basándose en la utilización de maquinaria pequeña y manejable. La metodología que se aplicará para lograr la flexibilidad sin generar desperdicios, es la *Shojinka*, la cual a partir de unos elementos fijos como son la planta productiva con su capacidad, el proceso con su tiempo y la duración de la jornada laboral establecida, buscará obtener una producción variable y ajustada a la demanda.

1.3.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular

En esta quinta etapa, el principal objetivo es lograr un nivelado en la producción que permita obtener una producción regular y poder así lograr flexibilizar la misma en función al tipo de producto que les soliciten. Para lograr una producción regular, lo primero que debemos tener en cuenta son las estrategias de marketing que siguen las empresas tradicionales para mantener los niveles de producción en lotes, en las épocas en las que las ventas de sus productos bajan y fomentan mediante estas técnicas que se mantengan.

Cuando se pretende instaurar el sistema *Lean*, estas técnicas lo que hacen es desnivelar la producción que por sí sola ya se nivela, ya que existen unas previsiones semanales o mensuales que se cumplen, y si se mantuvieran las técnicas de marketing lo que lograrían es desnivelar la producción y que no se pudieran cumplir con los plazos de entrega a los clientes, por lo que deben desaparecer, ya que no se busca una producción en grandes lotes, sino lo más pequeña posible.

Una vez que estas técnicas se han eliminado, se debe proceder al nivelado de la producción, bien mediante el nivelado *pull* ayudado de las tarjetas *kanban*, o bien mediante el procedimiento *heijunka* que ya hemos comentado. En los dos casos lo que se pretende es lograr una producción lo más nivelada posible, en la que se permita la producción de varios productos a la vez, para lograr satisfacer al cliente y sus posibles cambios en las prioridades de entrega de los materiales solicitados.

1.3.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo *pull* balanceado, nivelado y multiproducto

Lograr una producción multiproducto es el principal objetivo de esta sexta etapa. Para ello, bien se llevará a cabo mediante la producción sucesiva de cada familia de productos o bien mediante la producción simultánea de todas las familias de productos, dando lugar a la producción en series mono producto en el primer caso o producción mezclada en el segundo. Decidirse por un tipo de producción u otra está relacionado con la amplitud de gama de productos con los que cuente la empresa, el *lead time* de entrega del producto o los diferentes cambios o tiempos entre operaciones.

Además, es necesario conocer también si interesa una inversión y convertir las líneas de producción para que sean aptas para la producción multiproducto o bien que continúe cada una por su línea. Para ello, necesitamos estudiar los diferentes criterios que deben superarse para realizar esa inversión y adaptar la línea a una producción multiproducto, en las que, centrándonos en la regla de Pareto, sólo interesa una línea multiproducto si se cumple la regla 30/70 o 40/60 en la que el 30% o 40% de los productos suponen un 70% o 60% del volumen de producción.

Una vez que la línea multiproducto tiene cabida en la empresa es necesario agrupar las familias de productos, para conocer sus operaciones y construir la secuencia de las

mismas agrupando las que sean iguales para evitar repeticiones de las mismas operaciones, y si es así (no se repiten las mismas actividades en distintos puntos) continuaremos con esta línea.

Si se logra la agrupación, a continuación, es necesario conocer si nuestra carga de trabajo se adapta a la capacidad de producción a pesar del aumento sufrido por la agrupación de las tareas y balancear las líneas gracias a la asignación de los puestos de trabajo.

Si por el contrario no es apto por las condiciones una línea multiproducto, se continuará con la producción en las líneas existentes, alternando la producción de las distintas familias.

Con las características mencionadas es muy importante tener en cuenta la técnica SMED ya explicada con anterioridad, para que el cambio del utillaje se realice en minutos y no se pierda tiempo en la producción.

1.3.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual

En esta última etapa, ya no se busca la implantación de ninguna nueva propuesta, sino que todas aquellas modificaciones que se han propuesto derivadas del sistema *Lean* se lleven a cabo de la forma más fácil posible.

Para ello, nos ayudaremos de diferentes herramientas que nos ayuden a cumplir con las 5's comentadas con anterioridad y nos permitan llevar a cabo un control visual lo más fácil posible.

Algunas de esas herramientas son las siguientes:

- Las tarjetas rojas, que identifiquen materiales o utillaje que no se utiliza, para proceder a su eliminación o cambio a un lugar más apartado.
- Delimitación a través de marcas en el suelo de los puestos de trabajo o de la ubicación de la maquinaria.
- Identificación de los lugares de colocación de los utillajes o productos semiacabados, lo que permitirá que siempre se conozca su ubicación por ser siempre la misma.
- Utilización de las tarjetas *kanban*, que nos permiten conocer la necesidad de materiales y su urgencia.

- Marcas para niveles mínimos y máximos de productos.
- Tablero de incidencias.

La utilización de las mencionadas herramientas pretende que se mantenga lo implantado de forma sencilla y visual, para detectar cualquier incidencia de forma rápida y poder así solucionarlo.

Capítulo II: PROCESO PRODUCTIVO TRADICIONAL

2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

Talleres Oria es una pequeña empresa situada en el polígono industrial de Astorga, cuyos orígenes se remontan a 1.986 cuando su gerente Luis Martínez Oria, tras sus estudios en primer lugar en la escuela taller de Astorga y posteriormente en la escuela superior de oficios de Gijón, adquiere los conocimientos necesarios en carpintería metálica, regresando a su localidad natal, San Román de la Vega, donde decide emprender su andadura profesional montando un taller en la ciudad próxima de Astorga.

En sus inicios realizaba distintos trabajos de carpintería metálica y pequeños trabajos requeridos por los clientes, pero en 2004 se traslada al polígono industrial de Astorga, movido por el aumento de trabajo y por su nivel de facturación, y modifica su razón social pasando a denominarse Talleres Oria, S.L.

En su traslado al polígono cabe destacar la incorporación de una nueva máquina plegadora a 6 metros, que hace que la empresa busque diversificar su producción, tomando dos caminos muy diferenciados: por un lado, la fabricación de carpintería de aluminio (ventanas y puertas), y por otro, el corte y plegado de chapa a medida.

Gracias a esta decisión de diversificación permanece hoy en día en el mercado, ya que, tras la grave crisis sufrida en el mercado español fueron numerosas las empresas dedicadas a la carpintería de aluminio, las que vieron como sus negocios tuvieron que cerrar, debido principalmente al efecto de la misma en el sector de la construcción del que dependían, ya que la paralización de la construcción dio lugar a que la venta de esta carpintería se viera reducida drásticamente.

El objetivo práctico del presente TFG se centra en la aplicación del sistema *Lean* en un caso real, dentro de la empresa mencionada. De ahí que, dado que Talleres Oria, S.L. logra más del 80% de sus ingresos por ventas del corte y plegado de chapa a medida, nos centraremos en ese proceso productivo para realizar dicha aplicación. Debido a lo complicado de establecer el flujo de valor de los productos, salvo que la empresa se dedique en exclusiva a un sólo producto, y para lograr la aplicación del sistema de una forma correcta, estudiaré la implementación del sistema *Lean*, por un lado, en el corte y plegado de chapa suministrada por la empresa y por otro el corte y plegado de chapa suministrada por el cliente.

2.2. CASO 1. PROCESO PRODUCTIVO DEL CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA

Para poder conocer mejor el proceso productivo que nos ocupa, explicaré las fases por las que atraviesa el producto hasta llegar al cliente final, aunque no formen parte del proceso productivo de la empresa, porque como ya he comentado con anterioridad se tiene que ver el proceso en su conjunto, y nuestro primer paso es instaurar el sistema *Lean* en Talleres Oria, pero lograr que nuestros proveedores logren su aplicación es el siguiente paso.

En Talleres Oria (a partir de aquí Oria), trabajamos con distintas chapas y bobinas, con lo que nos podemos encontrar con acero, acero galvanizado y acero galvanizado prelacado, para la realización del corte y plegado de la chapa a medida según las instrucciones indicadas por el cliente, es decir se trata de un producto bajo pedido.

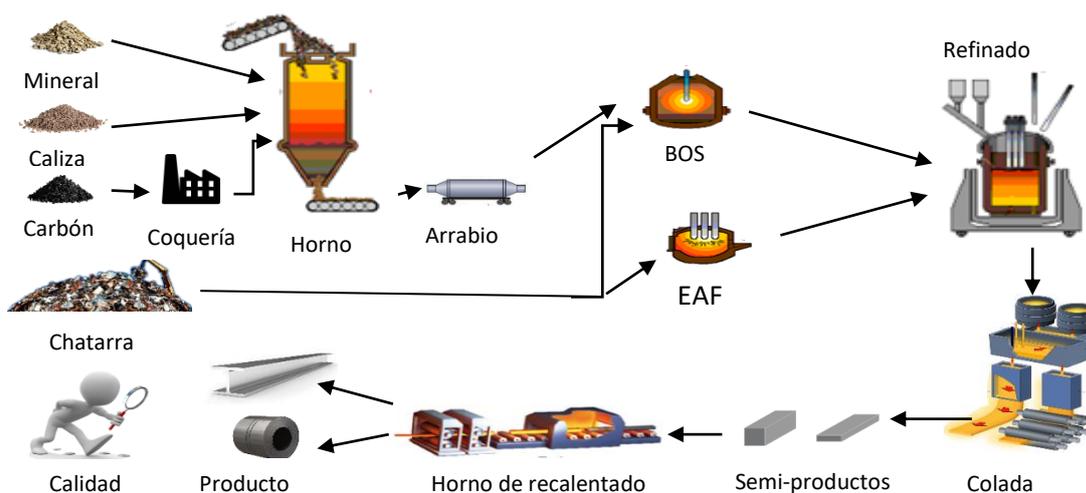
Los proveedores de la chapa galvanizada y prelacada son los mismos, ya que en los dos casos se trata de hierro que ha sido tratado para lograr ese acabado. El hierro se encuentra en la corteza terrestre en diferentes minerales como son la hematita, magnetita o pirita, que incluyen el hierro entre sus componentes; por ello, para extraer el hierro de los mismos es necesario que pasen por un horno, en el cual al introducirlos en pequeñas cantidades junto al carbón y piedra caliza, sometidos al calor e incorporando aire caliente se desarrollan diferentes reacciones que permiten que al mezclarse el carbón con el aire introducido se forme el CO (Monóxido de Carbono), que es el gas reductor, logrando que reduzcan los minerales y se forme el metal fundido denominado arrabio y que contiene un 95% de Fe (Hierro), gracias a las altas temperaturas del horno. Como podemos observar en la figura 2.1, éste es el método utilizado para la obtención del acero, denominado producción básica de oxígeno (*Basic Oxygen Steelmaking*, BOS), en el que, gracias al arrabio junto a la introducción de oxígeno y chatarra para controlar la temperatura, se obtiene el hierro.

Pero también es posible su obtención mediante la fundición sólo de chatarra. Para ello, gracias a la introducción de la misma en hornos de arco eléctricos que contienen tres electrodos de grafito, se bajan los mismos, permitiendo que se forme un arco de electricidad que permite que se funda la chatarra, incorporándose cal y espato de flúor

para ayudar a fundir, y se insufla oxígeno para eliminar las impurezas, logrando la producción de hierro mediante horno de arco eléctrico (*Electric Arc Furnace*, EAF).

A continuación, bien desde BOS o EAF, se incorpora el metal fundido en un cucharón y se refina, incorporando argón, polvo o alambre cuando la calidad del material requiera esos tratamientos, permitiendo la homogeneización de la temperatura y la composición. Para poder laminar el producto o realizar bobinas, es necesario que se solidifique el metal y que se formen semiproductos, es gracias al método de colada continua, en el que se vierte el metal desde la cuchara de forma continua en unos moldes de cobre que son enfriados para que la capa exterior se solidifique, pasando por debajo de unos rodillos pulverizadores que permiten que toda la pieza se enfríe y se produce el corte a distintas medidas.

Figura 2.1: Proceso productivo del acero



Fuente: Elaboración propia

Para lograr el producto final, se calientan los semiproductos en un horno de recalentamiento y a posterior se pasan por unos rodillos, los cuales ejercen una gran fuerza, medida en toneladas, que permite la reducción del espesor del acero, dando lugar a productos planos, bien cortados a determinada medida o enrollados en bobinas o productos largos que se componen de barras rectangulares o secciones H.

Una vez que el producto plano sale de la fábrica, se procede a diferenciar a que se va a destinar y el acabado que se debe realizar en él. Cuando queremos material galvanizado, las bobinas o chapas siguen el proceso (figura 2.2), primero se desengrasan las piezas

para eliminarles posibles aceites o taladrina sumergiéndolas en desengrasante, a continuación se sumergen en ácido clorhídrico diluido para eliminar el óxido y se produce el decapado, posteriormente se pasa al fluxado en el que se tratan con sales para eliminar cualquier impureza que permanezca todavía y finalmente se sumerge en zinc fundido, para crear varias capas y finalizar con una de zinc puro que dota de gran resistencia al material. Para lograr un producto prelacado en distintos colores, se cubre la chapa galvanizada con diversas calidades de pintura y se seca al horno.

