



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

IMPLANTACIÓN METODOLOGÍA LEAN MANAGEMENT EN EMPRESA DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE AUTOMOCIÓN. UNA APLICACIÓN DE 5S Y SMED.

Alumno: Cristóbal Ibáñez López

Tutor: Prof. D. Juan Manuel Maqueira Marín
Dpto: Departamento de Organización de
Empresas, Marketing y Sociología

Septiembre, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Organización de
Empresas, Marketing y Sociología

D. Juan Manuel Maqueira Marín, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Implantación metodología Lean Management en empresa de fabricación de componentes de automoción. Una aplicación de 5S y SMED, que presenta D. Cristobal Ibáñez López, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, septiembre de 2019

El alumno:

**Cristóbal
Ibáñez López**
- 77365113J

Firmado
digitalmente por
Cristóbal Ibáñez
López - 77365113J
Fecha: 2019.09.04
23:12:53 +02'00'

D. Cristobal Ibáñez López

Los tutores:

**MAQUEIRA
MARIN JUAN
MANUEL -
31647418Q**

Firmado digitalmente por MAQUEIRA
MARIN JUAN MANUEL - 31647418Q
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-31647418Q,
givenName=JUAN MANUEL,
sn=MAQUEIRA MARIN, cn=MAQUEIRA
MARIN JUAN MANUEL - 31647418Q
Fecha: 2019.09.03 19:01:51 +02'00'

D. Juan Manuel Maqueira Marín

Índice

Capítulo 0. Introducción.....	9
1. Antecedentes.....	9
2. Justificación	9
3. Alcance.....	10
4. Objetivos.....	10
5. Estructura	12
Capítulo 1. Introducción a Lean Management y sus herramientas.....	15
1. Introducción	15
2. Origen y antecedentes.....	15
3. Lean Management.....	18
3.1. Determinar el “Valor”, (Value)	20
3.2. Identificar el flujo de valor, (Value stream)	22
3.3. Mantener un flujo continuo de valor (Flow)	23
3.4. Atracción del cliente por el valor, (Pull-flow).....	28
3.5. Búsqueda de la perfección, (Perfection)	29
Capítulo 2. Metodología	35
1. Introducción	35
2. Revisión bibliográfica.....	35
3. Estudio de casos	36
4. Proyecto Lean	37
4.1. Inicializar proyecto	37
4.2. Origen de la idea	38
4.3. Validar y comprometer.....	40
4.4. Plan de acción	41
5. 5S.....	45
5.1. Análisis y diagnóstico inicial.....	45
5.2. Planificación	46
5.3. Implementación	46
6. SMED	52
6.1. Toma de datos.....	52
6.2. Análisis de datos.....	53
6.3. Creación de estándar de trabajo.....	54
6.4. Evaluación de las mejoras y puesta en práctica.....	56
6.5. Proceso de implantación.....	57

Capítulo 3. Descripción de la empresa	61
1. Introducción	61
2. Descripción de la empresa	61
3. Descripción de fábrica	62
3.1. Proceso productivo	62
3.2. Distribución en planta	63
Capítulo 4. Desarrollo e implantación 5S.....	69
1. Introducción	69
2. Antecedentes y situación de la sección de estampación.....	69
3. Descripción del área de Estampación.....	70
4. Descripción del proceso productivo.	73
5. Desarrollo 5S.....	76
5.1. Análisis y diagnóstico inicial.....	76
5.2. Planificación de 5S	76
5.3. Proceso previo de implantación.	86
Capítulo 5. Desarrollo e implantación SMED	93
1. Introducción	93
2. Antecedentes y situación de la sección de perfilado	93
3. Descripción del área de Perfilado.	94
4. Descripción del proceso productivo, PERFILA4.....	97
5. Desarrollo SMED	100
5.1. Toma de datos.....	100
5.2. Análisis de datos.....	101
5.3. Desarrollo del estándar.....	103
5.4. Creación de estándar de trabajo.....	110
Capítulo 6. Conclusiones.....	119
1. Conclusión sobre Lean Management.....	119
2. Conclusiones sobre la metodología 5s	120
3. Conclusión sobre la metodología SMED	121
Bibliografía	124

Ilustraciones

<i>Ilustración 1 - Círculo virtuoso de Lean.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ilustración 2 – Ejemplo de calendario de implantación.....</i>	42
<i>Ilustración 3 – Plantilla revisión de proyecto.....</i>	44
<i>Ilustración 4 - Ejemplo de tarjeta identificativa horizontal.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ilustración 5 – Ejemplo de modelo de Auditoria 5S.....</i>	51
<i>Ilustración 6 – Ejemplo de plantilla registro SMED.....</i>	54
<i>Ilustración 7 - Ejemplo estandar de preparación.....</i>	56
<i>Ilustración 8 - Area prensas progresivas.....</i>	73
<i>Ilustración 9 - Planificación 5S.....</i>	77
<i>Ilustración 10 - Estándar 5S.....</i>	81
<i>Ilustración 11 - Extracto clasificación operaciones.....</i>	102
<i>Ilustración 12 - Ejemplo espeama estandar de preparación (Prensas progresivas).....</i>	111

Tablas

<i>Tabla 1 - Cuestiones auditoria 5S.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Tabla 2 - Calendario auditorias 5S inicial.....</i>	86
<i>Tabla 3 - Calendario auditoria 5S final.....</i>	86
<i>Tabla 4 - Operaciones fuera de tiempo de preparación.....</i>	105
<i>Tabla 5 – Operaciones internas de preparación.....</i>	109

Capítulo 0

Introducción

Capítulo 0. Introducción

1. Antecedentes

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) de Ingeniería en Organización Industrial, surge como fruto de la propia experiencia del alumno en el departamento de mejora continua de una empresa de fabricación de componentes de carrocerías del sector de la automoción. El trabajo persigue aplicar herramientas de Lean Management a distintos procesos en dicha empresa. Para ello este trabajo presenta una doble vertiente, una teórica y otra práctica.

Lean Management es una filosofía de trabajo que tuvo sus orígenes en la empresa Toyota, en Japón, después de la segunda guerra mundial y que se basa en la eliminación del despilfarro o desperdicio en los procesos y en la búsqueda constante de mejorarlos para ganar en calidad, servicio y coste (Womack & Jones, 1996). En esta filosofía, cuando se habla de Lean, lo primero que se debe venir a la mente es la palabra cliente. O, dicho con otras palabras, esta filosofía de gestión está enfocada hacia el cliente. Así, su objetivo principal trata de identificar qué es lo quiere el cliente de la empresa y qué es lo que el cliente identifica como valor, para poder proporcionárselo en tiempo y coste adecuado. Esta premisa ha convertido a este sistema de gestión en un modelo a seguir por la mayor parte de las grandes empresas fabricantes del mundo, que en la puesta en práctica de sus principios han llegado a ampliar el concepto de Lean más allá de lo que era en sus orígenes.

Este Trabajo de Fin de Grado muestra los principios básicos y las herramientas del Lean Management y su implementación en una empresa proveedora de primer nivel de las principales marcas del sector automovilístico de Europa. En concreto se aplicará en una factoría que produce componentes estructurales de carrocerías de automoción, utilizando dos de las principales herramientas de lean Management: 5S y SMED.

2. Justificación

Durante el período de prácticas del alumno en la factoría sobre la que se desarrolla el proyecto se comprobó la importancia que tiene modificar o eliminar aquellas tareas que no aportan valor añadido al producto, así como buscar siempre la mejora continua del proceso productivo. Para conseguir este modelo de trabajo se despliegan diferentes técnicas y herramientas procedentes de la filosofía Lean Management, nacida como una renovación y extensión del modelo primigenio de producción que utilizó Toyota en Japón a mediados del siglo XX. Implantar esta nueva forma de trabajo en una planta de producción no es tarea fácil,

pues muchas de ellas suponen grandes cambios organizativos, pero sobre todo requieren cambios en la mentalidad de los empleados, los cuales ganan protagonismo y participación activa en todos los aspectos del área de fabricación (y por extensión, de todas las áreas de la empresa). Cabe destacar el interés y el atractivo que generó al alumno poder conocer a fondo las particularidades de determinadas herramientas de Lean Management que se implantaron en los procesos de dicha fábrica, como son 5S y SMED y que pueden ser de gran utilidad para la consecución de objetivos de reducción de despilfarros y mejora de la eficiencia.

Por todo ello este Trabajo de Fin de Grado recoge los principios básicos y las herramientas 5S y SMED de la filosofía Lean y el cambio que su aplicación ha supuesto en la empresa donde ha realizado su período de prácticas al haberlas aplicado a uno de los procesos en la producción. Por razones de confidencialidad no se expondrán datos o información real que desvelen información importante de la empresa estudiada

Y por estos motivos, se redacta el presente Trabajo de Fin de Grado, de la titulación de Grado en Ingeniería Industrial, de la Universidad de Jaén, por el alumno D. Cristóbal Ibáñez López, y bajo la dirección del profesor D. Juan Manuel Maqueira Marín, del Área de Organización de Empresas, del Departamento de Organización de Empresas, Marketing y Sociología, de la Universidad de Jaén.

3. Alcance

El proyecto pretende cubrir tanto el ámbito teórico y como el práctico. Por una parte, desde la perspectiva teórica se describe en qué consiste la filosofía Lean Mangement y se muestran sus principales prácticas y herramientas, mediante la revisión bibliográfica de literatura existente. Por otra parte, y desde la perspectiva práctica, mediante el estudio de casos, se analiza la implantación de las herramientas 5S y SMED en la empresa, que es un proveedor de primer nivel de componentes de carrocería para las principales marcas fabricantes de automóviles de Europa. A partir de ambas perspectivas, teórica y práctica, a modo de conclusión del proceso de implantación de Lean Management en general, en esta empresa y, en particular de las herramientas 5S y SMED, evaluaremos la efectividad y ahorro que las acciones tomadas han supuesto.

4. Objetivos

El principal objetivo general del trabajo es poner en práctica la aportación de los

conocimientos y herramientas Lean Management aplicados a una empresa del sector de la automoción, tratando en primer lugar, la base teórica de las herramientas y prácticas Lean en general y, posteriormente, llevando a cabo la aplicación de dichas herramientas en el caso concreto de dos procesos productivos esenciales en la actividad de la empresa.

Con este trabajo, se presentan las bases de una metodología para evolucionar, desde un modelo clásico de gestión de procesos, a una implantación de Lean Management. Además, se pretende verificar si la implantación de la metodología Lean, mejora los resultados productivos, manteniendo y asegurando una determinada calidad y mejorando la eficiencia de los procesos, adecuando los recursos humanos y materiales.

El gran objetivo general expuesto con anterioridad puede ser desglosado en varios objetivos específicos, que recorren tanto la vertiente teórica como práctica.

Los objetivos específicos de la vertiente teórica son los siguientes:

- Identificar y describir el concepto de Lean Management
- Identificar y describir las principales herramientas y prácticas de Lean Management
- Incidir especialmente en la descripción de las herramientas de Lean Management 5S y SMED, y de cómo se implantan y utilizan en la práctica.

Mientras que, en la vertiente práctica, se presentan como objetivos específicos los siguientes:

- Seleccionar un Caso de Estudio, en el que se puedas apreciar los beneficios obtenidos con la aplicación de Lean Management en una empresa.
- Mostrar la implantación de 5S en un fabricante del sector del automóvil (Caso de Estudio)
- Mostrar la aplicación de SMED en un fabricante del sector del automóvil (Caso de Estudio)
- Identificar las mejoras conseguidas con 5S en el Caso de Estudio
- Identificar las mejoras conseguidas con SMED en el Caso de Estudio.

5. Estructura

El presente trabajo se estructura mediante capítulos, dando comienzo un capítulo previo, el cual engloba este apartado, y cuyo objetivo del capítulo es servir de introducción al proyecto, exponiendo los antecedentes, justificación, alcance, objetivos y estructura del mismo.

La parte teórica del proyecto recorre los capítulos primero, segundo y tercero. Así, en el primer capítulo se ofrece una visión de lo que atiende la filosofía Lean, comenzando por una introducción a la historia del Lean, continuada con una descripción de las principales directrices y herramientas. El segundo capítulo se centra en la metodología utilizada, tanto en la confección del trabajo, como en el desarrollo de las actividades prácticas realizadas. El tercer capítulo recoge el caso seleccionado para su estudio, mostrando las características de la empresa estudiada y su actividad productiva, para la aplicación particular del proyecto Lean.

A continuación, se presentan el cuarto y quinto capítulo, donde se desarrolla la vertiente práctica del proyecto, con el proceso de implantación de las herramientas 5S y SMED, respectivamente. En ellos se profundiza en las áreas de aplicación de las herramientas, el proceso productivo específico y la implementación de la herramienta.

El trabajo finaliza con un último capítulo, que recoge las conclusiones obtenidas y las líneas futuras de trabajo.

Capítulo 1

Introducción a Lean Management y sus herramientas

Capítulo 1. Introducción a Lean Management y sus herramientas.

1. Introducción

Este primer capítulo, es una introducción al Lean Management en el cual se pretende sintetizar la esencia de esta filosofía y mostrar sus principales prácticas y herramientas. Para poder entenderla es necesario conocer sus orígenes, desde que comenzó a germinar en un contexto de post guerra y su evolución hasta la actualidad, así como los distintos autores que han ido modelando el pensamiento Lean. Siendo finalmente utilizadas como referencia por su extendido uso las directrices básicas aportadas por Womack y Jones (Womack & Jones, 1996), aceptadas como base para la explicación la filosofía Lean y sus principales herramientas y prácticas. Normalmente, tanto las directrices como las herramientas y practicas suelen exponerse de forma separa, ya que se piensa que son conceptos independientes y sin una gran asociación directa. Sin embargo, en la filosofía Lean, no son conceptos o ideas separadas, sino un círculo virtuoso cuyo perímetro está formado por las directrices principales, las cuales se encuentra en un giro continuo de mejora, y cuyo movimiento es consecuencia de las prácticas y herramientas Lean, que al igual que los engranajes de una máquina, han de trabajar conjuntamente. Por ello, en la búsqueda de una comprensión sencilla y la integración de las directrices junto con las prácticas y herramientas, como una parte de un todo, son presentadas en el capítulo de forma conjunta. Ciertas metodologías tienen un enfoque más orientado hacia el cumplimiento de ciertas directrices, por lo que han sido expuestas junto a ellas. De este modo se expondrán las directrices o principios Lean unidas con las herramientas y prácticas que tiene un mayor enfoque hacia cada uno de esos principios, con el objetivo de no perder la visión de conjunto.

2. Origen y antecedentes.

Para comenzar a hablar de la filosofía Lean, es necesario conocer el contexto en el que surge y remontarse históricamente a la segunda guerra mundial. Japón retomó su expansión militar en 1937 por China, que finalizaría en 1945 con el ataque atómico de la ciudad de Hiroshima y posteriormente Nagasaki por parte de Estados Unidos de América (EE.UU), que se situaba en el bando aliado contra Alemania y los países que la apoyaban, entre ellos Japón. Tras el conflicto, Japón pierde todo su imperio en Asia, construido durante su expansión bélica y parte de su territorio, quedando en una posición relegada del resto del mundo capitalista, que pasa a tener como centro neurálgico a EE.UU. Es en este punto de inflexión, cuando los

ministros de exterior, economía y grandes dirigentes de Japón se reúnen para continuar con la guerra, pero en esta ocasión en el campo económico. Los japoneses tradujeron literalmente las reflexiones de Carl von Clausewitz: si la política es la continuación de la guerra por otros medios, vamos a continuar la guerra por medios políticos y por esa razón, nos rendimos militarmente. (Mesa, 2010).

Es por ello que comienza una reconstrucción del país (Japón), considerando ésta como una empresa de guerra y por tanto pasa a ser una prioridad el reequipamiento técnico y económico del país. Centran su atención, en un departamento creado con anterioridad, cuyo objetivo era estudiar las patentes a nivel mundial con el fin estratégico de encontrar patentes susceptibles de desarrollar y con un interés industrial. Por lo que entre enero de 1947 y 1948 se despliegan grupos hacia otros países, principalmente en América del norte, que estudian con detalle los procesos patentados que aún se encuentran en su fase inicial, haciendo una compra masiva de todos estos tipos de patentes, para terminar de desarrollar todo tipo de invenciones. Esta estrategia proactiva, frente a la tomada por el resto de potencias, donde esperaban a adquirir patentes con un uso ya adaptado a la industria, hizo que Japón adquiriera la patente del transistor, dando comienzo así a una batalla económica por la productividad, tras solo cinco años después de la puesta en marcha de la estrategia comentada con anterioridad. De este modo durante la década de los cincuenta, Japón siguió potenciando y desarrollando sus oficinas científicas y técnicas, obteniendo nuevas invenciones, que permitieron un fuerte crecimiento competitivo de su sector industrial.

En este contexto, donde Japón estratégicamente pretende competir a corto plazo con las potencias económicas del momento, al tiempo que su industria se reactiva en una situación de post guerra con deficiencias de abastecimiento de materias primas, sin equipos ni grandes plantas ni almacenes, es donde surgen los inicios de la filosofía Lean. Siendo Taiichi Ohno, considerado la persona guía de este movimiento, quien aprovechó los recursos disponibles y canalizó todas las ideas de mejora, hacia la productividad y reducción de costes. Ohno era un ingeniero industrial mecánico, que comenzó trabajando en los telares de la familia Toyoda y en la segunda guerra mundial les transfirieron a las actividades de automóviles y camiones, en la fábrica de Honsha, donde más tarde dirigiría el departamento de mecanización. En el año 1954 fue nombrado director de fábrica y progresivamente fue ocupando puestos de mayor responsabilidad, hasta 1975 donde tomo cargo de vicepresidente de Toyota. Aunque Ohno desarrollo y promovió el sistema, deben ser reconocidos, para el desarrollo y promoción del sistema Toyota, el apoyo de los altos ejecutivos, el denodado esfuerzo de los competentes subordinados de Ohno y las ideas de todos los trabajadores de Toyota (Ohno, 1991).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que si retomamos la secuencia histórica y

retrocedemos aún más en el tiempo, Ohno no ha sido el único personaje que modeló nuevas formas de mejorar la competitividad, antecesores como Honoré Le Blanc, Eli Whitney, Henry Ford, precursores de la cadena de montaje o Frederick W. Taylor promoviendo la organización científica del trabajo, entre otros personajes ilustres a lo largo de la historia de la fabricación industrial, que han contribuido a importantes mejoras productivas.