Figura 2 2: Proceso productivo del galvanizado y prelacado



Fuente: Elaboración propia

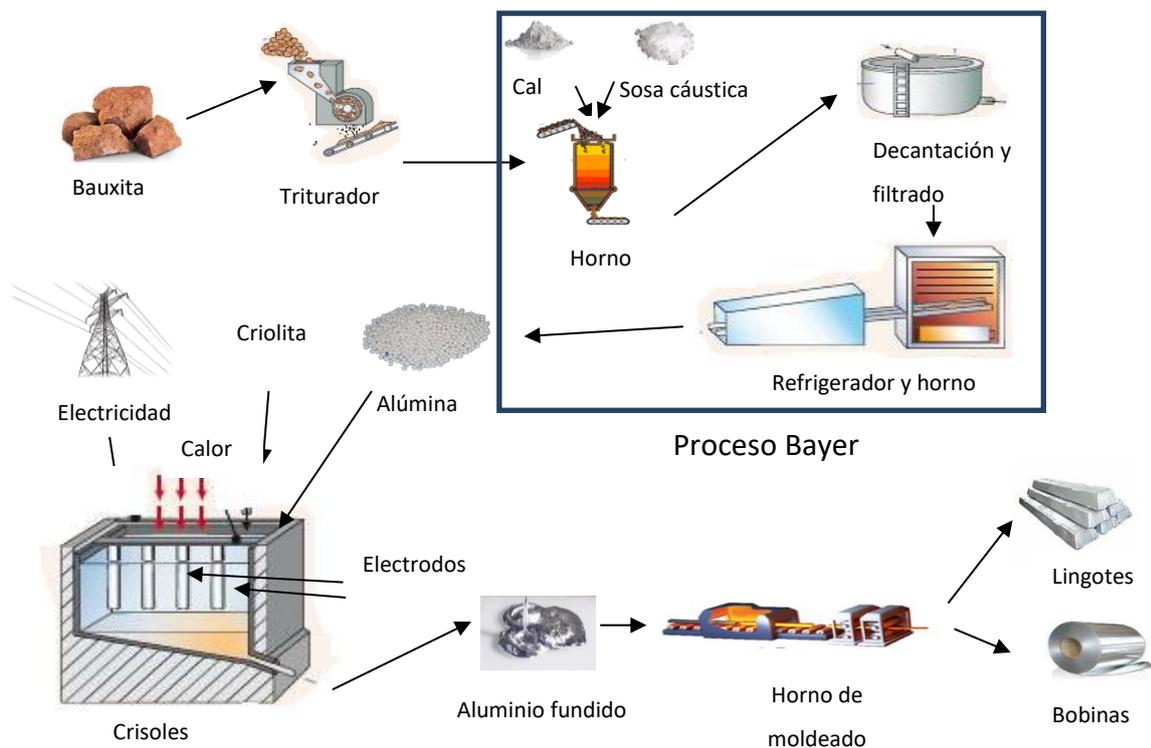
Una vez que conocemos toda la transformación que sufren los materiales con los que trabajamos en la empresa, estamos en condiciones de poder analizar las etapas que tenemos que realizar en Oria para instaurar el sistema *Lean* que veremos en el siguiente capítulo.

2.3. CASO 2. PROCESO PRODUCTIVO DEL PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADO POR EL CLIENTE

De forma análoga al proceso productivo anterior, en este segundo caso también analizaremos las fases que forman el proceso productivo de las chapas suministradas por nuestro cliente, para ver el proceso productivo en su conjunto y lograr que la implantación del sistema *Lean* no quede sólo en una parte del proceso, sino que con el tiempo se aplique a todo el conjunto.

En este caso, Oria recibe directamente las chapas de aluminio del proveedor del cliente, por lo que describiremos brevemente en primer término el proceso de fabricación del aluminio. El aluminio es elemento metálico más abundante en el mundo, pero no se encuentra aislado, sino que se encuentra en la bauxita, por lo que es necesario aislar el aluminio del oxígeno para conseguirlo en estado puro, constando el proceso productivo de dos fases (figura 2.3).

Figura 2.3: Proceso de obtención del aluminio



Fuente: Elaboración propia

La primera fase busca la obtención de la alúmina; para ello es necesario triturar la bauxita y convertirla en polvo, una vez triturada y secada en el horno, pasa al siguiente proceso químico –denominado proceso de Bayer– en el que tras la incorporación de sosa cáustica y cal y el paso por varias fases como la decantación y el filtrado se obtiene la alúmina, que se calcinará para eliminar la humedad.

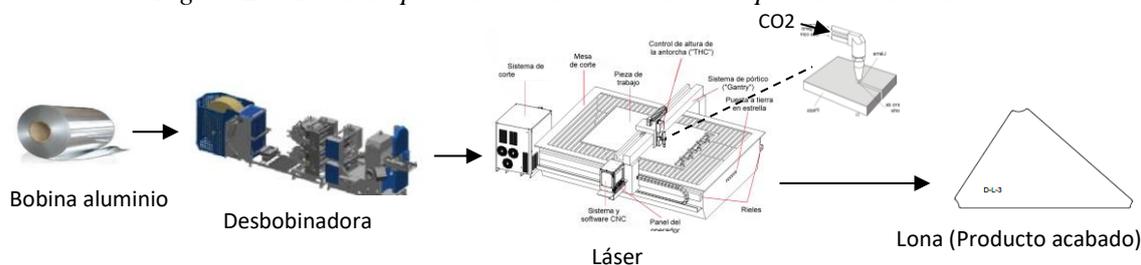
La siguiente fase convierte la alúmina en aluminio; para ello, se debe reducir la alúmina en las fábricas de reducción, las cuales constan de crisoles (cavidades en los hornos para recibir el metal fundido) a los que se les aplica corriente eléctrica para producir electrólisis. Se incorpora la alúmina y la criolita en estado líquido, la cual actúa como

fundente, en los crisoles, los cuales ya constan de electrodos y que, tras la aplicación de electricidad en los mismos, dan lugar a la electrólisis, que hace que se rompan los enlaces moleculares y que el aluminio, por ser más pesado, se vaya al fondo y se separe del oxígeno y el flúor que se irán en forma de gas. Se recupera el aluminio fundido del fondo del crisol para llevarlo a hornos de moldeo de forma semicontinua, dando lugar a lingotes y láminas o productos acabados. La refrigeración de las piezas se acelera rociándolos con agua. Al finalizar el proceso con 4kg de bauxita, hemos obtenido 2 kg de alúmina y 1 kg de aluminio.

Una vez que se obtienen los productos acabados como las bobinas, comienza el siguiente paso del proceso productivo. En este caso, las bobinas no llegan a nuestro taller, sino que hay un paso previo en el que la bobina se desplaza a otra fábrica para su corte mediante láser.

Una vez que la bobina entra en la fábrica comienza el proceso para el corte (figura 2.4). En primer lugar, se introduce la bobina en una máquina desbobinadora que permite que la chapa pase a ser una lámina y se corta al largo requerido según los programas de optimización con los que cuenta el láser. Una vez que se ha cortado la chapa, se introduce en el láser y se realiza un corte térmico mediante la fusión del aluminio, provocado por un haz de luz que tiene lugar gracias a un gas de asistencia (CO_2), que permiten el corte de la chapa con el diseño introducido en el programa. Este proceso da lugar a un corte de alta calidad y que la zona quede mínimamente afectada y permite el grabado en la misma. En este punto el producto acabado –lonas– (figura 2.4), ya entra en nuestras instalaciones, por lo que ya podemos comenzar con la implantación práctica del sistema *Lean*.

Figura 2.4: Proceso productivo del corte de la chapa mediante láser



Fuente: Elaboración propia

Capítulo III: APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. CASO 1: CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR LA EMPRESA

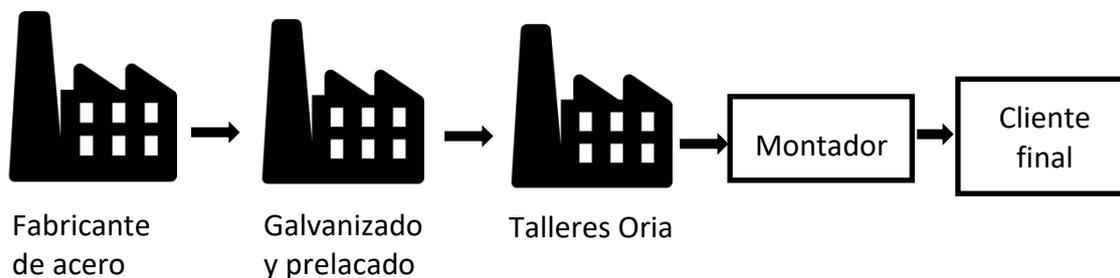
El paso previo a las etapas de implantación, como hemos comentado, es determinar quién será el responsable del cambio. Dado que dicha implementación es una iniciativa propia, seré yo misma (con la ayuda del gerente) la que pondré en marcha el sistema *Lean* en la empresa, ya que además de contar con la confianza de la empresa, los años de experiencia en la misma me permiten conocer tanto el proceso productivo como el proceso de gestión de la misma.

Por ello, y una vez que conocemos el proceso productivo que sufren los materiales hasta llegar al cliente final, explicado en el capítulo anterior, podemos comenzar con las etapas de implementación del sistema *Lean* en el proceso productivo que tiene lugar en Oria. Para su descripción utilizamos las etapas descritas en el capítulo 1 para la implementación de este sistema.

3.1.1. Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido

En primer lugar, establecemos el diagrama completo del producto (figura 3.1), con la secuencia que tienen que seguir las actividades, sin importar la cantidad solicitada por el cliente.

Figura 3.1: Diagrama de las actividades hasta llegar al cliente

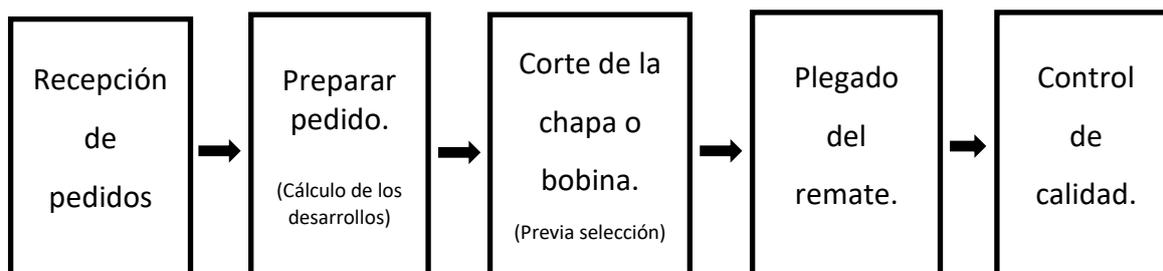


Fuente: Elaboración propia

Cuando nos centramos en el proceso productivo que realiza Oria (figura 3.2), el primer paso al recibir los pedidos de los clientes es calcular los desarrollos del remate, ya que

hay que tener en cuenta que la chapa al plegarse gana medida y se deben descontar esos milímetros al remate, para que las medidas finales sean las indicadas por el cliente. En segundo lugar, seleccionar la bobina, o las chapas teniendo en cuenta el material o el color solicitado.

Figura 3.2: Diagrama de actividades realizadas en Oria



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se pasa al corte de la misma, si se realiza directamente de una chapa (piezas previamente cortadas, generalmente en formato 4000 mm × 1250 mm) se realiza en la cizalla, si por el contrario los remates se fabrican a partir de la bobina, el corte se realiza en la línea de corte, que permite realizar a la vez el corte longitudinal y transversal. Posteriormente se procede al plegado, con las indicaciones dadas en el croquis, bien en la plegadora de 6000 mm o en la de 4000 mm (en algunos casos, según el pliegue a realizar, es necesario utilizar las dos, o cambiar los útiles de las mismas).

Una vez que conocemos el diagrama que deben seguir para lograr el producto final, elaboramos el Mapa de Flujo de Valor Actual. Para ello, como cada pedido tiene sus peculiaridades, se han analizado los últimos 20 pedidos que ha recibido la empresa en el periodo más reciente disponible que es el mes de febrero del presente año (tabla 3.1), lo que nos permite establecer un promedio de los metros lineales que se producen en cada pedido, los pliegues que se realizan en cada remate, y el tiempo que se tarda en realizar el mismo.

Con estos datos estamos en condiciones de establecer el promedio de los pedidos (órdenes de producción), que son 114,93 ml (metros lineales). Dado que la jornada laboral es de 480 min (8 horas × 60 min), que descontando los 30 min de descanso de los que disponen los operarios quedan 450 minutos, que son los que se disponen para realizar la producción.