La idea esencial del sistema Toyota se basa en adaptarse flexiblemente a los cambios de la demanda, partiendo de un flujo continuo para reducir de forma natural los excedentes tanto de existencias, personal y tiempo, obteniendo así una reducción de coste. Este sistema es denominado como “*Toyota Production System*” o “*TPS*”. Pero no fue hasta la primera crisis del petróleo, en el año 1973 donde el modelo adoptado por Toyota, llamo la atención del resto de industria. La inflación sin precedentes hasta dicho momento, hizo que la mayoría de las empresas descendieran hasta número rojos, frente a la estabilidad de Toyota que siguió generando beneficios. Sin embargo, es necesario destacar lo que Moden expresa en su libro, “aunque la reducción de costes es el objetivo principal del sistema TPS, también debe alcanzar otros objetivos secundarios para alcanzar el objetivo principal: (1) Control de cantidad, que permite que el sistema se adapte a las fluctuaciones diarias y mensuales de la demanda en términos de cantidad y variedad; (2) Aseguramiento de la calidad, que asegura que cada proceso proporcionará solo buenas unidades a los procesos posteriores; (3) Respeto por las personas, que debe cultivarse mientras el sistema utiliza los recursos humanos para obtener sus objetivos de costo” (Monden, 1983).

Moden (1983) además, enfatiza en la interdependencia de cada uno de estos tres objetivos, no pudiendo lograrse uno de ellos sin la consecución del otro o sin influir entre sí o con el objetivo primario de reducir costes. Siendo en definitiva todos los objetivos son parte de un objetivo final, la mejora de la productividad.

No obstante es de resaltar, el último objetivo, el respeto por las personas, ya que el modelo de *TPS*, que posteriormente evoluciono hacia el *Lean Production* o *Lean Manufacturing* y más tarde hacia *Lean Management*, deja de ser un sistema o un proceso a aplicar, para convertirse en una filosofía que combina la sabiduría oriental antigua, proveniente del taoísmo, como es el kaizen, el respeto por las personas, las relaciones de estos con su trabajo, la confianza mutua y el trabajo en equipo, la estabilidad, la energía humana, la motivación y pasión por la mejora, en el camino hacia una evolución de la mentalidad y los métodos en la búsqueda de la mejora, que integran la organización con las personas y viceversa.

Aunque no fue hasta la década de los 80, cuando se introduce formalmente esta filosofía

en EE.UU., tras la formación de New United Motor Manufacturing (NUMMI) como una empresa conjunta entre Toyota y General Motors en 1984. Siendo unos años después, acuñada con el término “*Lean Production*” por Krafcik en su trabajo fin de Máster en 1988 en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) lugar donde en colaboración con otros profesores del MIT y profesores japoneses trataran de comprender y transferir los sistemas productivos y de recursos humanos japoneses a la industria norte americana. Con posterioridad Womack, Jones y Roos publicaron “*La máquina que cambió el mundo*” (1990) donde fue popularizado el sistema debido al éxito de la publicación y comenzó a ser percibido como un potencial sistema de gestión para mejorar la competitividad. En este libro, se añadieron respecto al trabajo de Krafcik, aspectos relacionados con el desarrollo del producto, la cadena de suministro y la distribución, para diferenciarlo del sistema de producción en masa occidental (Arias Aranda & Minguela Rata, 2018).

En la actualidad, la filosofía Lean, en un principio vinculada al proceso de fabricación, se ha extendido y adaptado a los diferentes ámbitos de la empresa, así como a las relaciones entre las cadenas de suministro y distribución y a industrias de todo tipo, por lo que es más apropiado utilizar el término “*Lean Management*” como referencia al modelo Lean en conjunto.

3. Lean Management

Dando por conocida el contexto y la evolución de la filosofía Lean, su definición no es tarea sencilla. La confusión lingüística surge cuando múltiples términos pueden hacer referencia a un mismo objeto o idea. El trabajo teórico y empírico llevado a cabo por los diferentes académicos conducen ligeramente a diferentes terminologías, dando lugar a una ausencia de definición común del concepto. Esta ambigüedad deriva en parte por su larga evolución y de la dificultad del entendimiento del TPS por parte de los directivos, por ser multifacético y complicado, siendo a menudo enfocado hacia un único aspecto, perdiendo la visión del conjunto del sistema.

Las primeras publicaciones relacionadas con los sistemas TPS (Monden, 1983; Ohno, 1988) hacían una interpretación más fiel a la realidad, en comparación con las publicaciones posteriores, dividiéndose en dos perspectivas, por un lado la filosófica (Womack & Jones, 1996) y la perspectiva práctica, considerándola como un conjunto de herramientas de gestión. Por lo que en un intento de unificación del concepto y de ambas perspectivas (Shah & Ward, 2007) lo define como: “un sistema socio-técnico de gestión que pretende eliminar cualquier fuente de despilfarro mediante la reducción o minimización simultánea de la variabilidad interna y externa, esto es, la que se genera en las relaciones con clientes y proveedores”.

Siendo esta definición la más aceptada actualmente.

Pero, para profundizar en la definición de Lean, (Womack & Jones, 1996) se pueden definir cinco principios fundamentales del Lean, representados en la siguiente figura.

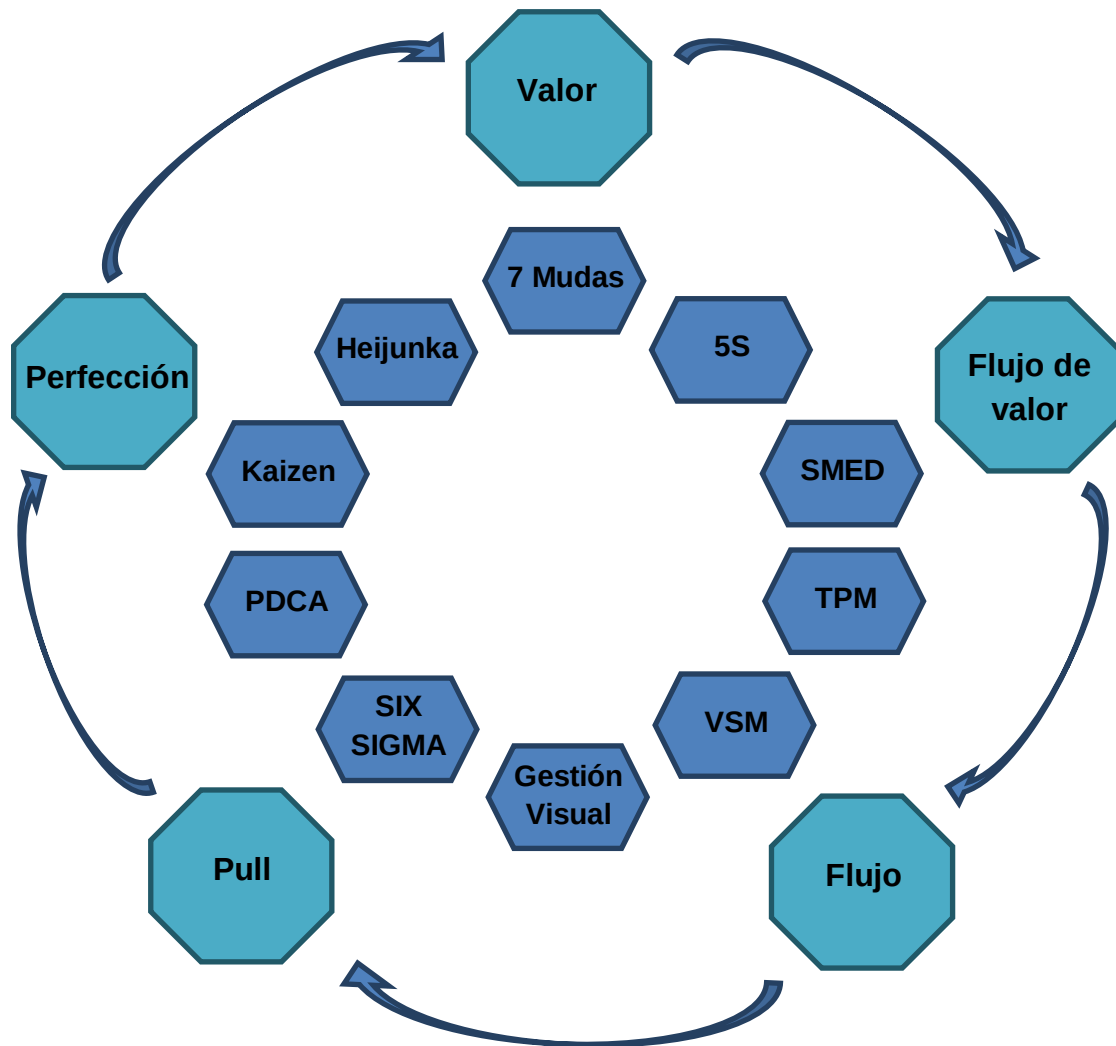


Ilustración 1 - Circulo virtuoso de Lean

A continuación, se describen cada uno de estos principios. En cada principio se han incluido conceptos clave, prácticas y herramientas Lean, especialmente asociados a dicho principio.

3.1. Determinar el “Valor”, (Value)

El principio básico inicial, comienza por determinar de forma específica el valor, entendiendo valor como las expectativas que el cliente espera al adquirir un producto y que realmente son cubiertas por el producto. De modo que aquello que no genere valor para el cliente, es considerado un gasto improductivo que se debe eliminar. Para definir de una manera eficaz el valor es esencial atender a aspectos que desafíen las definiciones tradicionales de valor, siendo éste considerado en términos de la totalidad del producto y teniendo también en consideración que el coste estará relacionado de forma directa con el valor percibido por el cliente.

3.1.1. Muda, siete despilfarros

La necesidad de identificar aquello que aporta valor para el cliente y aquello que no lo aporta, con la finalidad de la eliminación del valor no útil, y que se traduce en costes improductivos, surge el concepto de despilfarro o desperdicio, o también conocido por el termino japonés “*MUDA*”, que significa “inutilidad; superfluo; ociosidad; despilfarro; residuos”, claramente suponen consumo de recursos que no aportan ningún valor al producto. Estos despilfarros, fueron resumidos en siete grupos por Taiichi Ohno. A continuación, se describe cada uno de estos grupos.

- 1) **Sobreproducción.** La producción por encima de la demanda o en tiempo inadecuado, da como resultado costes asociados a un exceso de inventario, que sería posible que el mercado no pudiera absorber.
- 2) **Defectos de producción.** La existencia de defectos en los bienes o servicios, puede ser considerado el despilfarro de mayor incidencia en cuanto a los costes se refiere, ya que debido a estos defectos se incurre en costes de material, y otros costes productivos y si el producto defectuoso llega a las manos del cliente, pueden producir un deterioro de imagen de la empresa, de la confianza del cliente, e incluso su pérdida, sin tener en cuenta las posibles sanciones contractuales en las que se podría incurrir.
- 3) **Inventario innecesario.** Asociado en ocasiones a la sobreproducción de bienes, a los inventarios incensarios de materias primas, a los inventarios innecesarios de productos en curso y a altos inventarios de productos terminados, que conllevan todos ellos pérdidas asociadas al propio coste del almacenamiento, y al deterioro u obsolescencia de los bienes almacenados, así como la inmovilización de capital que estos inventarios suponen, produciendo perdidas económico-financieras, que no agregan valor al producto.

- 4) **Movimientos innecesarios.** Los desplazamientos suponen tiempo, por lo tanto, todo desplazamiento innecesario de personas o equipamiento, es un desperdicio que genera costes. Por lo que el esfuerzo en la localización, distribución en planta, en los métodos de trabajo, en la eficiencia ergonómica, en la limpieza y organización, son fundamentales para evitar este desperdicio.
- 5) **Transporte excesivo.** Del mismo modo que los movimientos innecesarios suponen un coste, el transporte excesivo o ineficaz de bienes de un lugar a otro entre procesos, conlleva pérdidas de tiempo y en su resultado se traduce en mayores costes, que no generan valor para el producto.
- 6) **Procesamiento inadecuado.** La realización de proceso, operaciones o consumo de recursos, más allá de los necesarios para generar valor, son despilfarro que conllevan unos mayores costes. El uso adecuado de métodos o procedimientos de trabajo, de herramientas o equipos, que sean eficaces y sencillos, reducen estos desperdicios.
- 7) **Esperas.** Que hace referencia al tiempo productivo del proceso, durante el cual no se añade valor, es decir, es el tiempo perdido en esperas a tareas posteriores, tiempo de espera en “cuellos de botella”, debidos a desequilibrios en la producción, a deficiencias del mantenimiento no planificado, a la falta de calidad de materiales o a deficiencias en su abastecimiento, que en definitiva, aumenta el tiempo total de procesado del bien, generando periodos de inactividad que añade un mayor coste, lo que en ocasiones se traslada al cliente, en forma de mayores plazos de entrega, agravándose aún más el efecto de las esperas.

Aunque estos son los siete despilfarros, que se han trasladado de *TPS*, otros autores como Womack y Jones (1996) añaden un octavo desperdicio relacionado con el diseño de bienes y/o servicios no enfocados a cubrir las necesidades del cliente, de modo que si el cliente no percibe el valor añadido del bien, ese valor es desperdiciado y con ello el coste que ha supuesto. Aunque este octavo desperdicio, podría ser clasificado como un procesamiento inadecuado del bien, donde se ha perdido de vista que el cliente es quien determina el valor.

Sin embargo, otros autores, como Liker y Meier (2006), proponen una octava muda, más basada en el papel de las personas dentro de la filosofía Lean, el talento humano. Haciendo referencia a este octavo desperdicio, cuando no se realiza el aprovechamiento de la creatividad e inteligencia de las personas empleadas para eliminar despilfarros. Siendo fundamental capacitar a los empleados en los siete desperdicios, para aprovechar su aporte de ideas y oportunidades de mejora, pues son normalmente ellos, quienes acaparan la experiencia más especializada en cada puesto. La dirección por tanto ha de promover y crear un ambiente de generación de ideas, para la identificación de los desperdicios. No obstante,

el objetivo final es identificarlos y eliminarlos, ya que la eliminación de desperdicios se convierte en una reducción inmediata del coste y el aumento de la productividad, entre otros.

3.2. Identificar el flujo de valor, (Value stream)

Siguiendo los principios presentados, la especificación del valor no es tarea fácil ya que, si este es considerado en términos de la totalidad del producto, es necesario analizar el conjunto de actividades, paso a paso, necesarias desde los inicios de creación del bien, hasta la venta, considerando todo el proceso como un flujo de valor. Dada la complejidad del problema, el mapeo del flujo es una forma simple y clara de identificar el conjunto de acciones que conllevan un producto o servicio, siendo de gran utilidad la herramienta de mapa del flujo de valor o en su terminología anglosajona *“Value Stream Mapping, VSM”*

3.2.1. Mapa del flujo de valor, VSM

El mapa de flujo de valor, consiste en un diagrama que esquematiza de forma visual el flujo de productos e información, desde el inicio hasta la entrega al cliente. Siendo especialmente útil para analizar con facilidad todo el proceso productivo y encontrar oportunidades de mejora, donde sea posible eliminar desperdicios.

El objetivo del *VSM*, consiste en registrar cada una de las actividades que se realizan en el proceso productivo, en función de su aporte de valor o no desde el punto de vista del cliente, manteniendo el enfoque de que el cliente no se preocupa por los recursos invertidos en la fabricación de sus productos, sino únicamente en que sus productos se fabriquen según sus requisitos de calidad y en el plazo de entrega acordado. Por tanto, se trata de obtener un flujo de valor que fluya de forma continua, traduciéndose en una reducción de plazos, una mayor flexibilidad y calidad y unos menores costes, reduciendo los desperdicios detectados.

El proceso para realizar el *VSM* comienza con la elaboración del diagrama actual del proceso productivo, representando los elementos claves y como fluye el valor a lo largo del mismo, prestando atención en aquellos puntos donde el flujo se detiene. Siendo este el punto de partida del análisis, donde se buscará detectar todos los problemas y sus posibles soluciones o mejoras, diferenciando entre las actividades que generan valor, aquellas que no lo generan, pero son necesarias y los cuales no generan valor y se pueden eliminar. Siendo a partir de aquí donde se comenzarían a tomar acciones de modo que el diagrama evolucione hacia un estado ideal futuro, donde de forma hipotética, no existirían desperdicios y por tanto

tendremos un mayor aprovechamiento de los recursos, una reducción de los costes y un aumento de productividad.

3.3. Mantener un flujo continuo de valor (Flow)

El tercer principio, nos conduce a una posición de estabilidad, donde una vez encontrado el valor y eliminado los desperdicios, se ha de perseguir mantener el flujo de valor en movimiento, fluyendo sin interrupciones, es decir, que cada parte del proceso ha de tener la capacidad de realizar su etapa sin problemas, adaptándose y siendo flexible, como un río que fluye hacia el cliente. Este pensamiento, puede chocar con los estándares departamentales aislados, por lo que se tiene que hacer un esfuerzo hacia la multifuncionalidad, siendo los equipos de personas quien encauza el flujo y eliminan obstáculos en su camino (Osho, 2003).

Este propósito, se facilita con el uso de ciertas herramientas y practicas Lean orientadas a eliminar los desperdicios y mantener en una corriente continua el flujo de valor. Entre ellas, las más usas son expuestas a continuación.

3.3.1. 5S

Para eliminar los desperdicios y permitir que el valor fluya, es de especial importancia el orden y la limpieza. La *herramienta 5S* es la aplicación sistemática de ambos en el puesto de trabajo, denominada así como acrónimo correspondiente a las cinco palabras japonesas que definen esta herramienta, dado que su fonética comienza con “S”, siendo éstas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*. Términos que pueden traducirse, respectivamente como: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito. Estos cinco aspectos, son básicos para la realización de las actividades de una forma rápida y eficaz. A continuación, se muestra cada uno de estos aspectos.

- 1) *Seiri*, clasificar y eliminar lo innecesario.

Tanto en el puesto de trabajo, como en el área de trabajo en general, sólo se debe encontrar aquello que tenga un uso real en el desarrollo de la actividad, siendo todo lo demás obstáculos que dificultan y hacen ineficaces las tareas. Para ello es necesario en una primera estancia, clasificar que herramientas o equipos se requieren y con qué frecuencia estos son utilizados, deshaciéndose de todo lo que no resulte útil. Sin embargo, en ocasiones, es difícil desprenderse de ciertos equipos o es confusa la frecuencia de uso de estos, por lo que el método, sugiere marcar aquello que genera

duda con una etiqueta roja fechada, de manera que si tras cierto tiempo son revisados y no presenta uso, estos deberían ser trasladados fuera del puesto. Cumplir con la primera S es fundamental para continuar con el resto.

2) *Seiton*: Situar y ordenar

La segunda S, podría resumirse como: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Una vez determinado que se utiliza y que no, cada objeto ha de tener un lugar fijo e identificado, donde sea accesible de una forma fácil y ergonómica de utilizar, según su frecuencia de uso. Una regla general que podríamos considerar de forma orientativa sería, mantener al alcance de tus manos aquello que utilices cada hora, en un lugar cercano visible lo que utilices cada día, guardado lo que utilices cada semana y almacenado aquello que se use cada mes. Siendo factible de aplicar de nuevo, el sistema de tarjetas a aquellos objetos almacenados cuyo uso es esporádico, siendo valorable su eliminación definitiva.

3) *Seiso*: Limpieza e inspección

Una vez definidos los elementos útiles y fijada una ubicación adecuada, entra en juego la tercera S, limpiar e inspeccionar el entorno con el fin de identificar los defectos y subsanarlos o eliminarlos, manteniendo todo en las mejores condiciones posibles, que permitan un uso eficiente y la prevención de averías o problemas. La limpieza debe ser un patrón de comportamiento, no solo para mantener el puesto en condiciones óptimas, sino también como mecanismo de detección de mejoras y para mantener el trabajo del *Seiri* y *Seiton*.

4) *Seiketsu*: Señalizar anomalías y estandarización

La cuarta fase, *Seiketsu*, permite consolidar los avances obtenidos en las tres primeras S. El objetivo en esta fase es estandarizar, trabajar siempre de un mismo modo, de forma que los avances conseguidos sean perdurables. Estandarizar, por tanto, conlleva seguir una determinada metodología en los procedimientos de manera que el orden y la organización sean los principales factores, siendo su mayor enemigo la conducta errática, que conduce a una acumulación de trabajo y a un incumplimiento mayor. Esta fase engloba aspectos tales como: definir y comunicar procedimientos y estándares (para que los trabajadores sepan lo que tiene que hacer y cómo), indicaciones visuales (como poner etiquetas al lado de los elementos, etc.), *poka yokes* (sistemas que impiden realizar de forma incorrecta una actividad) o tarjetas *kanban* (Arias Aranda & Minguella Rata, 2018)

5) *Shitsuke*: Disciplina

La última etapa, tiene como objetivo normalizar la aplicación de los métodos estandarizados y hacer del uso de ellos, un hábito que se mantenga en el tiempo. La estandarización sin adherencia en el tiempo no consigue nada, por tanto, esta última fase debe asegurar que el trabajo de eliminación, limpieza y orden no dé un paso atrás. Para ello se ha de proveer auditorías planificadas, donde a través de *check list* se verifique la perdurabilidad del proyecto 5S. Aunque para ello se requiere de una infraestructura de apoyo, como son los estándares, motivación y actitud, tiempo y un reconocimiento a trabajo bien realizado.

3.3.2. Mantenimiento Productivo Total, TPM

El TPM, acrónimo de *Total Productive Maintenance*, traducido como mantenimiento productivo total es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las pérdidas de tiempo de producción causadas por averías en los equipos. La idea principal es la mejora y la buena conservación de los equipos productivos, por parte de todos los operarios, para tener una disposición productiva en su máxima capacidad, sin paradas no programadas y con la calidad esperada. Esta práctica surge como necesidad por parte de la dirección de producción, de trabajar de forma conjunta con el equipo de mantenimiento para aumentar la productividad y la disponibilidad de la maquinaria. Aunque para su implantación, es fundamental la idea de que la mejora y conservación de los equipos es una tarea conjunta, desde la dirección hasta los operarios (Hernández & Vizán, 2013). Para ello, en TPM se proponen tres objetivos:

- Maximizar la eficacia de los equipos.
- Crear un sistema de mantenimiento productivo, que incluya toda la vida útil del equipo, donde además se incluyan todas las acciones de mantenimiento preventivo programado y posibles reparaciones o modificaciones.
- Y como se anticipaba, implicar activamente a la participación de todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.

Una vez comenzado el programa de TPM, su implantación, así como las mejoras que esta aporten, han de ser auditadas, normalmente por el departamento de mantenimiento, en vista de controlar los costes, el cumplimiento de las actividades establecidas, la correcta realización de las mismas y la planificación de las acciones posteriores.

3.3.3. SMED

El método SMED es un conjunto de técnicas que pretenden conseguir la reducción del tiempo de preparación de los equipos. Su nombre se debe al acrónimo inglés de *Single Minute Exchange of Die*, que se podría traducir en español como “cambio de matriz en menos de 10 minutos”. Su nombre se debe a los orígenes de la metodología, utilizada en un principio sobre prensas de estampación, aunque hoy en día su aplicación ha sido extendida a todo equipo que requiera una preparación previa a la producción. Surgen como necesidad de la optimización de los tiempos del conjunto de operaciones que se realizan desde que se finaliza una producción y se detiene el equipo para fabricar un nuevo producto, hasta el comienzo de la siguiente producción. Dándose por finalizado el ámbito de aplicación del método, cuando se produce la primera unidad válida de la nueva producción.

Llevar a cabo la metodología SMED, conlleva un estudio detallado del proceso, incorporando cambios en los utillajes, herramientas, equipos e incluso en el propio producto. Porque la aplicación del SMED, ha de comenzar en el diseño de los productos y su proceso de fabricación, para después ser trasladado al diseño de los útiles y herramientas, en un movimiento proactivo de anticipación a la reducción de tiempos, donde se facilite el desarrollo de las operaciones de una forma sencilla y eficiente. Dando pie al siguiente paso, el análisis del desarrollo de las operaciones, que han de ser clasificadas, entre aquellas que puedan ser realizadas fuera del proceso de preparación y las que no, obteniendo así las operaciones externas e internas, respectivamente. La diferenciación de las actividades, tiene el objetivo de estudiar las operaciones internas, de modo que todas aquellas susceptibles de ser realizadas fuera del proceso, sean extraídas y convertidas en operaciones externas. Siendo la fase final del método, la estandarización de las operaciones en la secuencia que optimice el proceso y simplifique las operaciones, buscando de forma permanente la mejora del estándar de preparación y la reducción de tiempos de proceso no activo.

De forma global, la metodología SMED es fácil de aplicar, sencilla y produce rápidos y positivos resultados, generalmente con una inversión mínima, aunque requiere de constancia y método en el propósito. Siendo de especial consideración las mejoras que pueden conseguirse aumentando el tiempo productivo, reduciendo inventarios, obteniendo versatilidad en la fabricación de productos y flexibilidad en la reducción de lotes.

3.3.1. Gestión Visual

La gestión visual, es un conjunto de prácticas y medidas de observación directa, basándose en la forma más sencilla y evidente, que es el control visual. Para ello se hacen uso de señales visuales, dispositivos de alerta o sistemas de control, que monitoricen de forma constante el funcionamiento de los procesos y actividades, focalizándose en aquella información de alto valor que proporcione evidencias claras de problemas o anomalías, así como posibles mejoras. Herramientas Lean, como las 5S, expuesta anteriormente, donde se identifican las herramientas y su posición, permite de una forma visual controlar que todas ellas están en buen estado y en el puesto de trabajo, de igual forma que las tarjetas Kanba o el método FIFO, facilitan un sencillo control visual. Aunque métodos más simples, que no por ello menos eficaces, como sencillos indicadores luminosos que muestren el estado de los equipos, facilitan la gestión de una planta y la detección de anomalías de forma instantánea, con el único esfuerzo de realizar una revisión de ellos.

Sin embargo, el control visual no sólo está enfocado a la parte productiva del proceso, sino que también busca la transparencia y la liberación de la información, de forma que los datos, estadísticas o las gráficas de evolución, que normalmente sólo son utilizadas por las personas que toman las decisiones, sean liberados hacia el conjunto de la organización. Siendo en este sentido, el control visual una herramienta que transforma la tradicional dirección por especialistas, hacia una situación multilateral donde la gestión se estandariza con la participación de todo el personal, siendo ésta, una dirección simple y transparente, que hace partícipes a todos los miembros de la evolución de la organización, siendo conscientes de que los resultados reflejan el esfuerzo de trabajo realizado y la responsabilidad de cada área o grupo de personas para alcanzar los objetivos, siendo esto fuente de motivación.

Herramientas como los tableros de comunicación que muestran indicadores relacionados con la productividad, rendimiento, calidad, seguridad o personal entre otros, colocados en cada área de trabajo, junto con reuniones de equipo, son una combinación perfecta para que, de una forma activa, los propios operarios participen aportando información, mejoras o validando éstas. Estas técnicas y, en general, todas las herramientas Lean están muy enfocada al control visual, dada su sencillez y utilidad ante la difusión y captación de información. En las empresas japonesas se considera el dialogo como una inversión de especial importancia para las compañías, pues gracias a los aportes de sus miembros se establece un proceso de aprendizaje, común y compartido, a partir de la experiencia y conocimiento de los mismos empleados (Hernández & Vizán, 2013)

3.4. Atracción del cliente por el valor, (*Pull-flow*)

El cuarto principio, es un paso más hacia el servicio total al cliente, no es suficiente con crear valor para él, sino que ha de ser el cliente quien obtenga lo que desee, cuando y como lo desee y en la cantidad que desee, siendo el objetivo, no entregar valor si el cliente no lo necesita. Lo que se traduce, en el desafío de producir justo en el momento previo a ser demandado. De esta forma se cambia el sistema tradicional, o sistema *Push*, donde se produce y luego se busca al cliente, hacia un sistema *Pull*, donde se diseña, programa y se hace exactamente lo que el cliente determina y en el momento que lo demanda. De esta forma no se generan inventarios ni productos sin clientes a los que satisfacer, lo que se traduce en una reducción de pérdidas, tanto de costes y tiempo, como del valor creado, el cual no sería aprovechado. Siendo de consideración, no sólo pensar en que el cliente, es el cliente final, sino que también puede considerarse cliente, a la estación de trabajo posterior. Esto da lugar a la distinción entre cliente interno y cliente externo, de forma que ambos deben ser atendidos con los mismos principios de creación de valor y utilizando el flujo *Pull*.

3.4.1. *Heijunka*, nivelación de la producción.

El termino japonés *Heijunka* significa nivelación de la producción y, como su propio nombre indica, es un procedimiento que tiene como objetivo, intentar nivelar el flujo de productos con el comportamiento real de la demanda. Este mecanismo es utilizado para mitigar el impacto provocado por las fluctuaciones de la demanda y, por consiguiente, sus efectos en los inventarios.

Aunque, su puesta en práctica requiere del uso conjunto de ciertas herramientas, como pueden ser las células de trabajo, técnica que busca organizar los procesos productivos siguiendo un flujo de producto y para ello, se combinan diferentes procesos que trabajan de forma independiente, en un trabajo conjunto y flexible, donde todos los procesos van encadenados entre sí. Otra herramienta común, es el uso del flujo continuo pieza por pieza, donde básicamente una operación “aguas arriba” no debe realizarse si no es requerida en una operación “aguas abajo”, de forma que no se produzca más de lo que solicita un cliente.

Por otra parte, es de interés considerar que la nivelación ha de buscarse en el flujo de producción, es decir, el ritmo productivo y no en la capacidad de producción, ya que, de lo contrario, si esta excede la demanda, se incurre en una sobreproducción incurriendo en sus consiguientes efectos negativos (excesos de inventario intermedio, producto terminado, costes de oportunidad, etc.).

Otra consideración sumamente importante es el hecho de que *Heijunka* es aplicable en entornos específicos, donde existen particularidades de proceso, así como de producto y medios. Además, la aplicación de sistemas nivelados de la producción requiere de una elevada disponibilidad de medios ágiles de información y logísticos.

Para finalizar, utilizando este punto como enlace con lo mencionado en el inicio del capítulo, es de resaltar como el uso de herramientas o practicas aisladas, no conducen a una mejora. Este es el caso de un sistema *Heijunka*, donde tras la aplicación de una célula de trabajo, con el fin de adaptarse al cliente, hace que este cambio productivo transforme la fabricación hacia lotes muchos más pequeños, donde el tiempo de cambio de referencia disminuye y por tanto, se vuelve imperativo la aplicación de la herramienta SMED, con el propósito de reducir los tiempos improductivos. Este es uno de los claros ejemplos, donde se puede apreciar claramente la interacción necesaria del conjunto de herramientas Lean para obtener una mejora real, ya que sin el uso conjunto, solo se obtendría una mejora parcial.

3.5. Búsqueda de la perfección (*Perfection*)

La interacción de los anteriores principios en un círculo virtuoso, es cerrada por el quinto principio, la perfección, que hace formar un ciclo continuo de mejora que no tiene fin. Considerando la perfección como algo inalcanzable, pero que marca y dirige las acciones de mejora. Porque a medida que el ciclo se acelera, aumenta el flujo y el cliente demanda más valor, los despilfarros y los obstáculos se incrementa, siendo la búsqueda de la perfección, la forma de poner de manifiesto los problemas para ser solucionados o eliminados, lo que implica un proceso de transformación cultural interminable, donde se cuestiona de forma contante el valor del conjunto de actividades realizadas.

3.5.1. Mejora continua: *Kaizen*

La búsqueda de la perfección requiere recorrer un largo camino, desconocido y con obstáculos. Sin embargo, como dice un viejo proverbio taoísta, para recorrer un camino de mil millas, que nunca antes has recorrido, sólo has de preocuparte de comenzar dando un primer paso, para después continuar con el siguiente. Porque al igual que el agua que baja de la montaña busca siempre el mejor camino para fluir, erosionando con el tiempo la dura roca (Osho, 2003), la mejora ha de comenzar con un primer paso y continuar buscando adecuado, adaptarse y erosionando, los problemas que se encuentre en él. Siendo en esencia esta filosofía, la base del *Kaizen*, promoviendo la búsqueda de la perfección.

Su significado japonés significa "cambio para mejorar", aunque con el tiempo se ha aceptado como "Proceso de Mejora Continua". La traducción literal, está formada por el término KAI, cuyo significado es modificaciones y el término ZEN, traducido como mejorar. La base del método *Kaizen*, consiste en integrar activamente a todos los trabajadores de una organización en los procesos de mejora continua, mediante los pequeños aportes que cada uno pueda hacer al conjunto. La implementación de las propuestas de mejora, aun siendo simples y pequeñas, conforma un potencial de mejora muy importante. Pero además, llevan consigo la creación de una cultura organizacional que siente como sus aportaciones contribuyen al conjunto de la organización. Promoviendo de esta forma la motivación y la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.

El *Kaizen* costa de cuatro principios fundamentales, que han de tenerse en cuenta en su aplicación. El primero es la optimización de los recursos actuales, para ello se ha de profundizar en el grado de utilización de éstos y buscar alternativas que mejoren su uso y funcionamiento. El segundo principio, es la rapidez en la implementación de soluciones, ya no que no sólo es necesario proponer mejoras, sino llevarla a cabo en un corto plazo, cumpliendo así con la esencia de alcanzar pequeñas pero contantes mejoras progresivas. Minimizar los procesos burocráticos de análisis y autorización de soluciones y proponer desgranar el problema en pequeños hitos de sencilla solución, debe ser la línea de actuación. El siguiente criterio se basa en el bajo coste o nulo, de manera que ningún parámetro de gestión se mejore mediante el uso intensivo de capital, sin antes buscar la mejora continua del mismo. Fomentando la inversión en la creación de mecanismos de participación y estímulo del personal y por consiguiente la mejora de los parámetros de gestión. Por último, el *Kaizen* requiere de una participación activa del personal en todas las etapas, siendo fundamental que el operario se vincule de forma activa en todas las fases de mejora, incluyendo la planificación, el análisis, la ejecución y el seguimiento. El *Kaizen* desestima por completo el hito de que "al operario se le paga por trabajar, no para pensar", siendo este pensamiento descartado a favor de que el operario es el mejor conocedor de los problemas referentes a la actividad que realiza.

3.5.2. Ciclo Deming, PDCA

El reconocimiento de problemas es el punto origen para implementar un proceso de mejora continua y por consiguiente su resolución. El ciclo de Deming o también conocido como PDCA, es una herramienta orientada a conseguir dicho fin, que consta de cuatro etapas expuestas a continuación.

1- Planificar (Plan)

Esta primera etapa comienza con la detección de la mejora o del problema a resolver. Para ello se analiza la situación actual, la información disponible y define el objetivo a alcanzar. Para realizar estas tareas es recomendable llevarlas a cabo mediante grupos de trabajo multidisciplinares donde se tenga en cuenta las opiniones e información de todo el personal involucrado.

2- Hacer (Do)

La segunda etapa corresponde con el trabajo de campo de la mejora, consiste en llevar a cabo las propuestas de solución de forma rápida, y en la implementación las mejoras de mayor prioridad. En caso de ser necesario realizar grandes cambios, puede ser conveniente hacer una prueba piloto, para asegurar que el funcionamiento de las acciones tomadas es el esperado y posteriormente trasladarlo a gran escala.

3- Verificar (Check)

En esta etapa una vez implantada la mejora y probada durante un periodo de prueba, se debe comprobar que el objetivo planificado al inicio corresponde con la situación actual. En caso de que la mejora no cumpla las expectativas iniciales, será necesario realizar modificaciones para ajustarla a los objetivos esperados. Para ello es vital realizar una monitorización continua de la evolución de las acciones realizadas y su desarrollo, para poder verificar y controlar el proceso.

4- Actuar (Action)

La última etapa es fundamental para la mejora continua, dado que se asegura que las mejoras conseguidas se mantengan en el tiempo y no se retroceda a la situación inicial. Dando paso a la estandarización de las mejoras, cuyos resultados han sido comprobando y han alcanzado las metas esperadas. Sin embargo, no solo es suficiente con ello, sino que siempre debemos plantear la posibilidad de seguir mejorando el objeto de análisis, en búsqueda de la optimización.