Tabla 3.1: Últimos pedidos del mes de febrero 2018

Pedido	Metros lineales	Cambios de bobina	Tiempo	Tiempo/MI.	Nº Pliegues	Nº pliegues medios	Tiempo/pliegues
1	56	1	120	2,14	392	7	0,31
2	56	1	90	1,61	185	3,30	0,49
3	188,6	3	515	2,73	864	4,58	0,60
4	128	2	195	1,52	391	3,05	0,50
5	128	1	60	0,47	256	2,00	0,23
6	72	1	105	1,46	216	3,00	0,49
7	68	1	160	2,35	476	7,00	0,34
8	72	1	150	2,08	280	3,89	0,54
9	72	1	20	0,28	168	2,33	0,12
10	76	1	240	3,16	394	5,18	0,61
11	198	4	600	3,03	1056	5,33	0,57
12	86	3	150	1,74	337	3,92	0,45
13	300	2	240	0,80	1050	3,50	0,23
14	243	5	570	2,35	1209	4,98	0,47
15	89	2	180	2,02	499	5,61	0,36
16	81	2	100	1,23	408,5	5,04	0,24
17	72	2	85	1,18	312	4,33	0,27
18	76	1	120	1,58	404	5,32	0,30
19	138	1	280	2,03	685	4,96	0,41
20	99	1	690	6,97	594	6,00	1,16
Media	114,93	1,80	233,50	2,04	508,83	4,52	0,43

Fuente: Elaboración propia

Para establecer la producción diaria, tenemos en cuenta los pliegues medios que se realizan en los remates, ya que son un dato importante que emplea la empresa a la hora de establecer el precio del mismo. De ahí que, aunque se pudiera calcular directamente con la media del tiempo empleado entre los metros lineales, a los efectos de nuestros cálculos hemos decidido utilizar el número de pliegues por pedido (114,93 ml. por pedido \times 4,51 pliegues) que da un resultado de 519,12 pliegues cada pedido. Multiplicando el tiempo medio que se tarda en realizar cada pliegue (0,43 minutos) nos da como resultado que para realizar cada pedido se tardan 224,95 minutos.

Para calcular cuántos metros lineales podemos producir en la jornada laboral, dividimos los 450 minutos operativos entre los 224,95 minutos que se tarda en realizar cada pedido,

obteniendo que se pueden realizar 2 pedidos, lo que equivale a 229,86 ml. ($2 \times 114,93$ ml.).

Para asimilar nuestro mapa de flujo al de resto de empresas vamos a pasar los metros lineales a unidades, para lo cual dividiremos los metros de los pedidos entre cuatro (que es la longitud más estandarizada de los remates), obteniendo así que las unidades por pedido son 29 unidades y 57 unidades la producción diaria.

Para continuar con la elaboración del mapa de flujo de valor, necesitamos conocer el tiempo que nos lleva realizar cada operación para cada remate (4 metros) (tabla 3.2).

Tabla 3.2: Operaciones y datos para los procesos de una orden de remates

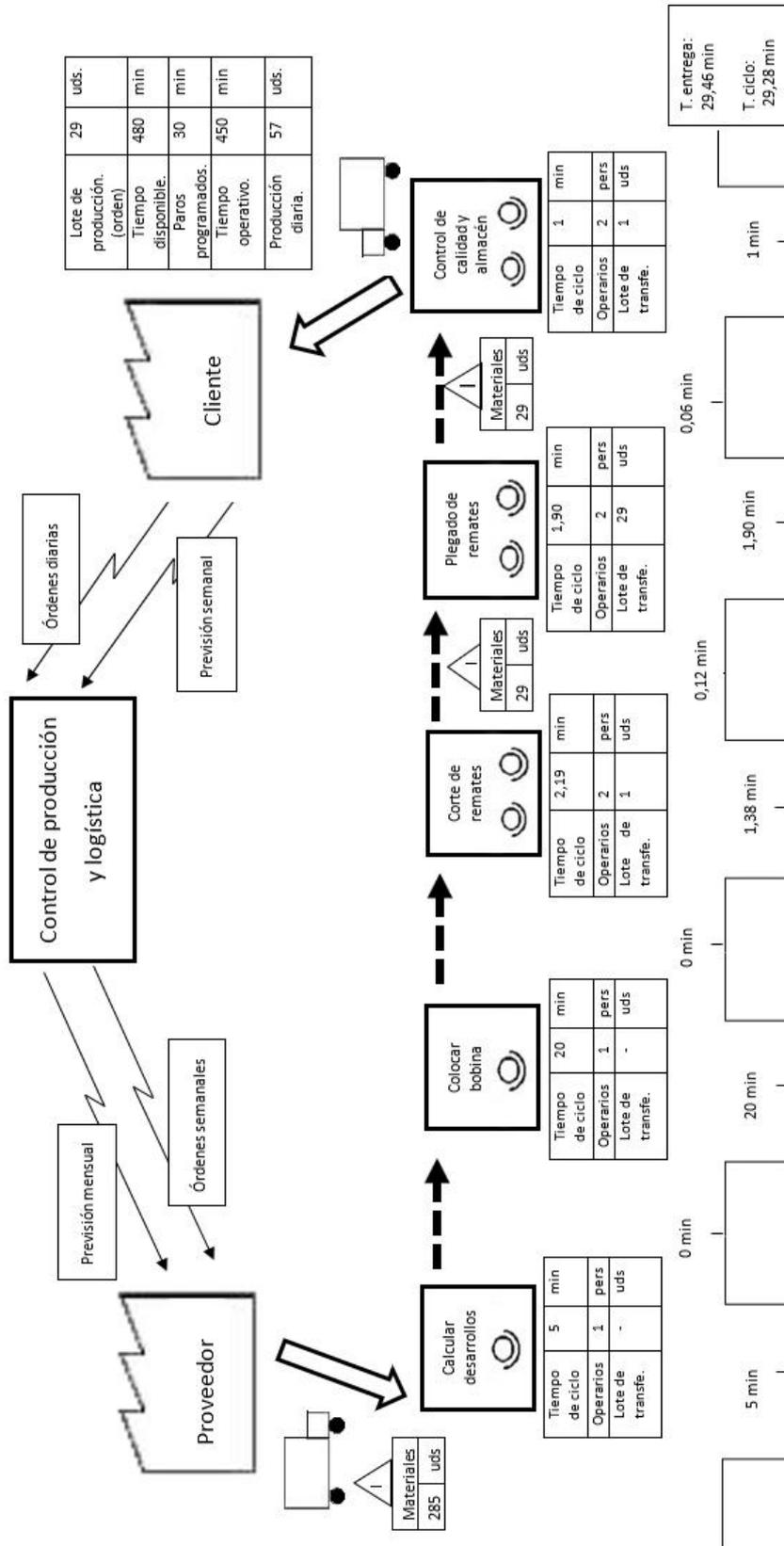
Referencia Operación	Descripción	Tiempo de proceso (min)	Lote (Uds.)	Operarios	Tiempo de ciclo (tiempo de proceso/ operarios)
OP1	Cálculo de los desarrollos	5	-	1	5
OP2	Colocación de bobina	20	-	Igual OP1	20
OP3	Corte de remates	2,75	29	Igual OP2 +1	1,38
ET1	Espera hasta pasar a la siguiente actividad	0,13	29	2	0,06
OP4	Plegado de remates	3,79	29	Igual ET1	1,90
OP5	Control de calidad	1	1	Igual OP4	0,5
ET2	Transporte al almacén prod. acabados	1	1	Igual OP5	0,5
		33,67 min		Total operarios: 4	29,34 min

Fuente: Elaboración propia

En nuestro caso debemos destacar que las dos primeras operaciones se han de realizar cada vez que llega un pedido y que el tiempo no depende de las unidades de cada pedido, sino que es el tiempo que lleva realizar la producción para poder comenzar con la producción del pedido.

A continuación, en base a las consideraciones anteriores es posible elaborar nuestro propio Mapa, que se muestra en la figura 3.3.

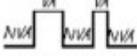
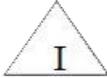
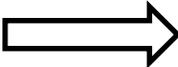
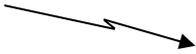
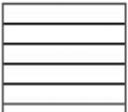
Figura 3.3: Mapa de Flujo de Valor Actual



Fuente: Elaboración propia

La simbología utilizada para la elaboración del Mapa de Flujo de Valor Actual es la propia de este sistema y se muestra en la figura 3.4.

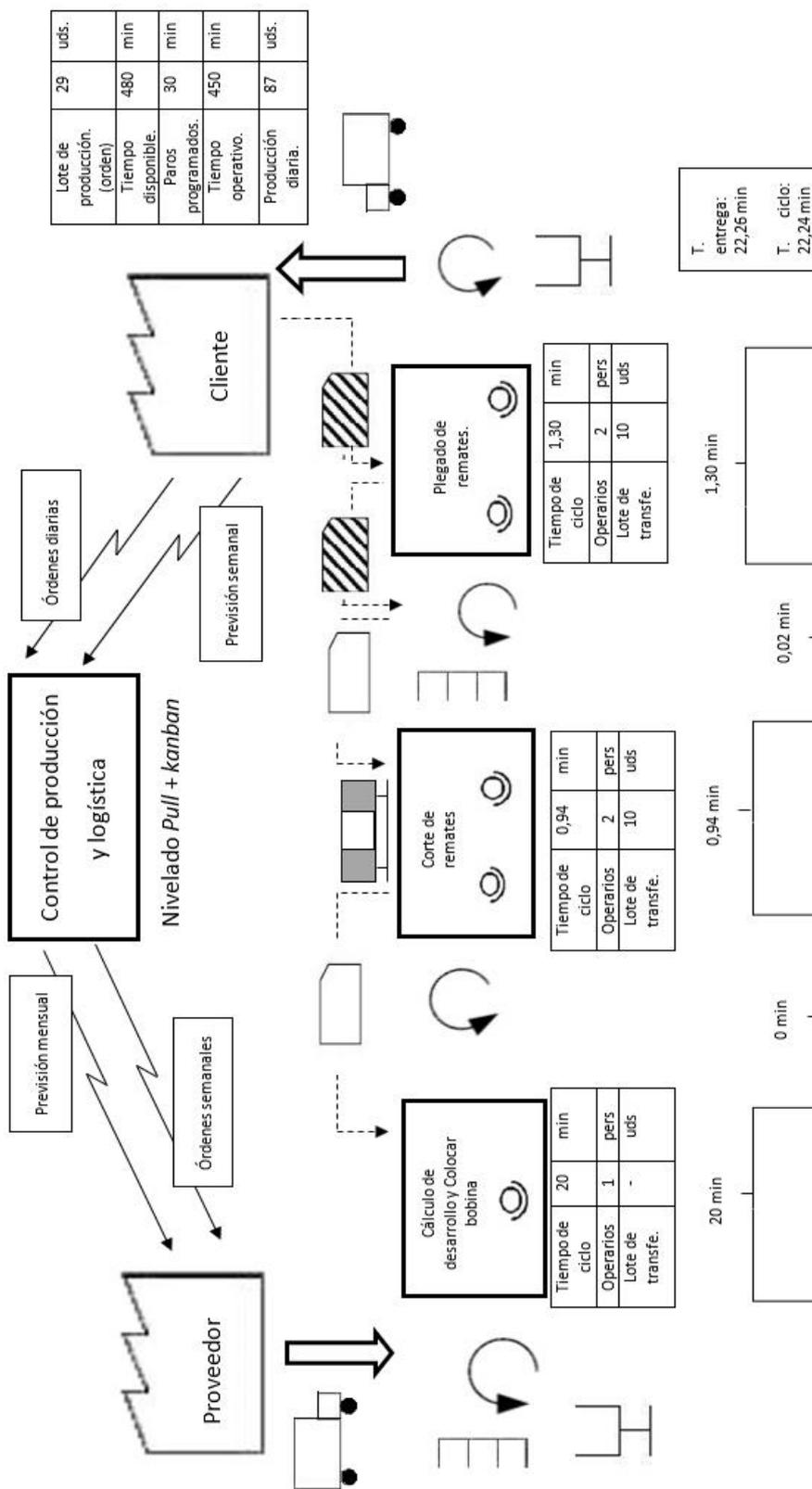
Figura 3.4: Simbología del Mapa de Flujo de Valor Actual

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Fuentes externas		Línea de tiempo
	Envíos		Flecha de empuje
	Inventario		Productos terminados
	Operario		Proceso
	Información electrónica		Caja de datos

Fuente: Elaboración propia

Una vez que hemos realizado el Mapa Flujo Valor Actual, estamos en condiciones de elaborar el Mapa Flujo Valor Futuro (figura 3.5), en el que como podemos observar, se incluyen todas las técnicas *Lean* que se pretenden implantar en la empresa.

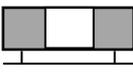
Figura 3.5: Mapa de Flujo de Valor Futuro



Fuente: Elaboración propia

En este caso, la simbología utilizada del Mapa de Flujo Valor Futuro (figura 3.6) permite explicar los cambios que se van a introducir en la producción.

Figura 3.6: Simbología del Mapa de Flujo de Valor Futuro

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Estantería con funcionamiento Supermercado		Poste Kanban (recogida o depósito de tarjetas)
	Movimiento de materia <i>pull</i>		Tarjeta <i>kanban</i> de producción
	Tarjeta <i>kanban</i> de movimiento		Panel de tarjetas <i>kanban</i>

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, como podemos observar, se va a instaurar el nivelado a través de la producción *pull* y las tarjetas *kanban*, por eso su presencia en todo el Mapa de Flujo Valor Futuro. Por otro lado, aparece la figura del supermercado, con el que lograremos reducir el inventario y, gracias a la reducción del tamaño de transferencia de 29 uds. a 10 uds., se permite la reducción del tiempo de espera que sumado a la anticipación de utillaje a utilizar en la maquinaria que suministran las tarjetas *kanban* permite reducir el tiempo de ciclo y de entrega de los productos, y con ello aumentar la producción diaria. Todas estas modificaciones las explicaremos en las siguientes etapas de implementación del sistema *Lean* en la empresa objeto de estudio, Oria.

Tras la consulta de bibliografía al respecto (p.e., Cuatrecasas Arbós & Tena, 2011; Cuatrecasas, 2010) y comprobar la elaboración en los mapas actuales y futuros la línea del tiempo, podemos comprobar que ninguno lo elabora de la misma forma, incluso hay diferencias entre la actual y la futura, razón por la cual vamos a explicar la vía por la que hemos optado, con el fin de aclarar las posibles dudas que surjan sobre la misma.