3.5.3. Lean Six SIGMA

La metodología Seis Sigma en un principio, surgió como una herramienta de calidad en la producción y el servicio, pero ha ido evolucionando dada su complementariedad con la filosofía Lean, alcanzando su máxima efectividad en esta combinación. Dado que el objetivo

de las seis sigmas, es la reducción de defectos, analizando las causas para eliminar el origen raíz, al tiempo que las herramientas Lean actúan eliminando los despilfarros de una forma rápida, por lo que el complemento de ambas se convierte en una combinación efectiva para eliminar y evitar la repetición de los despilfarros.

La meta de la metodología seis sigmas es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), considerando defecto cualquier fallo que no cumpla con los requisitos del cliente, en el producto o el servicio. Para ello, se utilizan técnicas estadísticas, no estadísticas y estudios de variabilidad, buscando erradicar la causa raíz de esta última, en un proceso formado por cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Introducir Mejoras y Controlar (DMAIC). Sin embargo, los programas Lean Seis Sigmas, exigen una cantidad considerable de recursos dedicados al estudio de casos concretos, que requieren una gran recolección y análisis de datos, por lo que se ha de tener en cuenta la viabilidad económica, de manera que sean reflejadas significativamente todas las acciones de mejora, en el balance de beneficios económicos final de la empresa.

Otra metodología similar a la anterior, es el Análisis de Modal de Fallos y Efectos, AMFE es un conjunto de directrices orientadas a identificar errores potenciales e identificar sus posibles efectos sobre el conjunto del sistema, con el objetivo de concentrar los recursos en programas de supervisión, prevención y respuesta.

Capítulo 2

Metodología

Capítulo 2. Metodología

1. Introducción

En este capítulo, se recogen las distintas técnicas que se han llevado a cabo en el proceso de creación y desarrollo del conjunto del proyecto. Comenzando por la realización una revisión bibliográfica sobre la filosofía Lean, concentrada en el capítulo anterior. Continuado, con un estudio de caso, en el cual se desarrolla la parte más práctica del proyecto, que analiza la implantación de Lean Management en la empresa seleccionada como estudio de caso, y centrando la atención sobre la aplicación práctica de dos herramientas de Lean Management de gran relevancia como son 5S y SMED.

Sin embargo, la puesta en práctica de las estas herramientas, así como su metodología, varía y cambia en función de la situación y necesidades que la empresa sobre la que se implantan presenta. Siendo necesario la adaptación de ésta, a las características de la organización. Por lo que se expondrán también en este capítulo la parte teórica que se corresponde con dichas modificaciones de los métodos 5S y SMED. Además, de manera complementaria, se adjuntará el método seguido en el proyecto de implantación Lean, para respaldar el desarrollo e implantación de las herramientas 5S y SMED, que aunque han sido descritas en los siguientes capítulos de manera independiente, en la realidad suelen ser desarrolladas de manera conjunta con otras prácticas y herramientas Lean.

2. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica tiene como propósito presentar una síntesis de las diversas lecturas consultadas durante una investigación documental, en este caso sobre la filosofía Lean, tras la cual se extraen una serie de conclusiones. La elaboración de la revisión bibliográfica suele desarrollarse en tres frases: investigación documental, lectura analítica y registro en texto de la información obtenida.

La estrategia seguida de búsqueda, se ha basado en el propósito de la implantación de las dos herramientas Lean, tratadas en el proyecto. A través de ellas, se ha ido construyendo la búsqueda, con el objetivo de encontrar respuestas que permitan explicar por qué y cómo se han desarrollado dichas herramientas, su propósito y el conjunto de herramientas y prácticas en las que se engloba. Por ello, las fuentes de información seleccionadas no responden únicamente a documento específicos del tema, sino que se amplían a otras fuentes no vinculadas de forma directa con el asunto tratado, pero que mantiene una influencia en su

evolución, como es el caso de las fuentes relacionadas con el contexto histórico o la filosofía oriental. Aunque en general se ha hecho uso de documentos y publicaciones de sociedades y autores dedicados al estudio y desarrollo, así como a la divulgación, de la metodología Lean en todos sus ámbitos. Haciendo uso también de la consulta de trabajos y estudios sobre el tema a tratar.

Por otra parte, se ha de mencionar, que dada la accesibilidad y facilidad que ofrece internet, la búsqueda de información y documentos, se ha basado casi por completo en recursos electrónicos, ya que permiten un acceso a la información, de una forma rápida y eficaz. Para ello, se ha utilizado como principal recurso la Biblioteca de la Universidad de Jaén, en su acceso online. También se ha utilizado el buscador Google y en su versión Google Scholar, enfocada a contenido y literatura científico-académica, la cual ha permitido revisar publicaciones y contenidos de otros centros de estudio e instituciones.

La confección de la búsqueda y la lectura analítica, ha sido la parte que ha consumido una mayor cantidad de tiempo, dada la cantidad de información a analizar y el constante enlace entre ellas, que ha producido que ambas etapas, se realicen simultáneamente utilizando la información obtenida en una fuente como inicio para la búsqueda de una nueva. Durante este proceso, se han realizado anotaciones y resúmenes de las ideas centrales con el fin de recopilar los conceptos e información importante, además de intentar recoger los interrogantes y opiniones críticas de las lecturas. Para la posterior producción de un texto escrito, presente en este proyecto.

3. Estudio de casos

En todas las disciplinas de investigación existentes, se precisa de una serie de técnicas o métodos de investigación a través de los cuales poder desarrollar las teorías en las que se basan cada una de las materias estudiadas. Una de estos métodos es el estudio de casos. Una técnica cualitativa de investigación, caracterizada por un análisis sistemático de uno o varios casos. Entendiéndose por casos, todas aquellas situaciones o circunstancias singulares que merezcan algún tipo de interés para la investigación. Realizándose por norma general, el estudio de casos con intención de elaborar ciertas conclusiones o hipótesis, para continuar con su estudio o como aporte a otros.

Para iniciar cualquier investigación, primero se requiere la selección de una ocurrencia relevante y apropiada, en particular de este proyecto, el caso se centra en el desarrollo e implantación de las metodologías 5S y SMED en una empresa concreta (caso de estudio),

por la importancia que estas tienen en el desarrollo de la actividad productiva de la empresa objeto del proyecto. Siendo el estudio de este caso, útil para la futura implantación de ambas herramientas en entornos productivos similares. Intentado obtenerse como resultado conclusiones que faciliten la puesta en práctica de las mismas, así como su posible adaptación en función de las circunstancias y características de la organización.

Por otra parte, en este caso la recopilación de datos se ha realizado mediante técnicas de observación, conversaciones y entrevistas con el personal involucrado, así como la experiencia propia durante once meses de trabajo en dichas tareas.

En el capítulo cuarto y quinto, se recoge el informe donde se desarrollan de forma cronológica todo los detalles y datos estudiados en cada caso. Dedicando el último capítulo a las conclusiones y líneas de trabajo futuras obtenidas tras el estudio de casos, en combinación con las deducciones obtenidas en la revisión bibliográfica.

4. Desarrollo de un proyecto Lean

En capítulos anteriores se ha expuesto la filosofía Lean no solo como un conjunto de herramientas o practicas aisladas, sino un todo que ha de envolver el conjunto de la empresa para que pueda mantener una mejora continuada. En empresas de tamaño reducido, con poco personal, esta tarea se facilita y por tanto su planificación, puesta en marcha y control, pueden ser realizadas sin necesidad de un proyecto. Sin embargo, aunque esta opción siempre es recomendable, en empresas del tamaño y características como la estudiada, se convierte en una necesidad, ya que la oposición al cambio, la dispersión de ideas, la percepción de los conceptos y la supervisión de la actividad por parte los altos niveles directivos, requieren que las acciones realizadas se sostengan sobre un proyecto, con objetivos concisos y resultados esperados definidos a corto plazo.

Por ello, en este punto se expone la metodología seguida en el proyecto de implantación Lean para la empresa estudiada, considerando sus características y situación. Teniendo en cuenta del mismo modo, los pasos iniciales, el diagnóstico y análisis, la elaboración del plan de acción y los resultados esperados.

4.1. Inicializar proyecto

El inicio del proyecto comienza con la propia idea de realizar dicha acción. La creación

de un proyecto para la implantación de la filosofía Lean está motivada por distintos factores, como pueden ser malos resultados, escaso rendimiento, presiones de los clientes, empresas rivales que obligan a ser más competitivos, aprovechamiento de los recursos, inercia del sector o en definitiva un conjunto de todos ellos, ya que la mejora de estos y otros aspectos, es realmente lo que motiva e impulsa la evolución y crecimiento de la empresa, sea mediante el seguimiento de la metodología Lean u otra metodología.

En el caso estudiado, la presión de los clientes y la competitividad para la obtención de trabajos entre las distintas plantas del grupo, han sido el principal factor que ha obligado a la implantación de dicha forma de trabajo, ya que muchos de los clientes, exigen que se trabajen bajo estas directrices de eficiencia, auditando incluso a sus proveedores.

4.2. Origen de la idea

Una vez creada la necesidad de realizar el proyecto, este se inicia con la reunión de la gerencia de la empresa, el jefe de producción y el departamento de mejora, si este existiera, dado el caso. En algunas ocasiones también se reúnen responsables de otras áreas, como recursos humanos, departamento de calidad, mantenimiento o logística, dependiendo de las áreas que involucre el proyecto y el peso que éstas tengan. Ya que normalmente, la instauración de las prácticas y herramientas Lean no suelen hacerse de forma conjunta en un único proyecto y de serlo así, se llevan a cabo en distintas fases a diferentes áreas, dada la cantidad de recursos que conllevaría una implantación completa al mismo tiempo. Aunque en definitiva mientras mayor sea la participación de todos los departamentos, aun no centrándose en el proyecto sobre ellos, mejor serán los resultados y se facilitará la expansión del proyecto en el futuro al resto de áreas.

En la reunión se suele exponer las causas motivantes, la situación actual donde se quiere implantar las mejoras, las posibles opciones, el presupuesto y los recursos disponibles para materializar el proyecto, entre otros temas relevantes.

Para el proyecto Lean realizado en la empresa estudiada, se cuenta con un equipo de trabajo encabezado por el departamento de mejora continua y el jefe de producción. Así mismo también se contará con un responsable de mantenimiento, matriceria, logística, y calidad.

4.2.1. Diagnóstico y análisis inicial

Puesto en marcha el proyecto, el primer paso para su elaboración, es el estudio y diagnóstico de la situación actual, teniendo en cuenta los recursos y capacidades disponibles, los accesibles y los que en un futuro lo podrían ser, aunque esto último ha de estudiarse con cuidado, ya que solo son supuestos. Entre ello podemos destacar el personal, los equipos, las infraestructuras, los métodos de trabajo o los medios externos de asesoramiento. Siendo consciente de todo ello, se puede obtener una valoración inicial que permita definir la situación que se podría alcanzar y las acciones necesarias para ello.

El diagnóstico inicial ha de basarse en parte, en información y datos formales, como son los resultados económicos, gastos, inversión, rendimientos, expectativas futuras, etc. Sin embargo, existe otras fuentes de información menos formales, con una gran relevancia para la filosofía Lean, como son las personas y la observación. La comunicación con el personal, la observación del entorno, el conocimiento de las relaciones sociales entre el personal, los intereses comunes de ciertos grupos o los propios intereses individuales de cada persona y en conjunto, la dinámica que todo ello conforma, son el principal foco de conocimiento, que en la mayoría de ocasiones demuestra la raíz de los resultados revelados en las fuentes de información formales, mencionadas anteriormente. Por tanto, es fundamental para realizar un diagnóstico y análisis inicial completo, mantener una relación cercana con las personas involucrarse en el día a día de la rutina de trabajo, los problemas que surgen, las deficiencias que puedan padecer o los conflictos internos presentes.

En definitiva, este paso inicial ha de servir para adquirir conocimiento e información y convertirse en un punto de partida, desde el cual se va a evolucionar hacia un escenario futuro realista, donde se subsanen y mejoren todas las deficiencias detectadas, así como intentar resolver los posibles conflicto que existan o puedan surgir, en la búsqueda de alinear los objetivos de los personas y los grupos de personas, con los objetivos de la organización, haciendo uso de las prácticas y herramientas que ofrece la metodología Lean, hacia la mejora continua.

Herramientas como los mapas de flujo valor, descritos en el primer capítulo, entre otros métodos de análisis pueden ser de gran utilidad para analizar y detectar oportunidades de mejora.

4.2.2. Definir situación alcanzable

Dentro del diagnóstico y análisis inicial, se halla la difícil tarea de definir una situación

futura que sea alcanzable, pero que cumpla con los objetivos y necesidades que plantea la organización, al mismo tiempo que haga frente a las posibles circunstancias futuras. Por tanto, la definición situación que se quiere alcanzar o de las mejoras posibles, no ha de basarse en metas irreales o difícilmente alcanzables, sino ha de sustentarse en posibles acciones que pueden ser realizadas en un corto plazo y su resultado sea claramente predecible. Aunque no por ello se ha de perder la ambición y motivación de alcanzar escenarios futuros mucho más prometedores a largo plazo.

4.3. Validar y comprometer

La última fase para inicializar el proyecto, sería la validación por parte de los miembros involucrados en el mismo y la alta dirección, quien en definitiva tiene la última palabra. En caso de que el proyecto no fuese validado, se tendría que volver a revisar y pulir aquellos aspectos que no han sido aceptados. Este paso es esencial, ya que un proyecto Lean, tiene en su fin producir cambios a nivel organizativo, pero también a nivel de mentalidad de trabajo, por lo que llegar a un acuerdo donde todos los conceptos, ideas y acciones que se llevaran a cabo sean entendidas y validadas por todos los miembros del equipo, es primordial. Esto se deba a que ellos, serán los responsables de desarrollar dicho proyecto y por tanto de todos ellos dependerá el éxito o fracaso del mismo.

Sin embargo, aunque el proyecto sea respaldado por los responsables de las distintas áreas involucradas y la dirección, no siempre se consigue que la aceptación del proceso sea verdaderamente real. Es en este punto, donde surgen uno de los principales problemas a la hora de realizar un trabajo de implantación, ya que ciertas personas pueden ser reticentes a aceptar los nuevos cambios o simplemente no han llegado a comprender con profundidad el objetivo de la filosofía Lean en su esencia. Este problema, únicamente puede solucionarse mediante la formación de las personas, así como la búsqueda de intentar despertar en la persona la motivación y expectativas sobre el proyecto. Esta parte es la más complicada, ya que no solo sirve postular ideas teóricas, sino que se requieren ciertas habilidades de carácter social, como el liderazgo, el carisma, la empático, la cooperación, entre otras, que permitan derribar las barreras que dificultan el avance del proyecto, no solo eliminándolas, sino intentando transformarlas hacia nuestro favor.

Este impedimento, adquiere tal importancia, no solo porque las personas responsables no apoyen el proyecto, sino porque estas personas, son las encargadas de trasladar los conceptos e ideas y comprometer a todas aquellas que están a su cargo, requiriendo estas como principal prueba, el compromiso de la persona que se lo transmite. Aun así, la formación

del personal, en este caso más operativo, sigue siendo uno de los pilares para el éxito de las acciones. Por lo que la formación en todos los ámbitos ha de ser recogida en el propio proyecto.

4.4. Plan de acción

Realizado el análisis inicial, se da comienzo a la planificación y desarrollo de la actividad, sobre un plan de acción, de modo que se fijen los objetivos, los plazos para conseguirlos, la dinámica de trabajo con la que se va a desarrollar el plan y las herramientas o prácticas que se quieren llevar a cabo. El plan de acción, no necesariamente requiere abarcar todos los aspectos con profundidad, su cometido es servir de guía para desarrollar la actividad y permitir focalizar en los objetivos que se quieren alcanzar y no dispersar los esfuerzos hacia otros. Sin embargo, el plan de acción, aunque se estable al comienzo y ha de cumplirse, no ha de regirse por un seguimiento taxativo, sino que ha de ir evolucionando y adaptándose a la situación, las circunstancias y las nuevas acciones no previstas, aunque manteniendo los objetivos y en medida de lo posible la planificación fijada.

Por otra parte, el plan de acción ha de servir para comunicar y compartir de forma sencilla el trabajo que se quiere realizar y las metas a conseguir, sirviendo este al mismo tiempo de marco para plasmar la situación que se ha detectado en el diagnóstico y análisis inicial y que nos permitirá, en un futuro, valorar el éxito o no del trabajo realizado.

4.4.1. Planificación

La planificación en el tiempo debe basarse en función del análisis previo, dependiendo de la situación, la profundidad de los cambios o los recursos disponibles. También es de resaltar, que aunque se ha de ser optimista, lo imprevisto, el retraso en ciertas etapas, la incompatibilidad con la rutina de producción o averías inesperadas en los equipos pueden paralizar el desarrollo establecido, por lo que siendo consciente de ello, se han de establecer tiempos que permitan cierta flexibilidad. Aun así, si por el contrario la planificación no se ha ajustado a la práctica o los inconvenientes han sido mayores de lo esperado, la mejor opción sería replantear la planificación, haciendo hincapié en aquellos aspectos que antes no se tuvieron en cuenta y que impidieron su cumplimiento. Por último, se ha de considerar que no todas las acciones son posibles de realizar al mismo tiempo, sino que, en la mayoría de ocasiones, se requerirá una aplicación consecutiva de estas.

Una forma básica de realizar la planificación, es a través de un formato Excel, que puede

realizarse para dicho cometido o utilizarse plantillas que el propio programa ofrece. En la siguiente imagen, se muestra la plantilla utilizada para el desarrollo de este proyecto, en la cual el tiempo se establece por semanas, marcadas en dos colores diferentes. Por una parte, el sombreado gris, demarca el tiempo establecido en un principio para el desarrollo de la acción y mientras que el sombreado verde, muestra la evolución en el tiempo real, pudiendo de esta manera, identificar claramente aquellas acciones que se realizaron fuera de lo planificado o por el contrario en un menor tiempo. En cuanto a las acciones, estas se agrupan según el área o sección a la que afecten, para de una forma rápida, poder organizar la planificación de las distintas actividades.