En primer lugar, explicaremos el **tiempo de ciclo**, que es el tiempo en el que realmente se está trabajando con el producto. Este tiempo figura en la parte superior de la línea de tiempo, justo debajo de la tabla que contiene la información sobre la operación y que ha sido definido como tiempo por remate y por operario, por tanto no se tiene en cuenta que

en una misma operación trabajen dos operarios (Cuatrecasas Arbós & Tena, 2011 pág. 252), se sitúa por encima de la línea de tiempo porque son las operaciones que crean valor para el producto.

El tiempo que se sitúa en la parte baja de la línea del tiempo es el que los materiales esperan a ser utilizados, bien la espera entre operaciones, bien el tiempo que tenemos que esperar a que el proveedor nos lo suministre, el cual, sumando al tiempo de ciclo, forman el **tiempo de entrega**.

En nuestro caso, el tiempo de espera del Mapa de Flujo de Valor Actual en las primeras operaciones es 0, ya que contamos con un gran inventario, y cuando se comienza con un pedido no existe espera entre esas primeras operaciones, pero sí después, desde que se cortaba todo el material hasta que se empezaba a plegar.

En el caso del Mapa de Flujo de Valor Futuro se reducirá el inventario, pero en ningún momento nos quedaremos sin stock, por lo que el tiempo sigue siendo cero y en el caso del tiempo de espera entre las operaciones de corte y plegado se verá reducido gracias a la reducción del tamaño de los lotes y la existencia de tarjetas *kanban*. Para calcular ese tiempo hemos multiplicado el tiempo de la operación posterior por el número de unidades del lote de transferencia y lo dividimos entre el tiempo que se encuentran operativos nuestros operarios (450 min). En la tabla 3.3 conocemos el tiempo de ciclo para el Mapa de Flujo de Valor Futuro.

Tabla 3.3: Operaciones y datos para proceso de una orden futura

Referencia Operación	Descripción	Tiempo de proceso (min)	Lote (Uds.)	Operarios	T. de ciclo (tiempo de proceso/ operarios)
OP1	Cálculo y bobina	20 min.	-	1	20 min.
OP2	Corte	0,94 min.	10	Igual OP1	0,94 min
ET1	Espera	0,04 min	10	2	0,02 min
OP3	Plegado, control y almacén	2,60 min	10	Igual ET1	1,30 min

Fuente: Elaboración propia

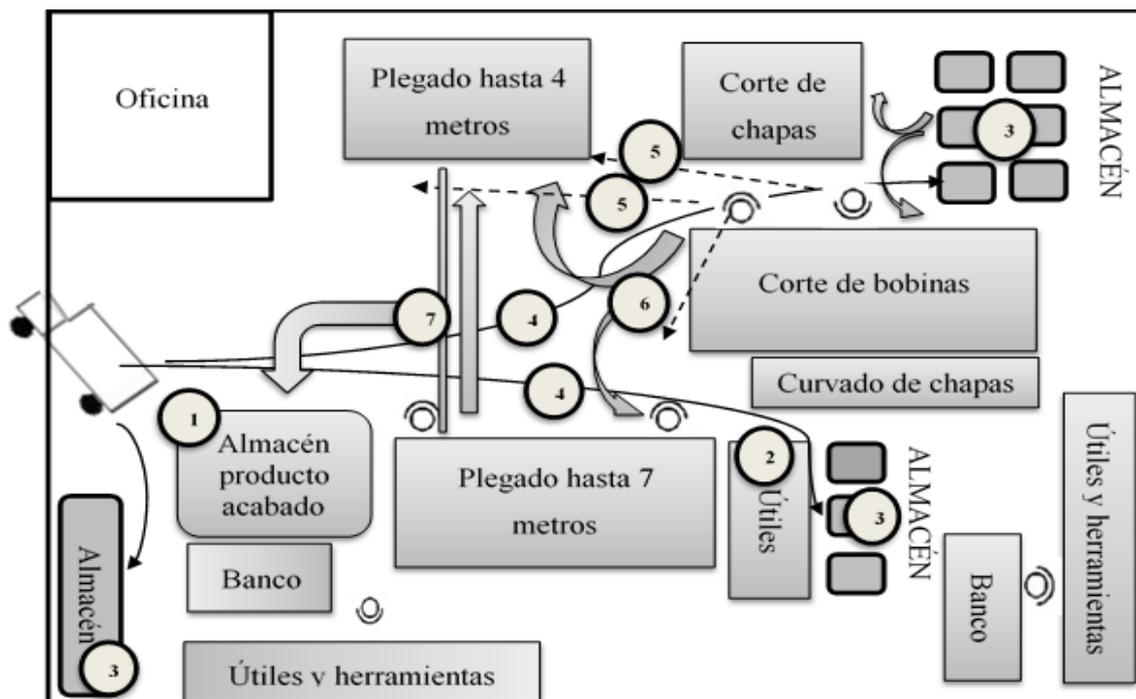
3.1.2. Segunda etapa: Consolidación del flujo, eliminación de desperdicios y estandarización de actividades

Al comenzar esta segunda etapa, lo primero que analizamos es el flujo de proceso que tenemos implementado para la realización de nuestro proceso productivo y determinamos que es el correcto, logrando con el mismo satisfacer al cliente. A continuación, vamos a analizar todos los desperdicios que tienen lugar en la planta productiva, para tratar de eliminarlos y lograr que el flujo fluya, para lo cual en la figura 3.7. se muestra nuestra planta y en ella se identifican los desperdicios que tienen lugar, para proceder posteriormente a eliminarlos. Los desperdicios que nos encontramos son los siguientes (representados con una circunferencia y el número en el interior):

- 1- Sobreproducción: debido a que se realizan dos pedidos en el día, el material elaborado ocupa espacio en el taller hasta que es retirado por el cliente.
- 2- Proceso inadecuado: los encargados de poner la máquina plegadora a punto no conocen los útiles que tienen que colocar hasta que los encargados del corte acaban con su tarea.
- 3- Stocks: cuentan con unas grandes cantidades de bobinas en stock, promovido por la tardanza que existe por parte de los proveedores en suministrar los colores requeridos, por lo que en el taller se cuenta siempre con una bobina por cada una de los espesores y colores más reclamados. A este respecto, para hacer una idea de lo que supone este proceder, podemos comentar que, por ejemplo, a finales de enero de 2018 su stock era de 26 bobinas, lo que supone más de 85 toneladas de material.
- 4- Transportes: al contar con unos stocks tan amplios, no entra todo el material al lado de las máquinas en las que se trabaja con ellos, lo que implica que la distancia de transporte es mucho mayor de lo que sería necesario si se contara con menos stock.
- 5- Movimientos: al realizar las operaciones en su totalidad para cada pedido, los mismos trabajadores encargados del corte de material, al finalizar esta tarea se encargan de parte del plegado, mientras que si se hiciera unidad a unidad serían los encargados de plegar los que realizarían esa operación, evitando su desplazamiento.

- 6- Esperas: esperar la operación de plegado a que finalice la de corte.
- 7- Defectos de calidad: una vez realizadas todas las operaciones es cuando se realiza el control de calidad, lo que supone que un fallo en este momento supone la pérdida de todo el tiempo y coste invertido.

Figura 3.7: Desperdicios en la planta productiva de Oria



Fuente: Elaboración propia

Una vez que conocemos los desperdicios que tienen lugar tratamos de buscar soluciones para su eliminación, siendo las más representativas y las que se han abordado las que se comentan a continuación.

En el caso de los **stocks** es muy difícil solucionarlo a corto plazo, por lo que tendremos que esperar a que se vayan consumiendo las bobinas y renegociar el suministro con los proveedores, para poder tener el material requerido en dos días. Por otro lado, se ha fijado que las bobinas más utilizadas se dispondrán en stock, ya que se reciben más de dos pedidos diarios y cada uno corresponde a una chapa diferente (esto permitirá reducir de las 26 bobinas que hay ahora a 9 bobinas, reduciéndose en más del 50%).

Para abordar el problema de la **sobreproducción**, no nos referimos a material que está a la espera de ser vendido, sino a la espera de ser retirado por el cliente, por lo que la

solución pasa por solicitar al cliente una fecha de recogida, para programar la tarea para ese día si es posible o para el día anterior, disminuyendo así la cantidad de material a la espera de ser recogido.

En cuanto a la solución para los **procesos inadecuados**, se les facilitará a los trabajadores unas plantillas en las que se les indican los útiles a colocar en la maquinaria, para que una vez que el operario encargado de cortar la chapa entregue a su compañero encargado de plegar la misma, de forma que ponga la máquina a punto antes de que le llegue la chapa y así no pierda tiempo.

La solución a los **transportes** viene de la mano de la reducción de stocks, ya que al reducir los mismos, posibilita que la materia esté más cerca de la máquina en la que es requerida.

Los **movimientos y las esperas** llevarán un poco más de tiempo, ya que es en este punto donde se pone en marcha la gran diferencia en el proceso productivo: primero se comenzará a pasar del corte al plegado la mitad del pedido, para que se vayan poniendo en marcha, para ver cómo avanza el sistema y si es factible realizarlo así.

En cuanto a los **defectos de calidad**, es cierto que la cantidad de fallos que se producen son mínimos, y suelen ser causados por el mal cálculo de los desarrollos, por lo que desde la oficina se procederá a su cálculo para que el operario cuando realice sus cálculos pueda comprobar si obtiene el mismo resultado y si no es así retrabajar en el mismo.

La puesta en marcha de las consideraciones anteriores permite que, en esta segunda etapa, se pueda proceder a eliminar los desperdicios y estandarizar el proceso de cambio de útiles en la máquina plegadora. Además, debemos mencionar que las máquinas con las que trabajamos en el taller, debido a la tecnología con la que operan, cuentan con un cuadro de mandos en el que informan al operario encargado de la misma de si se produce cualquier error o necesita revisión o algún cambio, el cual informa al encargado del taller que es el responsable de subsanarlos, estando incorporados los sistemas *jidoka* en el proceso productivo.

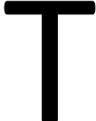
3.1.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo *pull*. *Kanban*

Para lograr que se cumpla la entrega al cliente del producto deseado en la cantidad y en el momento requerido es necesario que la operativa *pull* se instaure en la empresa. En este sentido, en Oria tenemos a favor que el producto que se entrega al cliente es el que solicita

y en la cantidad que solicita, ya que es un producto bajo pedido, pero para lograr que se le entregue en el momento adecuado nos vamos a ayudar de dos instrumentos de los que se sirve esta operativa, como es el establecimiento de pequeños stocks (en este caso mediante el tipo **supermercado**) y de las tarjetas *kanban*, lo que nos permitirá poner en marcha esta tercera etapa.

Como el material que se necesita en la siguiente fase no puede ser el primero en llegar, sino el del espesor y el color requeridos por el cliente, los stocks de los que nos ayudamos son los de tipo **supermercado**. Estos stocks que a día de hoy se encuentran en grandes cantidades para evitar tener que parar la producción, se procurará poder reducir los mismos y calcular las previsiones futuras gracias a la utilización de las tarjetas *kanban*. Con la utilización de las tarjetas *kanban* se provee a cada hoja de pedido en la que se incluyen los croquis, chapa y color de cada remate de dos tarjetas *kanban*, una de **producción (P)** y una de **transporte (T)**. Como todo pedido tiene que pasar primero por el corte y posteriormente por el plegado nos ayudaremos de la misma tarjeta *kanban* de producción, cuyo diseño se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.8: Tarjetas *kanban* Oria

Fecha:		Proceso anterior:	
Descripción:	Chapa:	Destino:	
	Espesor:		
	Color:		
Tipo plegado:			
Cantidad (uds.): Lote / Pedido:			
Kg. Gastados			
Ref. (cliente):			
F. entrega			

Fuente: Elaboración propia

En este caso elaboramos la tarjeta de **producción (P)** (multiplicada por 6, ya que nuestros pedidos suelen contener 29 uds., por lo que lo dividiremos en tres lotes de 10,10 y 9 uds. respectivamente), y entregaremos una tarjeta junto con cada lote para el corte y otra para el plegado. En ellas se incluye el número de unidades de lote, las totales del pedido, características del mismo y el tipo de plegado que lleva, lo que facilitará a los plegadores

la preparación de la máquina con anterioridad a que los productos lleguen a su fase, como ya explicamos en la etapa anterior.

Además, el operario incluirá la cantidad de chapa gastada para llevar un control en la oficina y poder gestionar los stocks de las bobinas y poder realizar así los pedidos teniendo en cuenta el material gastado y el que resta almacenado.

En la tarjeta de **producción (P)** se incluye la fecha de entrega prevista al cliente para que los operarios puedan modificar el orden de trabajo en función de la misma y lograr así que, aunque un trabajo haya entrado antes se fabrique después si su fecha de entrega es posterior, con lo que lograremos hacer una entrega al cliente en fecha. La tarjeta *kanban* de **transporte (T)** (figura 3.8) se colocará una vez que el lote se haya completado, bien en la fase de corte para su pase al plegado o cuando haya finalizado el mismo para informar que el producto está acabado. Cuando el pedido se haya finalizado en alguna de las dos fases, la tarjeta de transporte será de color rojo, así avisaremos de que el siguiente lote ya corresponde a otro pedido, y bien se lleve a cabo el transporte del producto que falta por plegar o se lleve a la zona de material acabado a la espera de ser recogido por el cliente. De ahí que se haya realizado lo más sencilla posible, importando sólo su significado sin tener que aportar más información.

3.1.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles

En esta cuarta etapa todos nuestros esfuerzos los centraremos en la creación de células flexibles y comprobar si es posible su aplicación en nuestro taller, ya que, al trabajar con grandes máquinas y que no es posible cambiar por otras de menor tamaño, es posible aun así introducir alguna mejora.

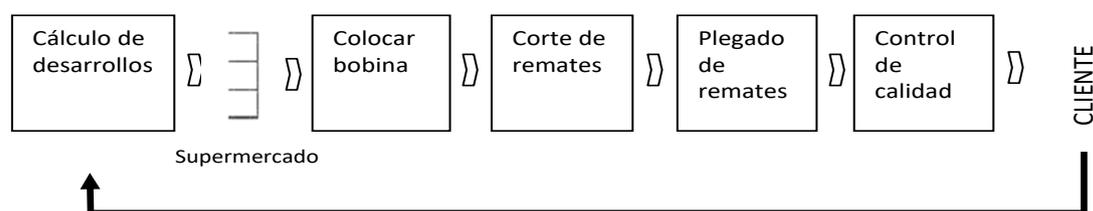
Por otro lado, tenemos a nuestro favor que los operarios que trabajan en nuestro taller ya son polivalentes, gracias a que, desde la instalación de la maquinaria en nuestras instalaciones, el gerente se preocupó de que todos supieran trabajar con todas ellas (evitando tener que parar la producción por la falta de algún trabajador). No obstante, generalmente son los mismos los que se encuentran en cada puesto de trabajo diariamente, pero no habría problema para que intercambiaran los puestos de trabajo.

Tras analizar las características de nuestro taller y la maquinaria de la que disponemos, observamos que no es posible introducir el trabajo en células flexibles, pero podemos lograr adaptarnos a la flexibilidad en la producción, trabajando con las dos máquinas plegadoras a la vez, gracias a que el corte de la chapa siempre finaliza antes que el plegado. Ello permitirá utilizar ese tiempo sobrante para que los dos trabajadores que se encontraban en la máquina de corte se desplacen a la otra plegadora, y si la demanda sufriera un incremento mayor, que necesitara mantener a los operarios del corte para avanzar en el trabajo, podemos mover a los dos trabajadores que están en plantilla, que se ocupan de otros trabajos, y así estar los 6 operarios trabajando en el corte y plegado de chapa.

3.1.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular

Como en Oria la flexibilidad está instaurada al 100% debido a que trabajamos bajo pedido, en esta quinta etapa nos centraremos en nivelar la producción y que sea lo más regular posible. Para ello, de los dos sistemas analizados, vamos a ayudarnos de la producción *pull* y las tarjetas *kanban* por adaptarse mejor a nuestras circunstancias de producción. Así, estableceremos un planteamiento *pull* nivelado directo (figura 3.9), en el que nuestra producción no necesita de supermercados intermedios, con el inicial es suficiente, ya que es en el único punto en el que requiere materia prima.

Figura 3.9: Programación por *pull* nivelado directo



Fuente: Elaboración propia

Con esto conseguimos que la transferencia sea en lotes mucho más pequeños, gracias a la ayuda de las tarjetas *kanban* de producción y transporte comentadas con anterioridad, de forma que contaremos con una tarjeta de producción para cada lote de 10 uds. (cada pedido suele constar de 29 uds., por lo que serán dos tarjetas de 10 uds. y una de 9 uds.)

y tres de transporte (dos que indican el paso de los dos primeros lotes y una final roja que indica que ese pedido ya se ha acabado). Gracias a la transferencia en lotes más pequeños se reduce el *takt time*, ya que se reduce el tiempo de espera entre una operación y otra al no tener que esperar que el pedido completo acabara una operación para pasar a la siguiente, como podemos observar en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Cálculo de tarjetas kanban y tiempos de ciclo

Actividad	Descripción	Cantidad lote	T. Ciclo	T. Ciclo anterior	N.º Kanban proceso
1	Cálculo desarrollos	-	5	5	Todas las del pedido
2	Colocación bobina	-	20	20	Todas las del pedido
3	Corte de chapa	10	2,75	2,75	3
4	Espera pasar al plegado	10	0	0,20	3
5	Plegado de chapa	10	3,79	3,79	3
6	Control de calidad	10	2	2	-
7	Almacén p. acabados	10	1	2	3

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, el tiempo de espera de pasar del corte al plegado ha desaparecido, ya que ahora es el plegado el que ejerce el *pull* sobre el corte, logrando así reducir el tiempo de entrega del pedido, además de nivelar la producción con la implantación *pull* basada en las tarjetas *kanban*.

3.1.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo *pull* balanceado, nivelado y multiproducto

Para llevar a cabo esta sexta etapa, debemos considerar la opción de trabajar con líneas multiproducto. En nuestro caso, en Oria, se lleva a cabo con sus características, ya que cada remate que se incluye en los pedidos tiene sus peculiaridades, bien sea en cuanto al acabado de la chapa, al color o a los pliegues a realizar en los mismos. Por tanto, nuestras líneas de producción ya están preparadas para la realización de distintos productos, que son alternados en función de que estén incluidos en el mismo pedido, ya que no se puede entregar el pedido al cliente a falta de algún remate.

Por tanto, podemos decir que Oria ya cuenta con una producción multiproducto de forma mezclada en función de cada producto y que está nivelada gracias a la producción nivelada directa mediante una producción *pull* y las tarjetas *kanban*.

3.1.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual

Para concluir la implantación del sistema *Lean* en esta última etapa, no hemos realizado ninguna actuación más, pero sí hemos facilitado, con distintas actuaciones, el control visual por parte de todos los trabajadores para saber cómo actuar cuando se den determinadas circunstancias.

En primer lugar, se ha fijado un carro para la colocación del utillaje de la máquina plegadora, en la que se marca la colocación de los mismos para que su cambio sea lo más rápido posible y no perder tiempo en recordar donde se había colocado. La utilización de las tarjetas *kanban* ha sido determinante, ya que avisa a los operarios con antelación de la situación del pedido actual y de los tiempos aproximados para cambiar a otro y así preparar la maquinaria.

En la distinta maquinaria que lleva aceite hidráulico se han realizado unas marcas en sus depósitos, para dar aviso de su llenado en lugar de tener que revisarlo semanalmente por si fuera necesario reponerlo.

Y, por último, se ha establecido un tablón (figura 3.10) en el que se muestra el mapa de flujo antes de la implantación, el futuro que ya estamos alcanzando y distintas hojas (informes) en las que tras finalizar la jornada desde la administración se completa el número de pedidos finalizados, anotando en aquellos casos en los que no se ha alcanzado la producción estimada, el operario indique cuales fueron las causas para su resolución.

3.2. CASO 2: CORTE Y PLEGADO DE CHAPA SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

3.2.1. Primera etapa: Flujo regular e ininterrumpido

Al igual que en el caso anterior, seré yo misma la responsable del cambio, en primer lugar, al igual que en la primera aplicación práctica, establecemos el diagrama de todo el proceso productivo (figura 3.11) por el que pasa el producto hasta que llega al cliente final.

Figura 3.11: Diagrama de las actividades hasta llegar al cliente

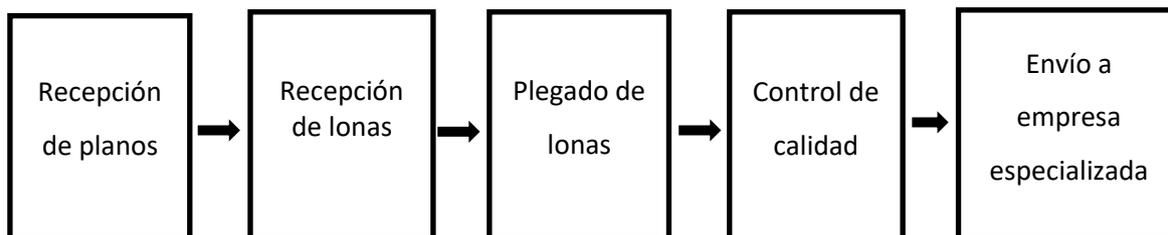


Fuente: Elaboración propia

Antes de centrarnos en el proceso productivo que tiene lugar en Oria, debemos indicar que al tratarse de un material muy específico, que debe estar en continuo contacto con agua potable y soportar las inclemencias meteorológicas, es la empresa especializada la que se encarga de los pedidos de aluminio a la propia fábrica, para que tenga la aleación requerida para la función a la que es destinado, y envía las bobinas al láser con los planos que ella misma ha diseñado según el producto requerido por su cliente. Esos mismos planos que envía al láser nos los envía a nosotros para que, una vez que recibamos el material, procedamos a su plegado.

Por tanto, el proceso productivo en Oria (figura 3.12) comienza con la recepción de los planos, ya que en ellos nos indican si las lonas llevan solamente el pliegue de ajuste o requieren de un pliegue API adicional, lo que supone tener que preparar la máquina con los utensilios necesarios. A continuación, se recibe el material cortado del láser y se realiza el plegado con las indicaciones de los planos, para su posterior entrega en la fecha marcada por la empresa especializada en su nave.

Figura 3.12: Diagrama de actividades realizadas en Oria



Fuente: Elaboración propia

Una vez que conocemos el diagrama, establecemos el Mapa de Flujo de Valor Actual. En este caso, no se reciben pedidos todas las semanas (cada pedido es una obra en la que se indica su destino), y hay semanas en las que se reciben varias obras; lo mismo sucede con el número de unidades de lonas de cada obra. Para solventar este problema, analizamos los pedidos de enero y febrero (tabla 3.5) y establecemos una media para utilizar los valores para la elaboración del Mapa, ya que en función del tamaño de las mismas se tarda más o menos en su manipulación y plegado.

Tabla 3.5: Obras de lonas del mes de enero y febrero 2018

Fecha	Uds. lonas	Tiempo (min)	Lonas/Min
17-ene	40	450	11,25
24-ene	126	1300	10,3174603
30-ene	24	250	10,4166667
09-feb	896	6960	7,76785714
25-feb	270	2520	9,33333333
28-feb	80	330	4,125
28-feb	96	780	8,125
Media:	218,86	1.798,57	8,76

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla anterior obtenemos que, para realizar una lona con doble plegado, el de ajuste y el API, cuatro trabajadores tardan 8,76 min, es decir que cada trabajador emplea 2,19 min en su plegado. Se requieren cuatro trabajadores porque para cada plegado son necesarios dos trabajadores y se realizan en distintas máquinas. Con lo que obtenemos que cada día, si se dedicara la jornada completa para plegar, podríamos realizar 205 uds. Centraremos nuestro análisis sólo en las lonas que llevan el pliegue de ajuste y el pliegue API, por necesitarse dos operarios más y realizarse una actividad a mayores a la hora de la implantación *Lean*. Para continuar con la elaboración del Mapa

de Flujo de Valor actual, analizamos las operaciones y el tiempo que nos lleva realizar cada una de ellas (tabla 3.6), y lo mismo hacemos con las del mapa futuro (tabla 3.7).

Tabla 3.6: Operaciones y datos para una obra de lona actual

Referencia Operación	Descripción	Tiempo de proceso (min)	Lote (Uds.)	Operarios	Tiempo de ciclo (tiempo de proceso/ operarios)
OP1	Plegado de ajuste	4,38	1	2	2,19
ET1	Espera hasta pasar a la siguiente actividad	0,02	1	-	0.01
OP2	Plegado API	4,38	1	2	2,19
OP3	Control de calidad y paletizado.	30	218	Igual OP3	15
ET2	Espera hasta envío	480	218	Igual ET1	480
		520,95 min		Total operarios: 4	501,57 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7: Operaciones y datos para una obra de lonas futura