		Calendario Implantación Proyecto Lean: Perfiladoras																			
ACCIÓN	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BASES DE LA MEJORA CONTINUA - PERFILADORAS																					
Definición OHP	Perfiladoras																				
Definición de indicadores y objetivos. Toma de datos.	Perfiladoras																				
Formación al GAP piloto en las herramientas de IP	Perfiladoras																				
Tablero de comunicación	Perfiladoras																				
TOP 5 / Cara a Cara / Ideas de Mejora	Perfiladoras																				
TOP 15 / TOP20	Perfiladoras																				
Taller 5S	Perfiladora piloto																				
TOP 60	Perfiladoras																				
herramientas de mejora de la productividad - PERFILADORAS																					
TPM Máquinas sípareto	Perfiladoras																				
Taller SMED extensión, según Pareto y volumen	Perfiladoras																				
TPM máquinas / utillajes según Pareto y/o Volumen	Perfiladoras																				
Taller Estándar de Tareas	Perfiladoras																				
REVISIÓN DEL ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO																					

Ilustración 2 – Ejemplo de calendario de implantación.

Este modelo de planificación, puede extenderse a diferentes niveles y utilizarse para planificar acciones dentro de las propias acciones, como sucederá en el desarrollo e implementación de las herramientas 5S y SMED, expuestas en los capítulos siguientes. Donde dada la cantidad y complejidad de las acciones que se requieren, serán planificadas en un rango de tiempo menor, fijándose en días en vez de semanas, de manera que se pueda mantener un seguimiento y control más cercano de las actividades que se van realizando.

4.4.2. Revisión y evolución del plan

Junto con la delimitación de tiempo, se llevará a cabo medidas de control

complementarias que aseguren el cumplimiento y seguimiento del proyecto, así como su adecuación a los tiempos establecidos. Por ello semanalmente, se realizarán inspecciones y reuniones con los responsables de la implantación, con el fin de valorar los avances, tatar los problemas surgidos o valorar la toma de decisiones oportunas en caso de imprevistos o incumplimiento de lo establecido.

El seguimiento del proyecto ha de quedar plasmado, en un acta que refleje la evolución del mismo. El formato utilizado en el desarrollo de este proyecto, se muestra a continuación. El acta utilizada en este caso, está construida con la información básica. En ella aparece la fecha y semana donde se produce el seguimiento, de manera que permite mantener un histórico de la implantación. También los acuerdos y avances llevados a cabo, para dejar constancia de los progresos y las tareas ya realizadas. Para continuar, plasmando aquellas tareas pendientes de realizar, especificando la persona responsable de su cumplimiento, el personal o departamento de soporte a dichas tareas y el plazo para su realización.

Para finalizar, se plantea la agenda para la próxima reunión. Esta, se elabora detallando de forma concreta las tareas a tratar, asignando la resolución de cada una de ellas a un horario fijo dentro del propio tiempo reservado para la revisión, así como a las personas que han de ser convocando a cada propósito. La programación de la agenda para la próxima reunión, aunque de preferencia ha de establecerse con una planificación fija, puede adquirir cierta flexibilidad, en búsqueda de ser lo más eficiente y productiva posible. Además, se ha de convocar a las personas involucradas con antelación, para que sean conocedoras de la situación o la problemática a trabajar, para la próxima reunión. Por otra parte, la asignación de tareas a tratar en un horario fijado dentro de la propia reunión, permite focalizar sobre las acciones a tratar y se evita la dispersión hacia otros temas. También permite que las personas afectadas solo por una determinada acción, puedan volver a su trabajo una vez se resuelva la causa que les atañe.

SEGUIMIENTO PROYECTO				
Fecha actualización	domingo, 18 de noviembre de 2018			
Semana	46			
ACUERDOS Y AVANCES				
Se ha definido la UAP				
Se ha formado 1 turno en Bases de Mejora Continua				
TAREAS PENDIENTES				
TEMA		RESPONSABLE	SOPORTE	PLAZO
Datos OEE por máquina y mes		Antonio	Jose	S47
AGENDA PRÓXIMA SEMANA				
INICIO	FIN	TAREA	ASISTENTES	
viernes, 23 de noviembre de 2018				
8:00	9:30	Definición de objetivos para el GAP. Modo de cálculo de ahorros para el proyecto.	Antonio, Rafa	
9:30	10:00	TOP 15	Producción	
10:00	12:00	Formación inicial resto del turno	Rafa	
12:00	15:00	TPM Utillajes: entendimiento de la situación actual (plan, cumplimiento, averías, etc.)	Juan, Antonio, Rafa	

Ilustración 3 – Plantilla revisión de proyecto.

Otro tema a tratar, relacionado con la revisión y evolución del proyecto, suele estar relacionado con los resultados presentados a la alta dirección, la cual en la mayoría de ocasiones, no requiere conocer o carecen de interés por el desarrollo y los avances conseguidos, ya que su atención no centra en los resultados obtenidos a nivel operativo, sino en el reflejo que estos trasladan a nivel competitivo. Por lo que se ha de buscar aquellos indicadores que reflejen y demuestre las mejoras conseguidas, no solo en función de que exista una mejora, sino de que la mejora producida sea proporcional y consecuente con los medios invertidos en ella. De modo que pueda ser justificada la mejora realizada con datos formales.

Sin embargo, es importante resaltar que el objetivo final del proyecto, así como el plan de acción o la revisión del mismo, es servir de hoja de ruta para focalizarse en los objetivos propuesto, por lo que se ha de evitar que el propio proceso se convierta en un impedimento burocrático que consuma más recursos, en justificar las acciones llevadas a cabo, que en conseguir el fin del mismo. Por ello otras herramientas de control y seguimiento de acciones, como el ciclo PDCA, comentado en primer capítulo, aseguran un cumplimiento e información

mucho más completo, pero supondría un gasto extra de recursos no necesarios, para únicamente supervisar el seguimiento del proyecto. El uso de esta herramienta se adecua más al control de acciones a nivel funcional, donde sí se requiere un control detallado para la resolución de problemas o situaciones específicas. El cambio hacia la mejora y la filosofía Lean ha de comenzar desde el primer momento que se pretende llevar acabo, teniéndose en cuenta en todo aquello que se realice.

5. Desarrollo e implementación de la técnica de las 5S

La metodología seguida en la implementación de las 5S, se desarrolla según lo establecido en el método, expuesto en el primer capítulo, aplicando consecutivamente las diferentes fases (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*). Sin embargo, la implantación de dicha herramienta, requiere de etapas previas al propio método, que servirán de base y simplificarán el desarrollo del mismo. Siendo estas, el análisis y diagnóstico inicial, la planificación de las acciones, la implementación de la metodología 5S y la revisión de la implantación.

5.1. Análisis y diagnóstico inicial

La puesta en marcha de la herramienta comienza con el análisis y estudio la situación actual, los equipos y el método de trabajo, para poder obtener una valoración inicial que permita realizar una planificación en función de la profundidad de los cambios a realizar. El análisis se basa en la observación del área y la comunicación con los trabajadores, que son la principal fuente de información, dado que son quienes acumulan mayor experiencia en su puesto de trabajo. Los encargados y supervisores, son la segunda fuente de información que permite evaluar y comparar la información que se percibe, dado que esta no siempre es cierta y veraz. Cada persona aporta su punto de vista y su opinión personal, la cual en ocasiones puede tener intereses ocultos, no ser la más adecuada o no tener conocimiento de alternativas mejores.

Este inicio, es fundamental para poder desarrollar todo el procedimiento, marcara el éxito o el fracaso del desarrollo y su posterior implantación. La persona responsable de llevar a cabo el proceso, a de interiorizar la filosofía y el objetivo del Lean Management, siendo consciente de que el trabajo realizado no costa de la simple aplicación de un método de estandarización, sino de una forma de trabajo conjunto regida por la mejora y cumplimiento de los objetivos, tanto de cada trabajador como del conjunto de la empresa.

Por ello, desde el inicio hasta final, se ha de mantener una constante comunicación cercana, para crear cierta confianza, entablándose conversaciones cotidianas y de carácter más personal, junto con las conversaciones explícitamente profesionales para obtener una información válida y de utilidad, sin recelo de las posiciones jerárquicas. Esta comunicación permite crear un ambiente de trabajo más discernido y colaborativo, dado que se considera a la persona que dirige el desarrollo de la herramienta como un miembro del grupo de trabajo y no como una persona ajena cuyo objetivo es la imposición de nuevas normas.

La herramienta 5S es difícil de cuantificar, si se intenta trasladar a los resultados económicos o valorar de una forma independiente. La herramienta 5s es un método de estandarización que mejora la organización y la eficiencia en el trabajo, pero que su beneficio solo se ve reflejado en el resultado final del trabajo, dado que la organización reduce la pérdida de tiempo en buscar las herramientas necesarias, detectar averías y trabajar en condiciones más favorables.

5.2. Planificación

La planificación en el tiempo de la herramienta debe basarse en función del análisis previo, la situación, la relevancia de los cambios y los recursos disponibles. El procedimiento a seguir, consiste en replicar la planificación expuesta a nivel de proyecto, pero enfocado únicamente en la herramienta 5S. Siendo de gran utilidad el uso de la planificación mediante la plantilla en Excel.

5.3. Implementación

La implementación de las 5S se desarrolla siguiendo la metodología en etapas progresivas, hasta finalizar su implantación. Antes de comenzar, se debe realizar una reunión con todo el personal involucrado, para informar sobre las acciones que se realizarán y formar en la medida de lo posible sobre conceptos e ideas que promueven las acciones planteadas. Por tanto, una vez establecida la planificación, las fechas de las revisiones y los objetivos a conseguir, se da comienzo a la primera etapa o la primera “S”.

Un punto muy a tener en cuenta, es la opción de realizar la implantación por primera vez en un área piloto, la cual sirva de campo de pruebas para obtener experiencia, evaluar la herramienta y detectar los principales inconvenientes. De esta manera, se simplifica el proceso de implementación en el resto de áreas, replicando únicamente las acciones ya

validadas.

5.3.1. Seiri: Clasificar y eliminar lo innecesario.

La primera etapa, Seiri, consiste en eliminar aquello que no sea necesario para la realización del trabajo, clasificándolo según su uso. Para ello el método sugiere el uso de tarjetas identificativas que faciliten una clasificación en caso de duda ante la eliminación de ciertos equipos o herramientas. Sin embargo, esta práctica requiere de cierto tiempo y la implementación se prolongaría demasiado, por lo que en su lugar, se hace uso de la experiencia de los operarios y el personal responsable, conocedores con detalle, del uso de todos los elementos presentes en el área de trabajo.

5.3.2. Seiton: Situar y ordenar

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, definen esta etapa. Mediante la observación y la experiencia de los operarios, se identifican todas las herramientas y equipos que superaron la fase anterior, y se define la ubicación más funcional y ergonómica para cada uno de ellos.

Para el cumplimiento de estas dos premisas, identificación y ubicación, teniendo en cuenta la importancia de la gestión visual, los objetos se identifican mediante una tarjeta, con su nombre y una imagen del objeto en la posición definida. De esta forma, queda resueltas ambas acciones. Además, añadido a esto, se hace uso de la distinción por colores, de manera que a cada equipo o puesto de trabajo, se le asigna un color identificativo. La clasificación por colores permite tener una concepción mental del área de trabajo, sin necesidad de conocer con precisión el entorno de trabajo o el equipo. Esta técnica es gran utilidad, para área de trabajo donde se encuentran equipos similares o replicados. Las herramientas u objetos genéricos, pueden ser intercambiados entre puesto, dando lugar a su falta o duplicidad entre ellos. El marcaje de color de la herramienta u objeto genérico, permite identificar claramente a que puesto de trabajo pertenece.

El formato de las tarjetas identificativas, así como el de los colores, no están sujetos a ningún estándar genérico establecido, sin embargo, se recomienda crear un estándar propio donde se defina el formato de las tarjetas, para que exista uniformidad y similitud en todas las identificaciones y puesto de trabajo. El formato ha de permitir ofrecer una buena resolución de imagen y un tamaño de texto legible a cierta distancia. Del mismo modo, los colores han de elegirse para ser visibles en el entorno, con matices que claramente los diferencien,

evitando colores de similares tonalidades o que dificulte la visión del contenido de las tarjetas identificativas.

El formato que se ha utilizado en la implantación, ha sido el tamaño estándar A5, con una disminución del 20% de su ancho. Manteniendo una posición vertical con texto identificativo en la parte superior y el fondo del mismo en el color identificativo del puesto. Y una posición horizontal, manteniendo la misma distribución. El tamaño de la fuente, depende del texto, ajustándose siempre a la opción más legible. A continuación, se muestra un ejemplo de ambos formatos.



Ilustración 4 - Ejemplos de formato de tarjeta identificativa vertical y horizontal

5.3.3. Seiso: Limpieza e inspección

La tercera “S”, limpiar e inspeccionar el entorno, tiene como objetivo detectar los defectos o deficiencias del puesto de trabajo. En este sentido, en esta fase, no se persigue realizar una limpieza general de manera puntual en su aplicación, sino que, tras efectuar una limpieza profunda, se detecten los focos que generen suciedad, así como todo aquello que no se encuentre en condiciones óptimas. Esta inspección permite que se puedan tomar acciones para evitar la suciedad y posibles averías por la dificultad del reconocimiento de las mismas, al ya existir un deterioro previo. De modo que tras ser eliminadas las fuentes de suciedad y

reparadas las deficiencias, la limpieza se convierta en una parte de la rutina diaria.

El mecanismo a seguir, para conseguir dicho objetivo se basa en la observación de las anomalías, el conocimiento de los equipos y procesos y la experiencia e ideas innovadoras del equipo de trabajo para solucionar los problemas hallados.

Un ejemplo donde se comprende fácilmente la esencia de esta etapa, se encuentra en los equipos que trabajan con sistemas hidráulicos, donde comúnmente se producen pequeñas fugas, que no afecten al funcionamiento del equipo y cuya contención mediante mantenimiento correctivo, suele ser costosa o interrumpir en exceso la producción. Por lo que, ante esta situación, se pueden tomar medidas, como la creación de un rebosadero de contención. Esta acción puede evitar ensuciar el puesto de trabajo, hacer visibles posibles fugas de gravedad y reutilizar o reciclar correctamente el fluido derramado, obteniendo así una solución funcional, evitando la suciedad y obteniendo un margen más amplio a la aplicación de las acciones correctivas de mantenimiento. Este ejemplo, es una de las acciones llevadas a cabo en la implantación de la herramienta 5S, en el caso práctico expuesto en el capítulo cuarto.

5.3.4. Seiketsu: Señalizar anomalías y estandarización

La finalidad de la cuarta fase, es consolidar los avances obtenidos en las tres etapas anteriores. Esta fase engloba aspectos de definición de estándares de trabajo, procedimientos y mecanismos de comunicación o detección de anomalías, que eviten retroceder en las deficiencias subsanadas en anteriores fases.

Esta fase tiene un carácter abierto y combinatorio para el uso de otras herramientas o prácticas Lean. Por ello el estudio conjunto de las herramientas 5S y SMED en este proyecto, dado que en procesos de producción en masa donde el operario mantiene una mínima intervención en el proceso, salvo en las preparaciones de los equipos para un nuevo lote, la estandarización del trabajo mediante la herramienta SMED, es esencial para mantener y llevar a cabo las acciones 5S sin incurrir en un retroceso de las mejoras conseguidas. Por ello, junto las rutinas TPM, otro mecanismo de estandarización y señalización de anomalías con un carácter más técnico, han sido los dos mecanismos, en los que se ha apoyado esta fase de implantación 5S, estandarizado a través de ellos las rutinas de trabajo.

Sin embargo, aunque sobre los procedimientos de trabajo y detección de anomalías recaen el mayor peso de esta etapa, la estandarización de las herramientas auxiliares utilizadas y los propios equipos, tiene un papel relevante. Centrándose, parte de la atención

de esta etapa, en buscar una estandarización de herramientas auxiliares y equipos, replicada en todos los puestos de trabajo.

5.3.5. Shitsuke: Disciplina

La estandarización sin adherencia en el tiempo, no con lleva en si la propia estandarización, ya que no se mantendrá dicho objetivo. Esta última etapa, es planificada como una fase más, sin embargo este tiempo establecido simplemente es utilizado para definir las medidas de control oportunas, ya que se podría considerar como una etapa de aplicación prolongada en el tiempo y que cuya actividad permanecerá latente siempre, controlando el cumplimiento de las cuatro anteriores “S”. Por qué, es importante resaltar, que la empresa es un ente vivo que evoluciona y cambian con el paso del tiempo, por lo que, de igual forma, el personal, el puesto de trabajo, el tipo de producción o la tecnología evolucionara y cambiarán. La aplicación de la herramienta 5S ha de mantenerse y adaptarse a los cambios, por lo que es fundamental que exista una continua revisión y disciplina de todas las etapas. En un futuro, la tecnología puede cambiar, con ella las herramientas necesarias en el puesto de trabajo, por ende, la ubicación e identificación de las mismas, modificando con ello los procedimientos de trabajo. Cambios que no deben provocar un desajuste en el puesto, como consecuencia de la aplicación de la quinta “S”.

La fórmula utilizada para control y revisión de las distintas fases, en este proyecto, son las auditorías mediante un formulario de cumplimiento de las distintas etapas. De modo que la auditoría verificara ciertos aspectos particulares del puesto de trabajo, normalmente relacionados con las anomalías de mayor ocurrencia. De tal forma que se mantenga un seguimiento evolutivo a través de las diferentes etapas, dándose por completada con éxito la auditoría cuando se consigue llegar al final de la quinta “S”. En la siguiente imagen se muestra el formulario estándar de auditoría utilizado.

		Auditoría 5S						
GAP:	Prensas Progresivas	Puesto:	PE126		Fecha actualizació	19/08/2019		
1S : ELIMINAR			⊗	⊕	Acciones para resolver		Realizada	No Realizada
1.1	¿Hay EPI's, equipos, envases y/o herramientas que no se utilicen y/o en mal estado en el almacén?	Sí	No					
1.2	¿Hay objetos personales en el armario de documentación del puesto de trabajo?	Sí	No					
1.3	¿Hay trapos sucios e inutilizables en la zona?	Sí	No					
1.4	¿Hay herramientas o equipos de otros departamentos en la zona?	Sí	No					
2S : ORDENAR					Acciones para resolver		Realizada	No Realizada
2.1	¿Están las herramientas y útiles correctamente ubicadas?(ver estándar)	No	Sí					
2.2	¿Están los 4 BAC's de piezas correctamente ubicados en la mesa de salida de piezas?	No	Sí					
2.3	¿Está el BAC rojo de piezas NOK en el armario de documentación?	No	Sí					
2.4	¿Está la documentación correctamente ordenada en la mesa de trabajo?	No	Sí					
2.5	¿Están las barras antivuelco del cargador correctamente ubicadas?	No	Sí					
2.6	¿Está el pasillo de libre de obstáculos?	No	Sí					
3S : LIMPIEZA I ESTADO DE INSTALACIONES					Acciones para resolver		Realizada	No Realizada
3.1	¿Están las herramientas limpias y en buen estado de uso?	No	Sí					
3.2	¿Está la zona de trabajo sin restos de aceite y/o material absorbente?(ver estándar)	No	Sí					
3.3	¿Está la zona del interior de vallado sin restos de aceite y/o material absorbente?(ver estándar)	No	Sí					
3.4	¿Están zona entre alimentador y prensa, sin resto de chatarra?	No	Sí					
3.5	¿Están zona interiores de la prensa por donde entra y sale la banda sin resto de chatarra?	No	Sí					
3.6	¿Hay fugas de aceite/aire en el equipo?	Sí	No					
3.7	¿Hay elementos en el suelo entornor al equipo?(papeles, maderas, plásticos, material embalaje, cartón...)	Sí	No					
3.8	¿Hay formatos de estándares, cartelaría o soportes de herramientas mal estado?	Sí	No					
3.9	¿Está el kit antivuelco en mal estado?	Sí	No					
3.10	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los equipos hidráulicos?	Sí	No					
3.11	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los aceitadores?	Sí	No					
3.12	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los rodillos aceitadores?	Sí	No					
4S : ESTANDARIZAR					Acciones para resolver		Realizada	No Realizada
4.1	¿Están identificadas las ubicaciones de las herramientas con carteles?	No	Sí					
4.2	¿Está señalizada la siguiente bobina con el banderín?	No	Sí					
4.3	¿Está el estándar 5S y de estándares visibles en la zona?	No	Sí					
5S : DISCIPLINA					Acciones para resolver		Realizada	No Realizada
5.1	¿Están actualizados los estándares y formatos, respecto al uso?	No	Sí					
5.2	¿Se han realizado las acciones 5S de la última auditoría?	No	Sí					
5.2	¿Se actualiza el Plan de auditorías de 5S?	No	Sí					
5.3	¿Se usan los EPIs correctamente y son los adecuados a la zona?	No	Sí					
5.4	¿Se realizan los TPM asignados a la máquina?	No	Sí					
Responsable:		Fecha de Realización:			Firma:			
Nota: Las no conformidades en las respuestas han de ser solucionadas inmediatamente si es posible o dejarla reflejadas para ser realizadas								

Ilustración 4 – Ejemplo de modelo de Auditoría 5S

Por otra parte, las auditorías también requieren de una planificación y han de ser fijadas periódicamente. En el caso estudiado, las auditorías se establecen semanalmente, una vez finalizada la planificación de implantación de la herramienta 5S. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, la auditoría 5S y en general los mecanismos de control, no han de caer en el hecho de ser una acción burocrática, sino que han de ser tareas funcionales y validas. Por ello, si transcurrido cierto tiempo, el resultado de las auditorías se mantiene favorable, estas deben espaciarse temporalmente, ya que de lo contrario se desperdiciarían recursos y se podría perder su finalidad, devaluándose a la realización de un mero trámite.

6. Desarrollo e implantación de la técnica de Intercambio Rápido de Herramientas (SMED)

La herramienta SMED, expuesta en el primer capítulo, es un conjunto de técnicas cuyo objetivo se centra en optimizar los tiempos de operación. La metodología se basa en identificar aquellas acciones que se realizan en el tiempo de parada del equipo, para externalizar de ese tiempo, toda aquella acción que pueda realizarse fuera de él, organizando y coordinando de la forma más óptima el conjunto de acciones. Prestando también atención, sobre la mejora de los equipos y herramientas, que faciliten la reducción de tiempo en la realización de ciertas acciones.

Para todo ello se requiere en primera estancia, el conocimiento de todas las acciones de trabajo, así como la dinámica entre ellas y los equipos, para su posterior análisis, tras el cual, se han proponer un conjunto de mejoras y una nueva organización del procedimiento de trabajo. Este nuevo procedimiento ha de evaluarse poniéndose en práctica y obteniendo de nuevo información válida para su procesamiento, en un ciclo de análisis y mejora que permita obtener un procedimiento estándar de trabajo optimizado.

6.1. Toma de datos

La obtención de información básica sobre la cual trabajar, es el primer paso para el desarrollo de la herramienta SMED. Aunque pueden existir diferentes formas de obtener dicha información, la metodología utilizada en este proyecto se basa en la captación mediante grabación de video del procedimiento de trabajo.

Esta técnica, consiste en realizar una grabación cercana al operario de todas aquellas acciones que realiza durante el proceso. De esta forma, se obtiene una información continua de fácil análisis, que facilita su estudio y el control de tiempos.

En trabajos donde se requiera de varias personas, las grabaciones se pueden realizar de forma simultánea con colaboración de otras cámaras que filmen a cada operario. Aunque también es válida la opción de realizar grabaciones independientes de un operario en un procedimiento y otro operario en el siguiente trabajo. Aunque estos, puede suponer cierta descoordinación, por lo que se recomienda en estos casos, realizar un constante seguimiento general del proceso de manera que en una misma grabación se recopilen planos específicos del trabajador e imágenes generales del conjunto.

Por otra parte, un factor muy importante a tener en cuenta durante la realización de las

grabaciones, es el efecto psicológico de supervisión que puede generar sobre los operarios el conocimiento de saber que están siendo filmados. Este efecto puede provocar nerviosismos y estrés sobre la persona, que ante dicha presión quiere realizar un trabajo meticuloso y a la misma vez que rápido, consiguiendo el efecto contrario. Por ello, se recomienda al igual que en la aplicación de cualquier metodología Lean, se mantenga una conversación con los operarios que serán filmados, explicando el propósito de la grabación, para que actúen con normalidad ante la cámara, siendo esto favorable para la obtención de datos fieles a la realidad. Otro factor a tener en cuenta en el uso de esta técnica, es la protección de datos de los operarios y de la propia empresa, debiéndose hacer un uso adecuado y responsable de los datos obtenidos, utilizando como preferencia equipos de grabación propiedad de la empresa, no personales, que eleven la seguridad de la información obtenida.

Por último, retomando la constante de la filosofía Lean, aunque la técnica de grabación facilite la capacidad de comprensión de las actividades y su análisis, no puede tratarse como única fuente de información, ya que siempre se requerirá de la información facilitada por los operarios que desarrollan las acciones. Ya que normalmente, las principales ideas de mejora surgen como consciencia de la experiencia de los operarios en la realización de dicha labor y, por tanto, la comunicación, las preguntas y las ideas u opiniones proporcionadas por el personal, toman un valor esencial para la obtención de mejoras. Por todo ello, se ha facilitado obtener grabaciones de distintas personas realizando las mismas acciones, para obtener una información más diversa y completa.

6.2. Análisis de datos

Obtenidos los datos tras la primera fase, se da paso a su análisis. Para ello, una forma ordenada de obtener datos de las acciones realizadas, es utilizar una plantilla en formato Excel, como la mostrada en la imagen 6, donde mediante el marcaje del tiempo de video, se pueden hacer acotaciones de cada una de las acciones realizadas, recogiendo con detalle todas las acciones y clasificándolas.

En la plantilla utilizada, se hace uso de una primera columna para la descripción de las acciones, continuada de una columna denominada tipo, cuyo objetivo es poder agrupar un conjunto de acciones realizadas sobre un mismo equipo o una determinada área, dependiendo del proceso estudiado. Posteriormente, se aparece el tiempo de video en el cual comienza la acción, dependiente de introducir el marcaje final de la acción anterior. Mediante programación de las casillas que le preceden, se calcula de forma automática, el tiempo neto de la acción en segundo y minutos, así como el tiempo acumulada en segundo. También

incluye las opciones de exterior, interior o eliminable, siendo estas las tres situaciones en las que se pueden clasificar cada una de las acciones. Añadiendo como parte final, una columna para las herramientas utilizadas en cada acción y otra para que se aporten posibles comentarios de mejora, propios o sugeridos por el personal.

OPERACIONES CAMBIO MATRIZ PE127											
Operación	Tipo	Tiempo vídeo inicio	Tiempo fin	Tiempo neto (sec)	Tiempo (min)	Tiempo acumulado	Exterior	Interior	¿Eliminable?	Herramientas necesarias	Acción para disminuir tiempo
1 Marcaje y documentación		0:00:00	0:03:40	220	3,67	220					
2 Retira banda útil		0:04:34	0:06:00	86	1,43	306					
3 Operario - Tirar banda		0:06:00	0:07:05	65	1,08	371					
4 Pone botellas baja carro		0:07:05	0:08:23	78	1,30	449					
5 retirar superiores amarres		0:08:23	0:09:50	87	1,45	536					
6 retira amarre inferiore		0:09:50	0:10:20	30	0,50	566					
7 Retira útil carretillero		0:10:20	0:11:27	67	1,12	633					
8 Limpia mesa		0:11:27	0:13:50	143	2,38	776					
9 Coloca útil carretillero		0:13:50	0:14:47	57	0,95	833					
10 Ajuste máquina		0:14:47	0:16:00	73	1,22	906					
11 Ajuste rampa salida de piezas		0:16:00	0:16:38	38	0,63	944					
12 Coloca amarres derecho		0:16:38	0:17:20	42	0,70	986					
13 Coloca amarres izquierdo		0:17:20	0:18:38	78	1,30	1064					
14 baja carro		0:18:38	0:19:04	26	0,43	1090					
15 coloca amarres superiore		0:19:04	0:20:34	90	1,50	1180					
16 coloca amarres superiore		0:20:34	0:21:10	36	0,60	1216					
17		0:21:10	0:00:00	-1270	-21,17	-54					
18 Cambiar rodillo engrase		0:43:43	0:51:51	488	8,13	434					
19		0:51:51	0:00:00	-3111	-51,85	-2677					

Ilustración 5 – Ejemplo de plantilla registro SMED

El uso de esta plantilla o una similar adaptada a las necesidades de cada proceso, permiten concentrar toda la información relevante sintetizada en un mismo documento, que será esencial para realizar el análisis y el diagnóstico de las posibles mejoras, un estándar de procedimientos de trabajo normalizados.

6.3. Creación de estándar de trabajo

La creación de un estándar de trabajo requiere de capacidad de análisis, criterio y amplios conocimientos del proceso productivo y los equipos de trabajo. Es una tarea complicada, que aumenta exponencialmente en función del número de personas y complejidad de las acciones a realizar. Aunque se puede seguir ciertos pasos que ayudan a la simplificación del proceso.

El primer paso, tras la obtención de datos e información suficiente, se ha de comenzar por estructurar un procedimiento genérico sobre el que se incorporan las principales actividades. A partir de esta base, se trata de recrear el procedimiento mediante la información recopilada en la etapa anterior, priorizando las actividades que se clasificaron como internas.

Una vez se consigue generar un procedimiento que cumple las necesidades del proceso, comienza la segunda fase, que consiste en ajustar cada una de las actividades en función del tiempo que conlleven, profundizando en cuestionar, si dichas acciones pueden mejorarse reduciendo su tiempo de aplicación. En este paso se pone en valor, la obtención de información de distintas personas, ya que mediante el contador de tiempo, se puede estimar el tiempo medio que suele conllevar cada actividad, ajustándose por tanto el estándar a ese parámetro.

El tercer paso, una vez estructurado el procedimiento con todas las acciones y los tiempos estándar establecidos, consiste en la estandarización de todas aquellas actividades que previamente se excluyeron del tiempo de cambio. Porque, aunque no sean consideradas como acciones internas, son necesarias para el desarrollo de la actividad y requieren de su estandarización para evitar justamente que se conviertan en acciones internas. Estas acciones pueden realizarse como acciones previas al cambio o posteriores a él, incluso pueden ser asignadas a otros operarios, que una vez comenzada la producción quedan libres de carga de trabajo. Junto a estas acciones externas, se deben incluir acciones que aseguren el cumplimiento de la actividad realizada durante el cambio, como por ejemplo, la acción de asegurarse que antes de comenzar el cambio, se dispone de todas las herramientas y material necesario para el mismo o de seguridad, como por ejemplo, equipar todos los medios de protección personal.

Por último, todo el procedimiento normalizado debe plasmarse en un documento que sea sencillo, simple y legible para que pueda ser consultado por los operarios. Además, puede servir como documento de formación para el nuevo personal o los responsables que auditen el procedimiento.

En este proyecto se ha optado por un formato adaptado a los requerimientos del estándar, estructurándose por fases y operaciones de cada operario, utilizando colores para diferencial visualmente. En la siguiente ilustración, se muestra un fragmento del estándar, a modo ilustrativo.

		ESTANDAR CAMBIO DE UTIL				
GAP	Prensas Progresivas		Puesto	P126	Fecha:	16/08/2019
Operaciones fuera de preparación						
Nº	Operaciones del Preparador					
0	Al comienzo de cada turno, coger la documentación de las referencias que se van a montar y verificar que la documentación es correcta, en caso de que no lo sea, comunicar al mando superior.					
1	Informar a calidad para que preparen las maquetas y documentación.					
2	Preparar carro herramientas, EPIS y bridas manuales en caso de que se requieran.					
3	Verificar que la documentación de la referencia a montar es correcta					
4	Consultar hoja de parámetros, donde se especifican los parámetros de máquina así como aquellos datos relevantes para la preparación del					
5	Informar al carretillero de cambio de útil					
6	Revisar correcto estado aparente del útil (Detectores, final de banda, rampas chatarra)					
7	Comprobar de forma visual posición de centradores de nuevo útil.					
8	Si es posible, cambiar los sellos fuera de maquina.					
9	Verificar que la bobina es correcta comprobando la referencia.					
10	Colocar nueva bobina a montar en cargador, revisar sentido de giro correcto.					
11	Medir ancho y espesor de la bobina, y verificar con la hoja de ruta					
12	Si es posible, retirar documentación de lanzamiento actual y colocar documentación de nuevo lanzamiento, minutos antes de finalizar la					
Nº	Operaciones del Carretillero					
1	Antes de llevar el troquel a la zona habilitada para los útiles entrantes verificar que la referencia del útil coincide con la de la hoja de ruta.					
2	Recoger de su ubicación la maqueta y verificar que la maqueta esta en buen estado, no falta ningún elemento y tiene la última pieza del lanzamiento anterior con firma y fecha por parte del operario, para llevarla junto a la maquina. En caso de encontrar alguna anomalía informar					
3	Meter bobina en cabecera					
Nº	Operaciones del Operario					
1	Avisa a preparador con antelación, antes de terminar la producción.					
2	Verificar en maqueta e identificar con fecha y firma la última pieza fabricada del lanzamiento actual. Esta pieza debe quedar en la					
3	Dejar carro prensa arriba y en modo manual.					
4	Sacar etiquetas.					
5	Colocar maqueta en carro para maquetas al lado del puesto.					
Operaciones Preparación						
Nº	t.	Operación Operario	Herramienta	Herramienta	Operación Preparador	t. Nº
1	4	Limpiar la chatarra del útil y mesa y empujar hacia las tolvas (arrastrar toda la chatarra posible)	Varilla de retirada de chatarra		Tirar las piezas NOK del contenedor rojo y achatarlas en el sistema Ajustar cabecera Retirar la documentación de lanzamiento actual y colocar la de nuevo lanzamiento (si no se ha	4 1
2	2	Cortar la banda que estaba dentro del útil	Sierra manual		Desconectar cable detector y recoger Colocar topes de las botellas de la matriz para almacenar del lado derecho Colocar topes de las botellas de la matriz para almacenar del lado izquierdo	2 2
3	2	Retirar tramo de banda con últimos pasos y dejar en útil.	Palanca		Retrocede banda y saca por encima de útil	2 3
	1	Tira resto de banda			Baja barrera Baja carro prensa	1
4	2	Sube barrera izquierda Quitar amarres superiores Bajar barrera izquierda Retira ligeramente cinta piezas Sube barrera Quitar amarres inferiores			Sube barrera derecha Quitar amarres superiores Baja barrera derecha Baja carro prensa Sube barrera Quitar amarres inferiores	2 4
5	5	Retira aspas exteriores Si es necesario, ajuste aspas interiores.	Llave carraca Llave carraca	Trapo, pistola aire	Retira útil junto con carretillero Limpia mesa	5 5

Ilustración 6 - Ejemplo estándar de preparación

6.4. Evaluación de las mejoras y puesta en práctica

La siguiente fase, tras realizar un primer procedimiento de normalizado, consiste en evaluar todas aquellas mejoras no organizativas detectadas, que requieren acción sobre los equipos, las herramientas o el material de trabajo. Es decir, se han de evaluar los cambios

que podrían suponer una mejora, pero que se requiere una inversión para ello. De modo que si la mejora obtenida por el cambio, realmente rentabiliza la inversión que este requiere, se podrá valorar positivamente y llevar a cabo. Por el contrario, pueden existir mejoras no significativas o cuya modificación no asegure ciertamente la mejora esperada.

De tal modo, una vez aceptadas, rechazadas o mantenidas en espera las posibles mejoras, se modifica el procedimiento si se requiere y se pone en práctica. Comenzado de nuevo el proceso de toma de datos, análisis, modificaciones de estándar y valuación de las mejoras y el mismo. Evaluando si tras la aplicación, las mejoras son la esperadas o no, y si realmente aún se podría seguir mejorando sustancialmente el procedimiento. Repitiéndose el proceso, hasta obtener resultados estables y sin evidencias de mejoras, mientras no se produzcan nuevos cambios en los equipos o herramientas.