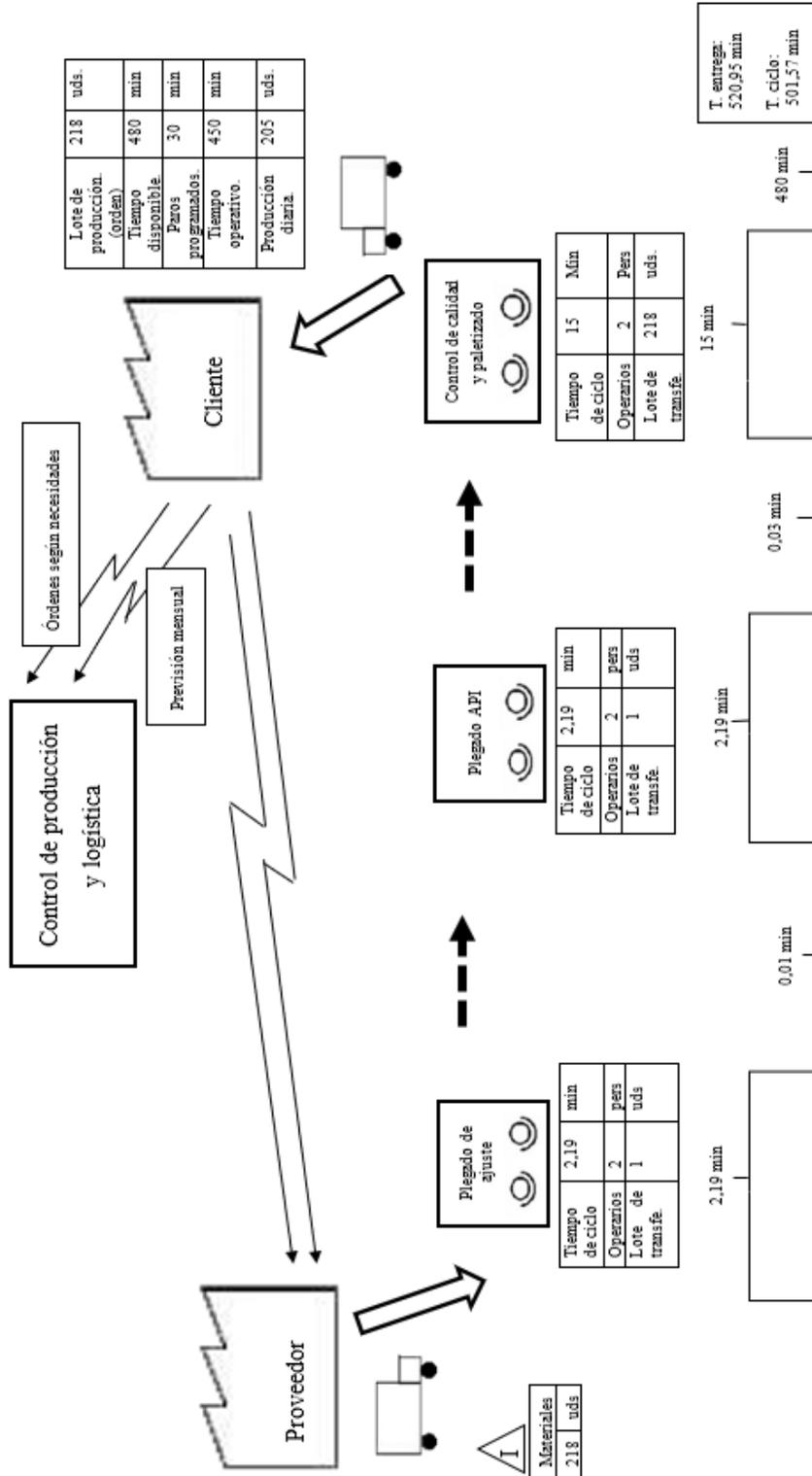
Referencia Operación	Descripción	Tiempo de proceso (min)	Lote (Uds.)	Operarios	Tiempo de ciclo (tiempo de proceso/ operarios)
OP1	Plegado de ajuste	4,38	1	2	2,19
OP2	Plegado API	4,38	1	Igual OP1	2,19
OP3	Control de calidad y paletizado.	30	218	Igual OP2	15
ET2	Espera hasta envío	0	218	-	0
		38,76 min		Total operarios: 2	19,38 min

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del Mapa de Flujo de Valor actual y Futuro hemos utilizado la simbología ya expuesta con anterioridad (figuras 3.4 y 3.6) y lo mismo ocurre con la línea del tiempo.

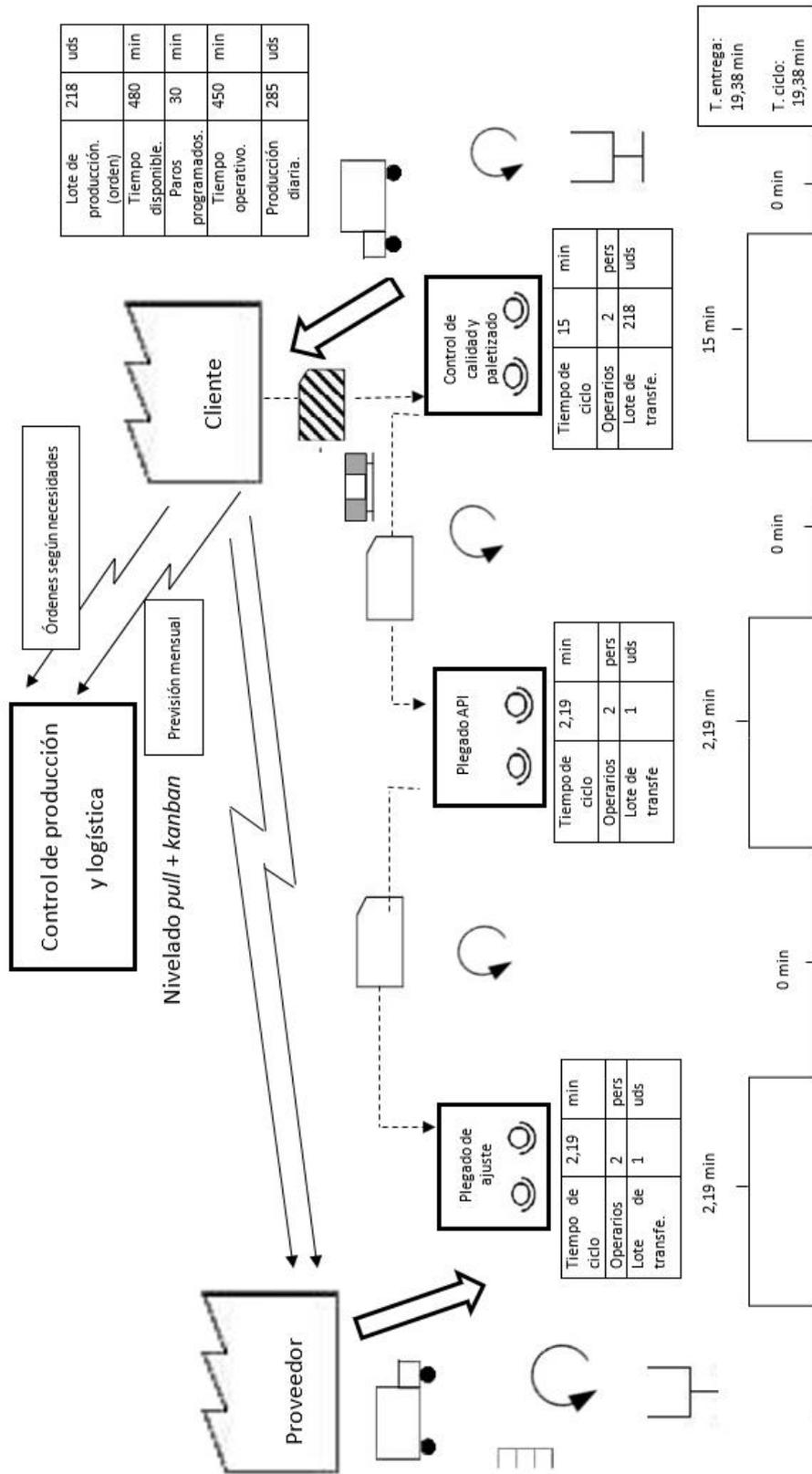
Los Mapas de Flujo de Valor Actual y Futuro para este proceso se muestran en las figuras 3.13 y 3.14 siguientes.

Figura 3.13 : Mapa de Flujo de Valor actual



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Mapa de Flujo de Valor Futuro



Fuente: Elaboración propia

- 2- Proceso inadecuado: al realizar distintos operarios el plegado, la lona tiene que esperar a que los otros acaben con la que están realizando para poder realizar el siguiente plegado.
- 5- Movimientos: al realizar operarios distintos los plegados, la lona se debe coger del pallet para realizar el primer plegado, volver a posarla en el mismo para que los otros operarios la cogieran cuando le fueran a realizar el siguiente pliegue.
- 6- Esperas: esperar la operación de plegado API a que se realice el pliegue de ajuste.
7. Defectos de calidad: una vez realizadas todas las operaciones es cuando se realiza el control de calidad, lo que supone que un fallo en este momento supone la pérdida de todo el tiempo y coste invertido.

Los desperdicios de **proceso inadecuado**, de **movimientos** y de **esperas**, con el cambio en el proceso productivo, y al ser los mismos operarios los que realizan todo el proceso por completo, quedan resueltos.

Al realizar estos cambios, se procede a la eliminación de desperdicios y además con ello la estandarización del proceso con este nuevo cambio implementado, lo que hace que finalice esta segunda etapa. Al tratarse de la misma maquinaria que la utilizada al analizar la primera aplicación práctica, recordamos que cuenta con el sistema *jidoka*, con el que avisa a los operarios de posibles incidencias.

3.2.3. Tercera etapa: Establecimiento del flujo *pull*. *Kanban*

Para abordar la tercera etapa es necesario que la operativa *pull* sea el método de entrega del producto al cliente. Con ella lograremos que se le entregue el producto deseado en el momento deseado.

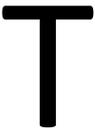
En nuestro caso, juega a nuestro favor que es el propio cliente el que solicita al proveedor que nos suministra el producto, por lo que ya tenemos asegurado que es el producto que el cliente quiere, pero debemos asegurarnos que lo reciba cuando quiere. Para ello, nos indican en cada obra la fecha máxima de entrega del producto en sus instalaciones. Para asegurarnos que la entrega se realiza en tiempo, y conociendo las unidades que somos

capaces a realizar por jornada laboral, debemos reclamar al proveedor con la antelación suficiente, teniendo en cuenta el número de unidades (de lonas) de las que consta la obra y la fecha máxima de entrega para realizarla a tiempo.

De esta forma, no es necesario que exista ningún tipo de stock, ya que es el proveedor (que también conoce la fecha de entrega) el que nos tiene que suministrar, si bien él desconoce el tiempo que nosotros tardamos en realizar el plegado, por lo que somos nosotros los que si vemos que puede peligrar esa fecha debemos reclamar el producto.

En este caso, cada vez que se recibe una obra de lonas se abre una tarjeta *kanban* de **producción (P)** (figura 3.16) con las que podemos controlar de forma muy fiable los tiempos que tardamos en producir nosotros, la fecha máxima de entrega por parte del proveedor y la de entrega al cliente para poder realizar las reclamaciones pertinentes para cumplir las fechas. Este proceso se realizará con dos tarjetas *kanban* de **producción**, para que cada grupo de dos operarios que realice el proceso anote las unidades realizadas, controlando así que están las obras completas, ya que mientras unos realizan un plegado, los otros realizan el otro, alternándose en las máquinas y logrando no tener que realizar esperas y que las máquinas no estén paradas. Sin embargo, sólo se realizará una tarjeta *kanban* de **transporte (T)** (figura 3.16), con la que se indica que la obra está finalizada y su fecha de entrega máxima para gestionar su envío a las instalaciones del cliente. Con las tarjetas de producción también facilitamos que los operarios conozcan qué obra debe realizarse en primer lugar, en el caso de que el proveedor nos entregara dos a la vez.

Figura 3.16: Tarjetas *kanban* Oria

Fecha:		Obra:	
Cantidad de lonas obra:		Fecha de entrega:	
Tiempo de ciclo estimado:			
Fecha límite para reclamar al proveedor:			
Lonas plegadas:			
Fecha de entrega (límite):			

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Cuarta etapa: Flexibilidad en el ritmo de producción. Flujo en células flexibles

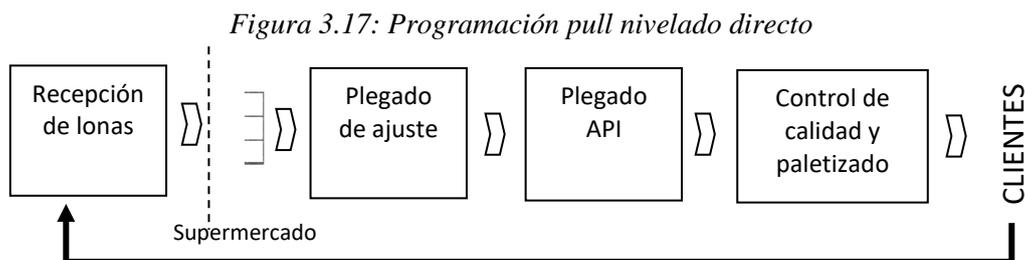
Al igual que ocurría en la aplicación práctica del plegado de chapa suministrada por nosotros, la implantación de células flexibles no es posible aplicarlo a nuestro taller, por lo que en esta cuarta etapa al introducir el cambio de que sean los mismos operarios los que realizan los dos tipos de pliegues a las lonas podemos obtener con ello la flexibilidad en el ritmo de producción.

En el caso de que sea necesaria una producción más elevada serán dos parejas de operarios los que realicen los plegados, alternándose en cada máquina plegadora, mientras que si el ritmo de producción debe disminuir porque no se dispone de lonas para su plegado o la fecha de entrega es a medio plazo sólo una pareja de operarios realizará los plegados, quedando la otra libre para la realización de otras actividades.

3.2.5. Quinta etapa: Flexibilidad en el tipo de producto. Nivelado para una producción regular

En esta quinta etapa, la característica principal de la flexibilidad en el tipo de producto ya contamos con ella, ya que recibimos el producto con las indicaciones que el cliente le da al proveedor y realizamos el plegado como nos indica en sus planos, logrando que el producto se adapte perfectamente a sus necesidades. Por ello, debemos trabajar solamente en el nivelado de la producción para finalizar esta etapa. Para alcanzar el nivelado de la producción, al igual que realizamos en la aplicación anterior, nos vamos a ayudar del nivelado *pull* y las tarjetas *kanban*, comentadas ya en tercera etapa.