6.5. Proceso de implantación

El proceso de implantación de la herramienta, se centra en el cumplimiento del estándar de procedimiento, realizado en las etapas anteriores. Sin embargo, esta tarea no es sencilla, dada la inercia de trabajo y las costumbres adquiridas por los operarios, que aun con actitud colaborativa, deben realizar un gran esfuerzo por conseguir la adherencia a la nueva rutina de trabajo. Por ello la implantación del proceso requerirá un tiempo de adaptación, en el cual se ha de mantener un cierto apoyo por parte de los responsables de la implantación, para corregir y orientar sobre la forma de realizar las acciones o el orden de estas. Además, como se adelantaba en la creación del estándar, se ha de seleccionar un modelo sencillo y claro de entender, que debe estar presente en la zona de trabajo, para poder ser consultado cuando se requiera por los operarios. Aunque el mayor apoyo para la implantación de un nuevo estándar de trabajo, es la formación. Los operarios se han de formar en la nueva metodología, de manera que les permita conocer e interiorizar las acciones, siendo conocedores de la mejora que suponen los cambios en su rutina de trabajo, aceptándose de esta forma, los cambios como una evolución natural, frente al pensamiento de imposición de acciones por parte de los responsables.

Capítulo 3

Descripción del Estudio de Caso

Capítulo 3. Descripción de la empresa

1. Introducción

La aplicación del Lean Management, aun siendo extensible a cualquier empresa, de cualquier sector y tamaño, en la práctica las características de la empresa tiene cierta transcendencia ya que, dependiendo de ellas, las acciones requerirán adaptaciones o modificaciones. Por tanto, es primordial conocer la empresa y por ello, en este capítulo se analizara la empresa de aplicación o lo que es lo mismo, el Caso de Estudio, para obtener una idea básica de la situación actual, donde la implantación de la metodología teórica difiere en su aplicación real, por causas como la gran oposición al cambio, la falta de colaboración de las personas o las limitaciones económicas y circunstanciales que impiden el desarrollo continuo y fluido de la realización de las metodologías y su implantación.

Otro aspecto importante a resaltar, para el desarrollo de este capítulo y de todo el proyecto en general, es la confidencialidad de la empresa. Por motivos de privacidad industrial, no será revelado el verdadero nombre de la empresa en cuestión, haciendo siempre alusión a ella de una forma genérica e interpretando algunos datos de manera ficticia, con el fin de que la organización sea difícilmente reconocible ante el lector. Sin embargo, el proyecto ha sido realizado con la mayor fidelidad posible a la realidad, siendo únicamente alteradas las descripciones identificativas.

2. Descripción de la empresa

La empresa analizada, es parte de un grupo, de nivel internacional que da servicio a las principales marcas de vehículos de automoción. Su trabajo se centra el diseño, desarrollo y fabricación de componente fabricados en metal, para automóviles. La compañía cuenta con más de 100 plantas productivas, distribuidas por todo en el mundo en los principales núcleos de producción.

La estructura organizativa de la compañía, está diferenciada según las actividades desarrolla, planta productiva, oficinas e I+D, que a su vez se encuentran estructuradas por áreas geográficas y éstas por divisiones según la localización. En nuestro caso, la empresa analizada pertenece al área de Europa, más concretamente a la división Europea Sur. Sin embargo, aunque la empresa opera bajo las directivas del grupo, cada planta productiva es independiente y compite por los proyectos ofertados por el grupo frente el resto de plantas productivas. Esta situación conduce a un estado de competitividad interna, en la búsqueda de la mejora y la innovación para poder ser una planta competitiva y conseguir los mejores proyectos, que sigan permitiendo el desarrollo de la planta, de aquí la importancia de la mejora

continúa.

La empresa está situada en una zona industrial de un municipio de Andalucía oriental. Su origen es debido a la ubicación de una planta de ensamblado de automoción en la misma zona industrial, con el objetivo de suministrar a dicha factoría los componentes esenciales para el montaje de la carrocería de los vehículos. En la actualidad y tras el cierre de su principal cliente, la empresa analizada continúa su producción para factorías de todo Europa, aunque el cese de actividad de su principal cliente supuso una adaptación completa a las exigencias de los nuevos clientes y a la dura competencia del resto de plantas productivas del grupo, que parte de la ventaja de mantener a sus principales clientes en ubicaciones cercanas. Estas circunstancias, ha llevado a la empresa a realizar multitud de proyectos diversos de pequeños lotes, haciendo de la flexibilidad y versatilidad su estrategia para poder seguir compitiendo. Por lo que, unido a la alta competitividad interna del grupo, y la carencia de la cercanía de un cliente, hay que sumar la dificultad que plantean los lotes reducidos y la diversidad de proyectos, siendo esta combinación la que genera la necesidad de mejorar continua como única opción de supervivencia para la empresa.

3. Descripción de fábrica

Dada la multitud de equipos, zonas y usos de las mismas, en este apartado se describirá de forma genérica, el proceso productivo y la distribución en planta de toda la fábrica, sin entrar en detalles, para ofrecer una idea global que permita situarse dentro de la planta, aunque las áreas del problema en cuestión, estampación (5S) y perfilado (SMED), si serán descritas y analizadas con mayor detalle.

3.1. Proceso productivo

El proceso productivo del conjunto de la planta es complejo, como se comenta en puntos anteriores, dado que la especialización de un único producto en masa, no está dentro de las posibilidades actuales y la versatilidad y modularidad de los equipos, prima en el proceso.

El proceso productivo, se lleva a cabo a través de proyectos individuales para cada producto. Estos proyectos determinan las características y requerimientos técnicos del producto, el procedimiento de fabricación, así como las cantidades y tiempos en los que se ha de proveer al cliente. De forma genérica, en la planta podemos diferenciar tres procesamientos distintos, estampación, soldadura y perfilado. La diversidad de proyecto hace que la cadena de producción, puede divergir en diferentes caminos hasta ser suministrado el producto final al cliente, dependiendo de factores técnicos y logísticos. Estas variaciones

pueden ser resumidas en dos:

a) Proceso con intervención de diferentes áreas.

Este proceso es el que requiere una mayor manufactura dentro de la planta, siendo proyectos cuyo producto final está formado por un conjunto de piezas y sub-conjuntos, de producción propia y/o adquirida a proveedores. Donde el flujo de producción, suele comenzar con la recepción de materia prima, procesada en estampación y en perfilados, de forma independiente, confluyendo ambas posteriormente en soldadura donde los componentes se unen formando un producto final. Un ejemplo de estos productos, son los paragolpes de vehículos, formados por una pieza alargada producida en perfilado, que es la que recoge los golpes, a la que se unen dos conjuntos de piezas de sujeción, producidas en estampación y soldadura, que son unidas a la anterior de nuevo mediante soldadura, conformándose así, el producto final.

b) Proceso con intervención de una única área.

Este proceso, ocurre en proyectos que no requieren ser procesados en distintas áreas, bien por ser productos finales sencillos o por ser productos intermedios para proveer un conjunto de piezas que el cliente ensamblara. Por ejemplo, pequeños soportes que el cliente unirá al chasis del vehículo.

En ambos caminos, tanto el producto final, como los productos intermedios usados en la fabricación de productos finales, suelen requerir tratamientos de acondicionamiento. Un ejemplo de tratamiento común, suele ser el pintado de las piezas, el cual es llevado a cabo por subcontratación. Por lo que, al proceso de fabricación, se ha de añadir la manufactura externa y el requerimiento de un complejo sistema logístico, tanto a nivel interno, como externo con los proveedores y subcontrataciones, que en muchos casos, son los responsables de proveer el producto finalizado al cliente. Siendo de forma genérica y simplificada este, todo el diverso y complejo proceso de producción de la planta.

3.2. Distribución en planta

La planta está compuesta por tres cuerpos estructurales de forma rectangular, que recogen toda la actividad productiva y las oficinas de dirección y administración, en una superficie aproximadamente de $20.000m^2$ de construcción, un patio de almacenamiento de chatarra de $2.500m^2$ y un área perimetral de circulación. En la siguiente figura se representa

de forma esquemática.

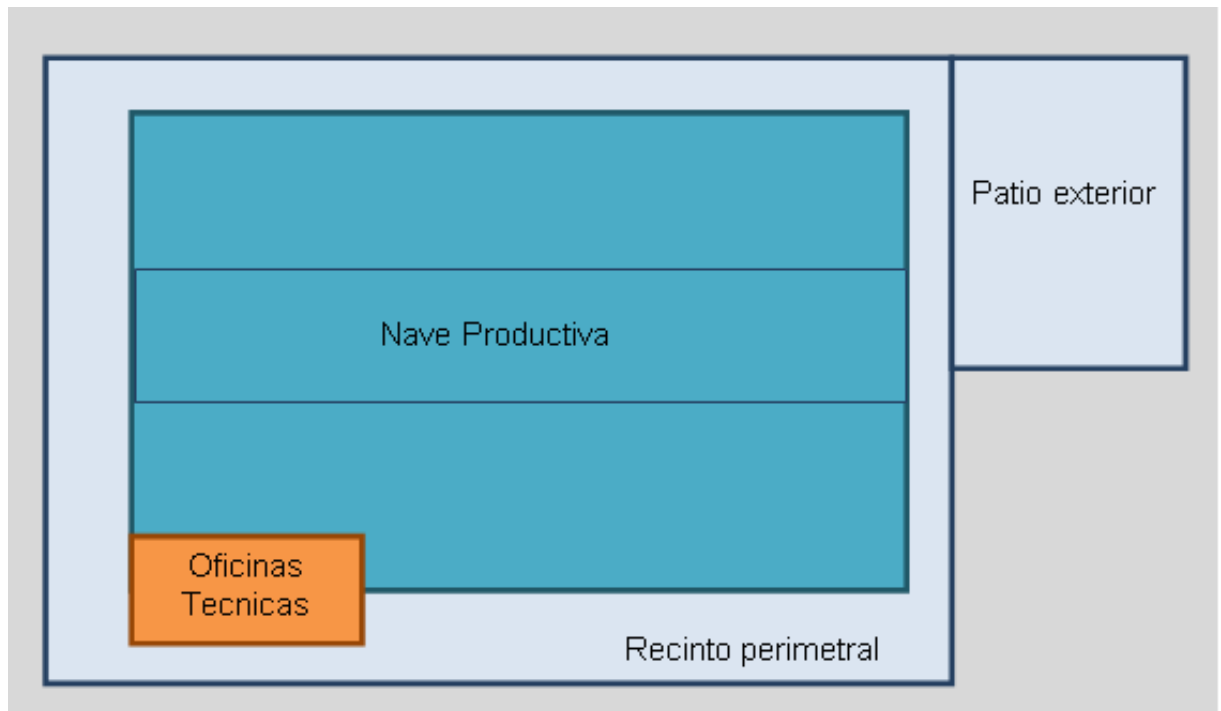


Ilustración 10 - Esquema planta exterior

Profundizando en la distribución en planta, podemos diferenciar las tres áreas comentadas anteriormente, soldadura, estampación y perfilado, que junto con las zonas de almacenaje, oficinas de calidad, producción y logística y las áreas de mantenimiento y matriceria, se distribuyen por toda la superficie ocupando su totalidad, obteniéndose áreas más o menos diferenciadas, ya que la configuración de las distintas áreas ha sufrido y sigue sufriendo una constante evolución y adaptación, en post de la mejora en la organización y la ampliación de capacidad productiva.

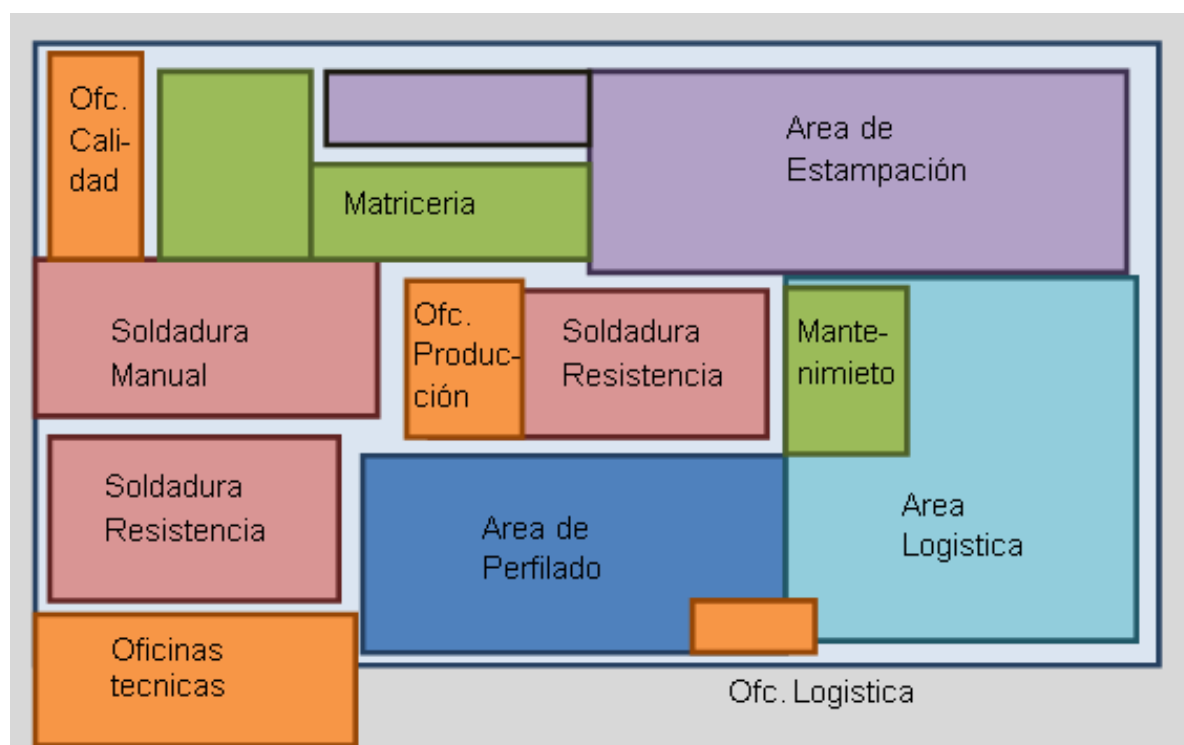


Ilustración 11 - Esquema áreas productivas

Capítulo 4

Desarrollo e implantación 5S

Capítulo 4. Desarrollo e implantación 5S

1. Introducción

En este capítulo, se dará paso a la puesta en práctica de la herramienta 5S, anteriormente descrita, siendo su desarrollo e implantación un proceso adaptado a la situación y circunstancias de la organización. Por lo que se describirá los antecedentes y situación de la sección de estampación, donde se llevara a cabo dicha implantación, además del proceso productivo y los equipos involucrados con mayor detalle, en favor de ofrecer una comprensión más completa, que permita entender el análisis y diagnóstico de la situación a la que se hace frente. Para ser continuada con el procedimiento de recogida de información, que conduce a la elaboración de un plan de implantación y la revisión del mismo.

2. Antecedentes y situación de la sección de estampación.

La sección de estampación (prensas de chapas metálicas), es el área de fabricación que tiene un mayor peso en la planta, aproximadamente el 40% del total de su capacidad productiva. Este amplio enfoque hacia la estampación es consecuencia de los orígenes de la empresa, como proveedora de chasis completos a una factoría de ensamblaje cercana a ella. Sin embargo, su principal cliente desapareció y la actividad se reorganizó hacia diferentes proyectos, aun así, el peso del área de estampación se ha mantenido dentro de la planta, aunque el enfoque actual pretende fortalecer por igual el área de soldadura y perfilado.

La sección de estampación o también conocía en planta como el área de prensas, está formada por diversidad de equipos, englobando equipos semi-manuales, robotizados y progresivos, que en un principio, se distribuían en el tercer cuerpo de nave de forma no muy eficiente. Por lo que, dada esta situación, en búsqueda de mejorar la eficiencia (objetivo Lean) y eliminar fuentes de despilfarro, se decidió realizar una nueva configuración de los equipos trasladándolos a una posición en línea, que facilita el uso de una cinta transportadora subterránea para deshacerse de la chatarra, evitando el transporte de contenedores y facilitando el conjunto de los trabajos. El proyecto fue prolongado en el tiempo y avanzando en distintas fases, siendo la fase final en la cual se realiza el presente trabajo.

Ante la reconfiguración de los principales equipos, el potencial de oportunidad de mejora, aparte de los beneficios configurativos, es enorme y la facilidad de implantación de herramientas Lean, en un ambiente diseñado a conciencia, que permite una adaptación tanto de los puestos de trabajo como del propio personal, de forma mucho más sencilla que si se reacondicionaran los puestos ya existentes. La reconfiguración en este caso, supone un cambio drástico, en el que es posible introducir grandes mejoras. Entre las herramientas Lean

aplicadas (eliminación de despilfarros, 5S y SMED), en este capítulo desarrollaremos el proceso de desarrollo e implantación de la herramienta 5S.

Se ha de mencionar que esta herramienta ya se intentó implantar en la configuración antigua del área de prensas, pero dado un conjunto de factores adversos de carácter económico, directivo y circunstancial, la implantación no fue completada. Sin embargo, este primer intento consiguió una familiarización del personal con dichas herramientas Lean y una primera toma de contacto, que supero el rechazo y recelo del personal del área de estampación, con una fuerte predisposición a evitar los cambios, aun siendo la aplicación de la herramienta muy favorable en su labor. Además, gracias a esta primera experiencia, se detectó la necesidad de una nueva reconfiguración de los equipos, con el objetivo de eliminar despilfarros y aumentar la eficiencia de los procesos de estampación, siendo por ello la semilla que desencadeno este proyecto.

3. Descripción del área de Estampación.

El área de estampación de la empresa, está compuesta por diferentes tipos de prensas, agrupadas en: (1) semi-manuales; (2) robotizadas y (3) progresivas. Centrándose el foco del capítulo en el grupo de trabajo de estas últimas prensas (grupo de prensas progresivas), que son las que se cambian de ubicación, para disponerlas en línea con un sistema de retirada de chatarra subterráneo y canalizado. . Aunque de forma general, se describirá el conjunto del área para obtener una idea global de la zona.

El área de estampación, se encuentra situada en la zona norte de la planta, ocupando más de la mitad del área del tercer cuerpo de nave, (Ilustracion3) aproximadamente 120x40m, con acceso directo al patio exterior y siendo esta ubicación, recientemente renovada.