Establecemos el nivelado *pull* directo (ver figura 3.17), y contamos con un único supermercado en el que mantendríamos todas las lonas recibidas, en el que iríamos eligiendo en primer lugar las de la obra que tiene una fecha de entrega más cercana.



Fuente: Elaboración propia

Gracias al establecimiento de las tarjetas *kanban*, logramos conocer el tiempo de ciclo que nos lleva la realización de cada obra de lonas, conociendo así el tiempo de producción que nos llevará, lo que nos permitirá nivelar la misma, estableciendo una pareja o dos de operarios según las necesidades, pero siempre cumpliendo con la fecha de entrega.

La implantación de las tarjetas *Kanban* en este caso no afecta al número de unidades de transferencia, ya que se realizaba de una en una, pero sí afecta al *takt time*, reduciéndose gracias a la eliminación del tiempo de espera que tenía lugar antes entre un plegado y otro y que ahora ha desaparecido al realizarse los dos plegados de forma continuada por los mismos operarios.

Además, gracias a conocer en todo momento el tiempo que falta para finalizar con los plegados, se puede anticipar la contratación del transporte para su entrega en la nave del cliente, con lo que nos eliminaríamos el tiempo de espera del material ya acabado a cero en el mejor de los casos, pero nunca tener que esperar un día por avisar cuando se acaba el trabajo y la espera a que llegue el camión para proceder a la carga. En este proceso productivo necesitaremos entonces dos tarjetas *kanban* de producción, una para cada pareja de operarios que como máximo realizarán el plegado, y una única de transporte que indica que la obra ya se ha plegado por completo y está en condiciones de ser entregada al cliente.

En la tabla 3.8 se ve reflejado lo explicado y las tarjetas *kanban* necesarias en cada operación.

Tabla 3.8: Cálculo de tarjetas *Kanban* y tiempos de ciclo

Actividad	Descripción	Cantidad lote	T. Ciclo	T. Ciclo anterior	N.º <i>kanban</i> proceso
1	Plegado de ajuste	1	2,19	2,19	2
2	Espera pasar plegado API	1	0	0,01	Mismas
3	Plegado API	1	2,19	2,19	Mismas
4	Control de calidad y paletizado	1	15	15	1
5	Espera transporte	218	0	480	-

Fuente: Elaboración propia

En este caso la fecha de entrega es la que ejerce el *pull* sobre el resto de operaciones que tienen lugar en nuestras instalaciones, mientras que el nivelado de la producción es el que ejerce el *pull* sobre el proveedor para disponer de material según la producción estimada.

3.2.6. Sexta etapa: Implantación completa del flujo *pull* balanceado, nivelado y multiproducto

La nivelación completa del flujo en nuestro caso ya queda instaurada en la etapa anterior, ya que, el multiproducto en este proceso productivo puede venir dado en la diferencia de que las lonas sólo requieran un plegado o los dos, logrando así tener el multiproducto que el cliente requiere y que la producción se encuentre nivelada gracias a la producción *pull* y las tarjetas *kanban* implantadas en las etapas anteriores, por lo que no requiere que se efectúe ninguna operación a mayores.

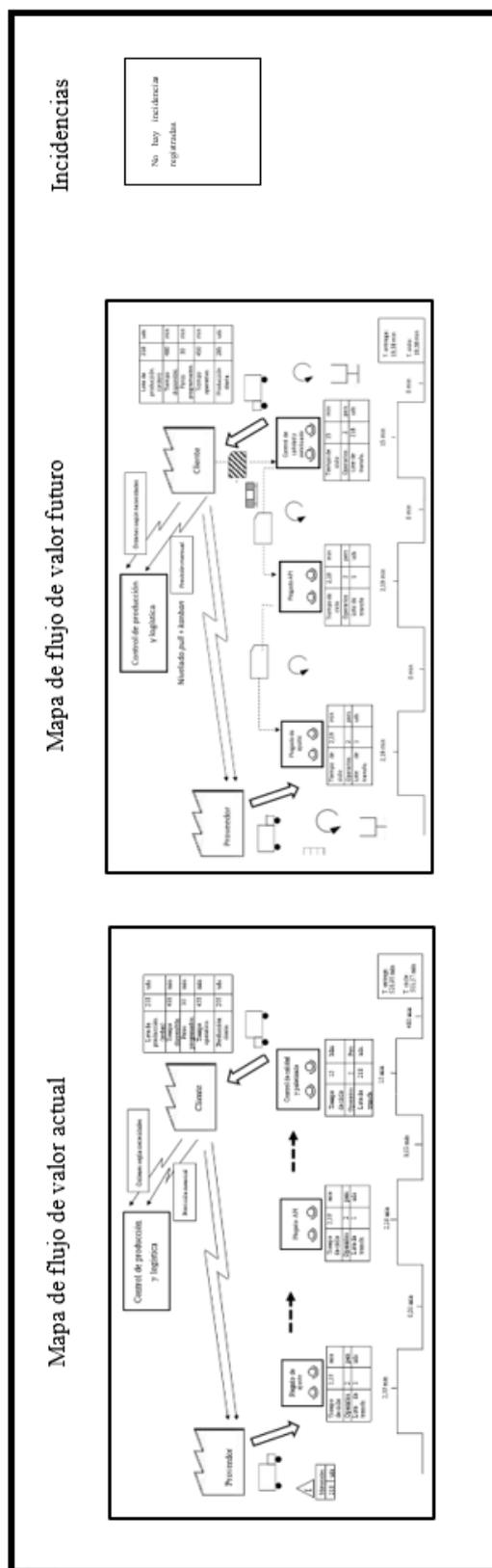
3.2.7. Séptima etapa: Gestión y control sencillo y visual

La implantación del sistema *Lean* ha finalizado con el establecimiento de un tablón en el que se pueden observar los Mapas de Flujo de Valor Actual y Futuro y la muestra de los distintos partes de incidencias si existieran (figura 3.18).

En este punto cabe destacar que el sistema de tarjetas *kanban* facilita que en todo momento se conozca la producción realizada y poder estimar el tiempo de que falta para poder entregar el pedido, para poder organizar el viaje y que no tenga que esperar el material en el taller.

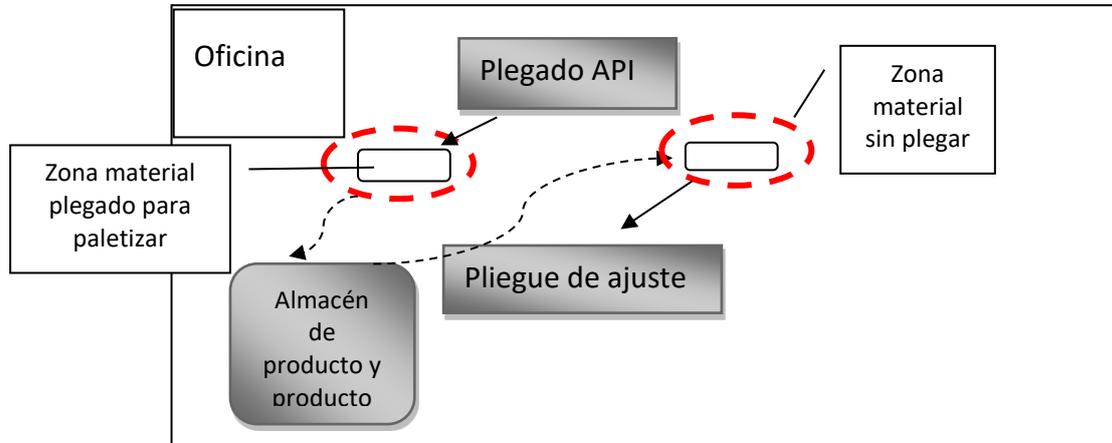
Por otro lado, se han diferenciado dos zonas (figura 3.19), en las que a un lado de las plegadoras se pone el material sin realizar el plegado y al otro el que ya ha sido plegado, para no poder caer en la confusión y realizar un transporte innecesario.

Figura 3.18: Tablón con información sobre la implantación Lean en Oria



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19: Zonas diferenciadas en el taller



Fuente: Elaboración propia

Con la implantación de los cambios en el sistema logramos que los productos lleguen en la fecha solicitada y que puedan cumplir con sus plazos por las distintas obras que tienen repartidas por todo el mundo, como la que podemos observar en la Imagen 3.1 a propósito de una obra en Polonia.

Imagen 3.1: Trabajo acabado realizado con las lonas



Fuente: Iagua

Capítulo IV: RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN

4.1 ANÁLISIS DE LAS MEJORAS LOGRADAS CON LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA LEAN

Con la implantación del sistema *Lean* en el sistema productivo de Oria se ha logrado mejorar en varios aspectos, que hacen que toda la empresa se beneficie de los mismos. Si bien es cierto que aún no es factible analizar en profundidad las mejoras obtenidas con este sistema, debido principalmente al periodo corto de implantación, sí que es posible evaluar la evolución de alguno de los datos indicadores de la mejora Lean, y que se resumen en los que detallamos a continuación:

Costes de producción: Al lograr reducir el tiempo que los operarios están esperando a que los productos lleguen y ser ellos los que tiran gracias a la operativa *pull*, los costes de producción se ven reducidos gracias a la reducción de la mano de obra por cada pedido, tanto en los que suministramos nosotros la chapa como en los que es suministrada por nuestro cliente. Además, se logra una producción diaria mayor, lo que permite que el coste de mano de obra también sea inferior por este aspecto. Es decir, que para ambos casos la implantación del *Lean* ha beneficiado en este aspecto.

Inventarios: Este punto tiene especial relevancia en la aplicación del sistema al plegado de chapa suministrado por nosotros, ya que se ha logrado reducir la cantidad de chapa que está esperando a ser utilizada en un 50%, contando en la actualidad con una media de 44.640 kg., mientras que a principios de año contaba con 85.281 kg.

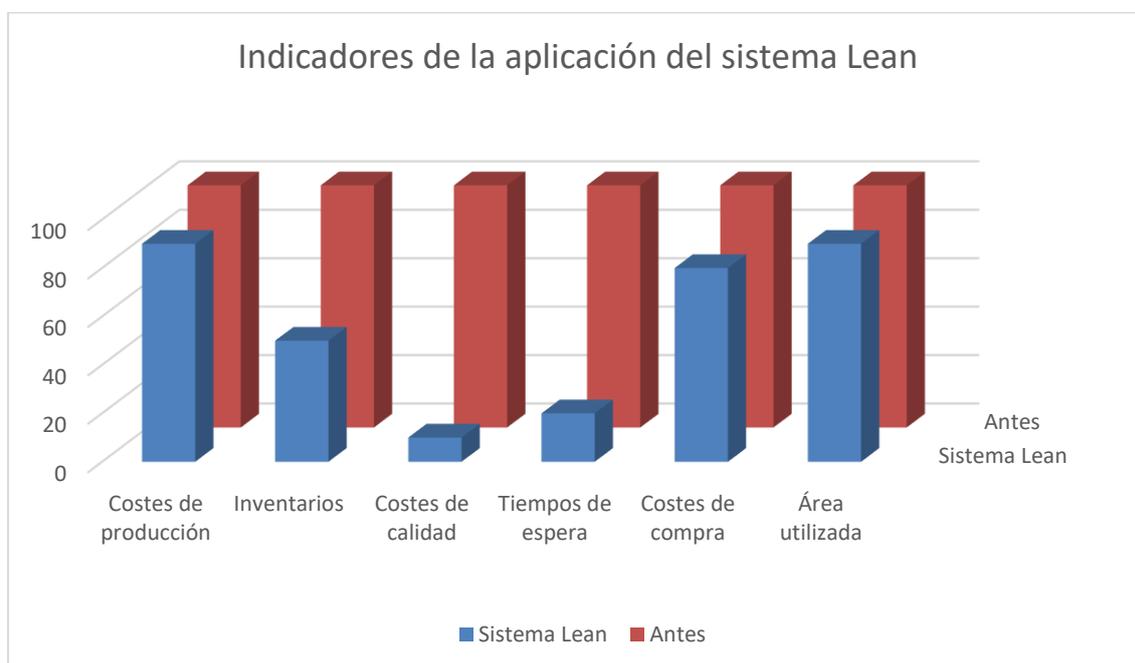
Costes de calidad: Al realizar un traspaso entre las distintas operaciones de unos lotes más pequeños, es mucho más fácil detectar posibles incidencias y que no tengan que terminar los productos todo el proceso productivo para realizar el control y detectarlo.

Tiempos de espera de las órdenes: Los tiempos de espera van muy ligados a los costes de producción, ya que al reducirse éstos se reducen los costes de producción, y permiten que se aumente la producción diaria.

Costes de compras: Al reducirse el tamaño de los inventarios se produce una reducción por dos lados: en primer lugar, por utilizar durante más tiempo el material del que se dispone en el taller y, por otro, por realizarse unas compras de menor cantidad.

Área utilizada: En nuestro caso, el área utilizada sólo se ve reducida por la reducción del inventario, ya que no podemos cambiar nuestra maquinaria actual por otra de menor ocupación.

Gráfico 4.1: Indicadores de la aplicación del sistema Lean



Fuente: Elaboración propia

4.2. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN

Además de los indicadores que han mejorado y que hemos explicado en el apartado anterior, la aplicación del sistema ha permitido obtener una serie de mejoras que no se ven reflejadas en los costes o la ocupación de espacio, pero que han permitido que los clientes que necesitan disponer de una fecha de entrega aproximada, se les ofrezca una con una fiabilidad de más del 95 %.

Al implantar el sistema *Lean*, se ha logrado reducir los tiempos tanto de espera, como de ciclo y conocer con una mayor fiabilidad el tiempo que se tarda en realizar cada pedido

antes de haberlo iniciado, es por ello que se conoce con bastante antelación la fecha estimada en la que se podrían iniciar los trabajos de los que se solicita un presupuesto y plazo de entrega y facilitarle el mismo al cliente para ver si está dentro de su plazo y le interesa la realización del trabajo. Hoy en día y más en el sector en el que se encuentra la empresa es muy importante el cumplimiento de los plazos, ya que los contratos se realizan con penalizaciones por cada día de retraso en la entrega de lo contratado, es por ello que este factor es determinante a la hora de la elección de la empresa proveedora y asegurar un plazo de entrega y cumplir con el mismo hace que la confianza de los clientes haya aumentado y que quieran trabajar con nosotros, lo que hace que se mejore la facturación.

Por otro lado, al haber logrado implementar el sistema en la parte productiva de una forma beneficiosa para la empresa nos lleva a dar el siguiente paso, aplicarlo al departamento administrativo, ya que se cuentan con los conocimientos necesarios y permitirá seguir mejorando y lograr implementarlo así al 100%.

A la vez que se instaura el sistema *Lean* en todos los departamentos, es imprescindible concienciar a nuestros proveedores de que es el camino a seguir, y que deben implantarlo en su empresa para que nos sirvan el producto en el momento que es requerido, con lo que lograrán ser más competitivos y que nosotros sigamos mejorando, ya que se volverán a reducir los stocks y dispondremos de unos plazos de entrega fiables, para ello les mostraremos como hemos logrado implantarlo nosotros, todo ello permitirá una mejor relación entre proveedor y cliente (en este caso Oria), lo que siempre es beneficioso tanto para nosotros como para nuestros clientes.

4.3. INCONVENIENTES DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN

A día de hoy no existe ningún inconveniente por la aplicación del sistema en nuestro proceso productivo, sí que ha habido alguna dificultad a la hora de que se cumplan con los nuevos cambios por parte de los operarios, no por reticencia al cambio, sino por llevar trabajando de la misma forma durante años y la introducción de cambios en el mismo, pero poco a poco con el paso del tiempo y al entrar en la nueva mecánica se va cumpliendo con todos los cambios.

Por otro lado, al estar acostumbrados a disponer de mucho más stock, surgen dudas de poder cumplir con los pedidos de los clientes, pero a día de hoy todos los pedidos han sido entregados al cliente, informándoles desde el primer momento que determinados colores es necesario disponer en algunos casos de un mayor plazo para su entrega.

CONCLUSIONES

La realización del presente TFG ha permitido extraer una serie de conclusiones y de conocimientos.

En primer lugar, conocer y profundizar en la concepción teórica de la metodología *Lean* y las distintas herramientas que utiliza para su puesta en marcha. Este estudio, al ser realizado con una perspectiva de implementación práctica real, me ha obligado a utilizar una visión diferente a la meramente teórica, teniendo en muchos casos que adaptar los conocimientos teóricos adquiridos, tanto en mis estudios de Grado como en la primera parte del desarrollo del TFG, a la situación real de la empresa objeto de estudio.

El objetivo central del presente trabajo ha sido la aplicación práctica a la empresa Talleres Oria en la que estoy trabajando, logrando que con unos pequeños cambios y la concienciación y ayuda por parte tanto de los gerentes de la empresa como de los operarios, haya sido posible la implementación del sistema, y lograr con ello al finalizar el mismo obtener unas conclusiones al respecto. Todo ello ha sido posible gracias al conocimiento que poseía del funcionamiento del proceso productivo con anterioridad y las herramientas *Lean* que por sus características se podrían aplicar en el proceso, ya que es muy importante conocer de primera mano el mismo, para elegir la que mejor se adapta y es posible llevar a cabo. En caso contrario, se realizaría un trabajo en el que no se obtendrían mejoras y crearía un problema entre todos los trabajadores y el gerente por cambiar su forma de trabajo en varias ocasiones sin que se vieran los beneficios de ello.

Cabe destacar que el hecho de trabajar con un producto bajo pedido ha facilitado una parte de la aplicación de este sistema, ya que con ello se cumple uno de los pilares fundamentales del mismo, que es la entrega de un producto con las características requeridas por el cliente. Además, los operarios que trabajan en la empresa ya contaban con la polivalencia, lo que ha permitido que se les pueda cambiar de puesto de trabajo sin que ello suponga una traba.

Por tanto, la principal conclusión práctica ha sido que, en base a las condiciones anteriores, se haya podido realmente llevar a cabo los cambios necesarios en el proceso para la implementación del sistema *Lean*, en concreto en dos casos de aplicación práctica. En ambos casos, hemos logrado reducir drásticamente el inventario de material del que

disponíamos, sin que ello afecte a los plazos de entrega a los clientes, lo que además ha permitido reducir los costes de las compras. También se han reducido los tiempos de esperas entre las distintas fases lo que permite que se reduzca el tiempo de ciclo total y con ello el tiempo de entrega, lo que permite mayor satisfacción del cliente, el cual recibe un producto con las características que desea en el momento que desea y concluir con ello, que la implantación del sistema ha logrado mejorar la situación de la empresa. Todo ello ha sido posible gracias fundamentalmente a la eliminación de los despilfarros que tenían lugar en la planta productiva y a implementar el sistema *pull* en la producción, en el que es el cliente el que tira del producto, y la utilización de tarjetas *kanban*, que han permitido un flujo de los materiales por las distintas fases en lotes mucho menores y que además marcaban las prioridades de los trabajos, todo ello dejándolo reflejado en los mapas de flujo de valor futuro que dejan constancia en todo momento de las distintas fases, sus tiempos y otras características como el número de operarios.

Por tanto, hemos podido concluir en primer lugar que es factible la implementación del sistema *Lean* en nuestra empresa. Además, también se puede concluir que dicha implementación práctica ha permitido mejorar el proceso, tanto en sus propias características físicas, como en el resultado del mismo (producto entregado al cliente). Asimismo, de la implementación práctica hemos podido constatar la posibilidad de detectar despilfarros (desperdicios en el lenguaje del sistema *Lean*) que ha sido posible eliminar, concluyendo que en nuestra empresa la puesta en práctica de este sistema ha permitido mejoras que también han sido constatadas y descritas en el trabajo.

Implicaciones empresariales

La elaboración de este trabajo me ha permitido conocer en mayor profundidad el proceso productivo que sufrían los materiales antes de llegar a nuestras instalaciones y mostrar más interés en todos los pasos que se llevaban a cabo en las distintas fases de una forma más operativa, no sólo a través de los partes de trabajo como lo hacía antes. Además, con el estudio de las características de la empresa hemos eliminado determinados desperdicios que suponen una gran mejora para la empresa y los cambios en el proceso productivo han

logrado que se pueda producir más en menos tiempo, lo que hace que seamos más competitivos en estos tiempos tan difíciles.

Sin embargo, la implicación empresarial más fuerte de este trabajo es el hecho de que se trata de una aplicación real a una empresa real, por lo que las ventajas derivadas de este TFG han quedado constatadas de forma fehaciente en la nueva forma de proceder de la empresa objeto de estudio.

Limitaciones

Cualquier trabajo de estas características no está exento de limitaciones, tanto en lo derivado de los problemas de espacio y tiempo, como del hecho de tratarse de un caso real, lo que supone que para abordar una implementación como la que se ha planteado, deba haber sido restringida a ámbitos concretos.

El sistema *Lean*, como se ha comentado, puede y debe abarcar todos los ámbitos de la empresa. Sin embargo, en este TFG se ha abordado únicamente la implementación en el caso del sistema productivo. Por tanto, sería factible tratar de extenderlo al resto de la organización, incluyendo su fase administrativa, máxime teniendo en consideración los buenos resultados obtenidos en la fase actual.

En lo que se refiere a la parte llevada a cabo, también cabe poner de manifiesto que en este trabajo no ha sido posible abordar todas las etapas para la implementación del sistema *Lean* por las características que posee el proceso productivo de Talleres Oria. A este respecto, cabe concretarlo en el hecho de que al trabajar con unas máquinas de grandes dimensiones que no pueden sustituirse por otras de pequeño tamaño, no se ha podido implantar las células flexibles de trabajo. Por otro lado, al no trabajar bajo un catálogo y ser todos los trabajos adaptados al cliente, no nos permite conocer con antelación los pedidos y que estos sean periódicos, lo que conlleva que se dificulte la nivelación de la producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera Calva, R.C. [Online]. *Value Stream Mapping. Análisis de la Cadena de Valor. TPS: Mapeo del flujo de Información y Materiales*. Disponible en: <https://eddymercado.files.wordpress.com/2013/05/analisis-del-mapeo-de-la-cadena-de-valor.pdf>. Recuperado 25 de Feb. 2018.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2010). *Lean management : la gestión competitiva por excelencia : implantación progresiva en siete etapas*. Barcelona : Profit.
- Cuatrecasas Arbós, L., & Tena, J. A. (2011). *Volver a empezar Lean Management : una novela que transforma el pensamiento de los directivos en ideas y actitudes positivas* ([2{487} ed.]). Barcelona : Profit.
- Dombrowski, U., & Crespo, I. (n.d.). *A management approach to lean production system implementation in small and medium-sized enterprises - results of a research project*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Dinas Garay, J., & Franco Cicedo, P., & Rivera Cadavid, L. (2009). *Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing*. *Sistemas & Telemática*,7(14), 109-144.
- Fortuny-Santos, J., & Cuatrecasas Arbós, L., & Cuatrecasas-Castellsaques, O., & Olivella-Nadal, J. (2008). *Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales*. *Universia Business Review*, (20), 28-41.
- Fundació Factor Humà. (2008) [Online]. *Lean Management "El despilfarro más peligroso de todos es el que no reconocemos como tal"*. Disponible en: https://factorhumana.org/attachments_secure/article/8280/lean_cast.pdf. Recuperado: 25 de Feb. de 2018.
- García Alcaraz, J. L., Maldonado Macías, A. A., & Cortes-Robles, G. (n.d.). *Lean manufacturing in the developing world : methodology, case studies and trends from Latin America*. Alemania: Springer.
- Iagua (2016) [Online]. *Los domos Alusphere llegarán a Australia*. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/australia/jsf-hidraulica/16/12/16/domos-alusphere-llegaran-australia> . Recuperado 13 de Mar. 2018.

- Lean Manufacturing 10 (2018) [Online]. *Herramientas Lean Manufacturing más importantes y cómo implantarlas*. Disponible en: <https://leanmanufacturing10.com/herramientas-lean-manufacturing-mas-importantes-implantarlas>. Recuperado 15 de Feb. 2018.
- Lean Manufacturing 10 (2018) [Online]. *Fases de la implementación lean. Cómo implementar lean manufacturing*. Disponible en: <https://leanmanufacturing10.com/fases-de-la-implementacion-lean>. Recuperado 18 de Feb. 2018.
- Lean Manufacturing 10 (2018) [Online]. *Los 7 desperdicios en el lean manufacturing*. Disponible en: <https://leanmanufacturing10.com/desperdicios-lean-manufacturing>. Recuperado en 18 de Feb. 2018.
- Lean Manufacturing 10 (2018) [Online]. *Metodología Lean Manufacturing: Qué es y cómo implantarla en tu empresa*. Disponible en : <https://leanmanufacturing10.com/>. Recuperado 20 de Feb. 2018
- Maldonado Villalba, G. (2008) [Online]. *Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad*. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10591/Herramientas%20y%20tecnicas.pdf?sequence=1>. Recuperado 28 de Feb. 2018
- McCarthy, D., & Rich, N. (n.d.). *Lean TPM: a blueprint for change* (Second edition.). Burlington: Elsevier Science.
- New Steel Construction (2017) [Online]. *Una introducción a la fabricación del acero*. Disponible en: <http://www.newsteelconstruction.com/wp/an-introduction-to-steelmaking/> . Recuperado 21 de Feb. 2018
- Olic, A. (2016). *Kanban: A Quick and Easy Guide to Kickstart Your Project*. Smashwords Edition.
- Toledano De Diego, A., Mañes Sierra, N. & Julián García, S. (2009) [Online]. «*Las claves del éxito de Toyota*». *LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas*. Disponible en: <http://www.ehu.es/cuadernosdegestion/documentos/926.pdf> . Recuperado 20 de Feb. 2018

- Universidad de Oviedo (2018) [Online]. *La metalurgia del aluminio*. Disponible en: [https://www.unioviado.es/sid-met-mat/TECNOLOGIASIDEROMETALURGICA/La%20Metalurgia%20del%20Aluminio%20\(web\).pdf](https://www.unioviado.es/sid-met-mat/TECNOLOGIASIDEROMETALURGICA/La%20Metalurgia%20del%20Aluminio%20(web).pdf) . Recuperado en 5 de Mar. 2018
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Cuatrecasas Arbós, L. (2005). *Lean thinking : cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona : Gestión 2000.
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D., & Cuatrecasas Arbós, L. (2017). *La máquina que cambio el mundo*. Barcelona: Profit.