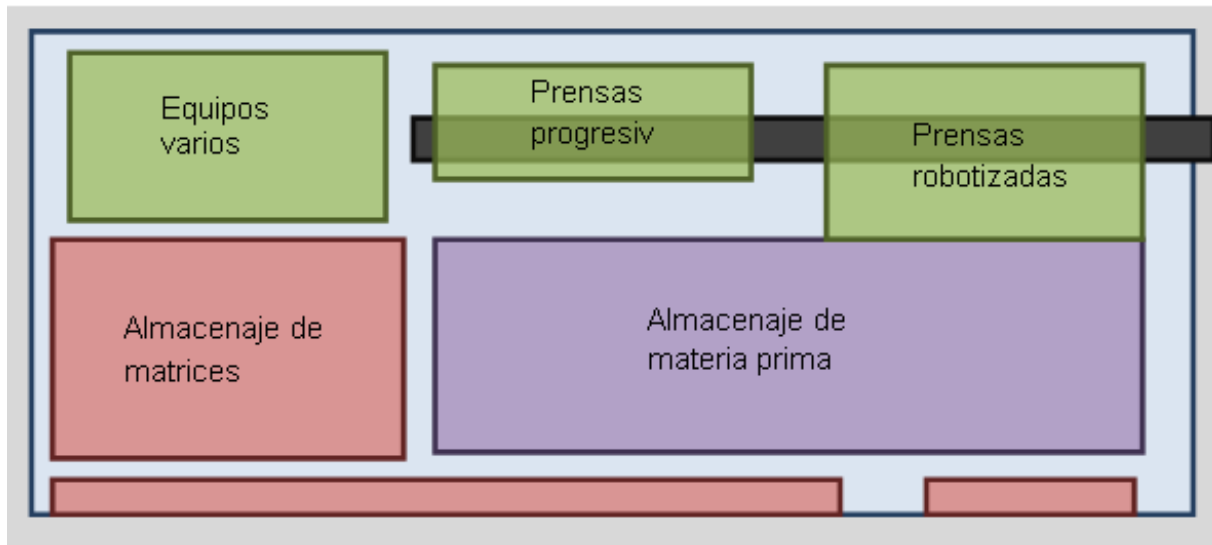


Ilustración 12 - Esquema área de estampación

El área de estampación, está formada por los tres grupos de prensas, ya mencionados y dos grandes zonas de almacenajes, la de materia prima, de mayor tamaño y el almacenaje de matrices. De manera más visible se muestra en el anterior esquema y son descritas a continuación con mayor detalle las distintas zonas a continuación:

1- Almacenaje de materia prima.

En la parte inferior derecha del esquema 4, se encuentra el almacenaje principal de materia prima, la cual es recepcionada en bobinas de distintas aleaciones de fleje metálico y distintas dimensiones. Este almacén, aloja toda la materia prima, incluida la necesaria para el área de perfilado, dada su ubicación con acceso directo desde el patio exterior a vehículo de gran tonelaje, que son descargados a través de un puente grúa de 10Tn.

2- Almacenaje de matrices.

Los útiles de estampación o conocidos comúnmente como matrices, son almacenados en el área destinada para tal uso, situada a la izquierda del almacén principal de materia prima. En esta zona se depositan sobre el suelo las matrices de mayor tamaño, que dado su peso no pueden ser almacenadas en estanterías a diferentes alturas, como sucede con las matrices de menor peso, que son almacenadas en estructuras adaptadas para ello, de forma longitudinal a toda la sección de estampación.

3- Línea de prensas robotizada.

El proyecto de reconfiguración del área, comenzó con la línea de prensas robotizadas, situadas en la esquina superior izquierda, dada su cercanía al patio exterior y fueron las precursoras del uso de cinta subterránea para eliminar la chatarra. La línea está compuesta por tres prensas mecánicas de grandes dimensiones, dos de ellas de 400 *Tn* y una tercera de 630 *Tn*, que trabajan de forma conjunta o separada. Estos equipos están totalmente robotizados, tanto la alimentación de material, planchas metálicas, como el paso de las pre-piezas de una estampación a la siguiente. La intervención humana en el proceso, únicamente ocurre en la recepción de piezas expedidas y la carga de material.

4- Equipos varios de estampación.

El siguiente grupo de prensas analizado, abarca diversos equipos, denominado como grupo de varios, donde se encuentran prensas semi-manuales, de conformado de chapa, equipos de conformado de perfiles, curadoras y otros equipos específicos para proyectos concretos. La influencia de esta área en el conjunto de la sección es reducida, dada la especialización y los usos dedicados de los equipos.

5- Prensa progresiva.

Por último, el área de prensas progresivas, donde se centrara la atención de este capítulo. La zona se encuentra situada en el centro del área de estampación, su reubicación es la más reciente, continuando con el proyecto de la nueva configuración. Su posición en línea con la cinta transportadora subterránea, permite una evacuación contante y limpia de la chatarra producida, que en estos equipos es generada de forma abundante dada la naturaleza del proceso productivo, que será analizada en un punto posterior. El perímetro engloba cuatro prensas mecánicas de considerable tamaño, donde se encuentra una prensa de 250 *Tn*, dos prensas gemelas de 300 *Tn* y una última de 400 *Tn*, que mantienen un funcionamiento productivo continuo, siendo el principal motor productivo y de mayor demanda de toda el área de estampación.

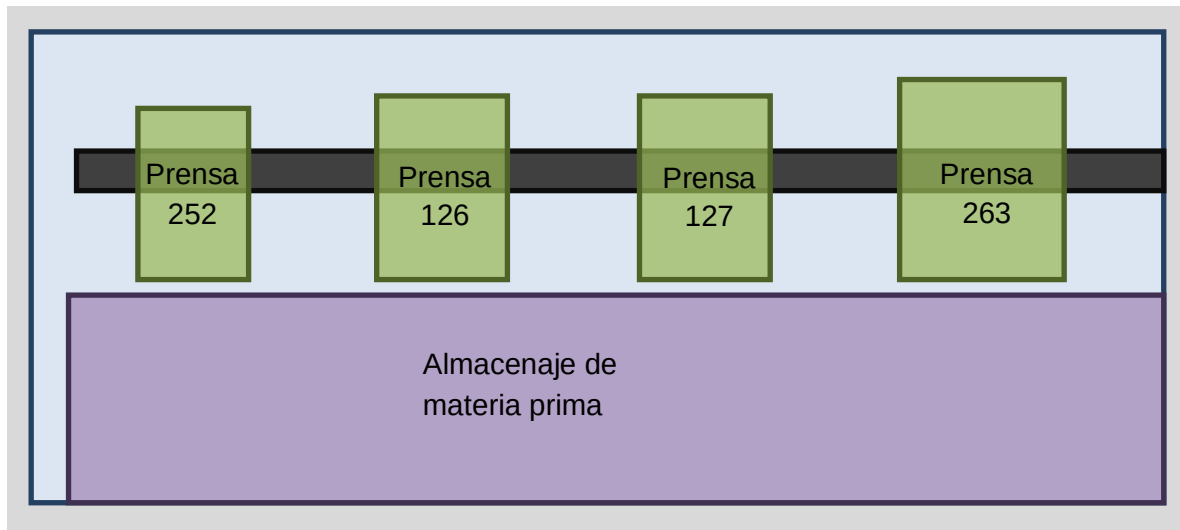


Ilustración 7 - Área prensas progresivas

4. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo en las prensas progresivas, es en sí mismo sencillo de esquematizar y explicar. De forma sencilla, el trabajo comienza con la alimentación de la materia prima, flejes metálicos embobinados de distintas aleaciones, que son desenrollados alimentando la prensa, que realiza subidas y bajadas continuas de un carro, que troquela y corta en cada movimiento según requiera el proyecto de fabricación. El nombre de prensa progresiva, se debe a este trabajo de golpeo repetitivo, con una misma cadencia, combinado con la alimentación continua. El proceso finaliza con una pieza terminada tras cada golpe, que es recepcionada por un operario y cuyo fin puede ser servir al cliente, pasar a tratamientos posteriores o ser componente de otros proyectos ensamblados en la planta.

Para conocer con más detalle el proceso productivo, se profundizará en ciertos detalles de los equipos, ya que tanto su configuración y funcionamiento, como limitaciones técnicas, serán los factores que regirán el proceso y en consecuencia determinarán las pautas a estudiar en la aplicación de las 5S. Por lo que se detallara cada parte del equipo, de forma conjunta con su intervención en proceso.

1) Alimentación de materia prima. Devanadora y enderezador.

La alimentación de la materia prima a la prensa, se lleva a cabo mediante la combinación de dos equipos, devanadora y enderezador, que trabajan de forma simultánea y en ocasiones son considerados un único equipo dada su simbiosis.

La devanadora es un equipo de alimentación continua, que a través del movimiento rotatorio de la materia prima, proveída en flejes embobinados, va desenrollando el material, permitiendo abastecer de forma continuada el proceso hasta que el fleje es desenrollado totalmente. Este equipo suele estar compuesto por dos elementos principales, un eje rotatorio, donde se aloja la bobina y un cargador en el cual se coloca la bobina para ser introducida en el eje rotatorio.

La materia prima, como se mencionaba anteriormente, son flejes metálicos embobinados de distintas aleaciones de acero o aluminio, con diferentes anchuras y espesores según los requerimientos del proyecto. Esta se cuantifica por su peso, que ronda entre 1,5 y 2Tn, dependiendo de las dimensiones. Siendo normalmente, el radio de la bobina el principal parámetro limitante de los equipos, ya que a mayor radio, mayor es la inercia generada y el esfuerzo que ha de hacer la devanadora para mover de forma controlada el material.

El enderezador, es un equipo complementario a la devanadora, cuyo objetivo es eliminar las tensiones del material, las cuales hacen que el material se curve debido al embobinado. El equipo está compuesto por una serie de rodillos horizontales colocados de forma alternativa entre los superiores y los inferiores, pasando entre ellos el material, de modo que a través de su ajuste en altura deforman el material levemente, eliminando las tensiones y quedando este aplanado.

El inicio del proceso de fabricación de un nuevo proyecto, comienza con la alimentación de la devanadora con la materia prima, que es colocada mediante un puente grúa en el cargador de la devanadora, para posteriormente introducir la bobina en ella. Este último, es un soporte móvil, que permite sostener la bobina de forma vertical. De esta forma el ojo de la bobina puede ser centrado con el eje devanador, mediante un movimiento de subida o bajada del cargador. Una vez en posición y asegurada la bobina con barras anti-vuelco, el operario procede a retirar las aspas frontales, con una llave carraca, que mantiene la bobina en su posición una vez es ensartada. Como se adelantaba, una vez centrada y retiradas las aspas, el eje devanador se desplaza para insertar la bobina. En este punto, por seguridad, es importante mantener las barras anti-vuelco en su posición hasta insertar la mitad del eje, ya que si se retiran antes, podría incurrirse en el riesgo de volcar la bobina por una manipulación inexacta al introducir el eje. Una vez introducida por completo la bobina, se acciona un mandril expansor situado en el eje, que ajusta y posiciona la bobina, siendo seguro para el operario colocar de nuevo las aspas de sujeción y tras ello, posicionar el eje devanador en una posición alineada con el enderezador y la prensa.

Una vez realizada la carga de la materia prima, se utiliza un brazo auxiliar que presiona de forma temporal la bobina, de modo que puede ser retirados los flejes que mantiene su forma, mediante una tijera de corte manual. Este paso es el que más peligro presenta para el operario, ya que un mal amarre de la bobina mediante el brazo pisador, puede hacer que esta se desenrolle bruscamente. Superado esto, el operario de forma controlada encauza la banda de material en el inicio del enderezador, el cual ha de ser ajustado a las necesidades del material. El movimiento conjunto de la devanadora y los rodillos del enderezador, hacen que el material avance por ellos hasta la mesa de la prensa. Este movimiento de avance conjunto, se produce de forma continuada hasta que la materia prima es desenrollada por completo, según la prensa demanda material para cada golpe.

2) Accionamiento prensa. Prensa y matrices.

La segunda fase que completa el proceso productivo, es la estampación de la prensa, equipo formado por dos partes fundamentales. Una mesa que conforma la base de la prensa y soporta los esfuerzos de compresión. Y un carro móvil sostenido sobre la matriz, que mantiene un movimiento de subida y bajada, accionado mediante un giro excéntrico, que permite un movimiento continuado de vaivén, ejerciendo en cada uno de ellos una determinada presión cuando este se encuentra sobre la zona de bajada, que permite troquelar, moldear y cortar la banda de material para obtener la pieza deseada.

Sin embargo, la prensa solo es un equipo que permite aplicar una gran carga sobre una superficie, por lo que, para producir un determinado producto, la prensa requiere de diferentes matrices fabricadas específicamente para un proyecto concreto. Las matrices están formadas por dos superficies, una con el modelo positivo y otra con el modelo negativo, que comprimen el material mediante la carga efectuada por la prensa. Normalmente dentro de una misma matriz existe una progresión de estampaciones, dado a que existen formas que no pueden realizarse en un único golpe, debido a la geometría, tanto de la pieza como de la estampación.

Cuando se realiza una nueva producción, las matrices de la prensa han de ser sustituidas, para ello se hace uso de una carretilla elevadora, la cual retira e introduce las matrices sobre la mesa de la prensa, que tras bajar el carro, es anclada mediante mordazas neumáticas que mantiene la parte inferior fijada a la mesa y la superior al carro.

Para comenzar una nueva producción, se requiere de la realización de cortes en

el resto de banda atrapada en la matriz, por pérdida de tracción en el enderezador, retirándose esta de forma manual, una vez ha sido troceada. Siendo el siguiente paso, el enhebrado de la banda por la matriz, realizando de forma paulatina a medida que actúa la prensa, conformando las distintas estampaciones que posea la matriz, hasta que se ha obtenido una piza completada. Este proceso de enhebrado, se realiza de igual forma cuando se realiza un cambio de bobina para una misma producción, enhebrándose la nueva banda y empujando esta al resto de la anterior

5. Desarrollo 5S

5.1. Análisis y diagnóstico inicial.

Tras realizar dicha labor de análisis inicial, la situación se resume en los siguientes puntos:

- 1- Se conoce la situación y antecedentes de la sección de estampación, así como el área de estampación y el proceso productivo, descritos en los primeros puntos de este capítulo.
- 2- El personal es conocedor de la herramienta y ha recibido formación específica sobre ella. Sin embargo, no tienen mentalidad de cambio ni están involucrados en la filosofía Lean.
- 3- Las herramientas y útiles necesarios en el puesto de trabajo ya fueron delimitadas anteriormente, pero han de ser estudiadas según las necesidades de la nueva configuración.
- 4- Algunas herramientas y útiles se han ubicado según se estableció en el primer intento de implantación de 5S, pero no son adecuadas para la nueva configuración.

5.2. Planificación de 5S

La planificación de la implantación de la herramienta, se realiza mediante uso de una plantilla Excel, utilizando diagramas de Gant. Tras evaluar la profundidad de los cambios, se considera fijar un plazo de una semana por la realización de cada fase, añadiendo un margen de dos semanas, para la solución de posibles incidencias o incompatibilidades de las acciones de mejora con las tareas productivas.

En esta etapa se definen las fechas de revisión de la implantación, para hacer un seguimiento y control del proceso, manteniendo una supervisión de las acciones y los plazos establecidos. Siendo al mismo tiempo, el cumplimiento de la planificación el objetivo fijado, realizando en tiempo, todas las acciones requeridas.

Logo empresa		Calendario Implantación 5S																										
ACCIÓN	SECCIÓN	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
BASES DE LA MEJORA CONTINUA																												
Taller 5S	Prensas																											
REVISIÓN DE AVANCE DEL PROYECTO																												
Fecha de creación: 03/06/19																												
Fecha de revisión: 17/07/19																												
Edición: 0																												
		ACCIÓN PLANIFICADA ACCIÓN NO INICIADA ACCIÓN EN CURSO ACCIÓN FINALIZADA																										

Ilustración 8 - Planificación 5S

La implementación de las 5S se desarrolla siguiendo la metodología en etapas progresivas, hasta finalizar su implantación. Antes de comenzar, se reunió al personal encargado del área para facilitar información relevante y formar, sobre el procedimiento a seguir en el desarrollo de la implantación. Desde un punto de vista ideal, la mejor opción sería realizar dicha reunión con todo el personal involucrado, pero por motivos productivos y directivos, esta opción no es factible. Por tanto, una vez establecida la planificación, las fechas de las revisiones y el objetivo de cumplimiento de las fases, se da comienzo a la propia herramienta.

La implementación de la herramienta, es recomendable aplicarla en un área piloto, que sirva de campo de pruebas para la validación de las acciones tomadas y estas, se extienda al conjunto de las áreas. Sin embargo, dados los antecedentes y situación del área de prensas, se establece la implementación completa en el área.

5.3. Aplicación de 5S

i. Seiri

Primera etapa, eliminar aquello que no sea necesario para la realización del trabajo, clasificándolo según su uso.

La sesión de la primera S, se realiza con el encargado de la sección, los supervisores y el personal de mejora. El trabajo consiste en hacer una batida visual, eliminando todo aquello que no sea necesario para el puesto, eliminándose en el acto, si existe la posibilidad, o de lo contrario, tomando acciones y quedando pendiente para la próxima revisión, si no puede eliminarse o necesitar evaluarse su uso, siendo en todo caso discutible a mejora todo aquello que no se elimine.

Tras la primera batida, sólo se eliminaron elementos residuales, como piezas defectuosas, materiales de embalaje, restos de reparaciones antiguas o resto del montaje de la nueva ubicación. En este caso, no se eliminaron los antiguos almacenajes de bobinas, debido a que, tras la nueva ubicación junto al almacén de materia prima, éstos no eran necesarios, porque se pueden abastecer de forma directa mediante el puente grúa.

ii. Seiton

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Esta etapa se realiza mediante la observación del puesto, analizando las tareas que realizan los operarios a lo largo de la jornada. Siendo esencial la información ofrecida por los operarios para obtener un conocimiento amplio del uso de cada uno de los útiles y herramientas utilizados.

Tras la observación se realizó una lista de herramientas e utensilios necesarios para el puesto de trabajo, tomando imágenes en ocasiones para facilitar su reconocimiento posterior, facilitando la tarea descriptiva. Tras análisis se obtuvo la siguiente lista:

- Cepillo para barrer
- Pala para recoger resto de chatarra (junto cepillo)
- Calibre, comprobar espesores de material
- Llave de carraca, para desmontar aspas devanador
- Tijeras de corte metálico, para retirar flejes de embalaje.
- Sierra manual, para cortar material
- Separador de piezas para cinta transportadora
- Cables para conectar sensores matriz

- Llaves fijas para ajuste enderezador
- Pistola de aire comprimido
- Empujador de chatarra., formado por una varilla metálica con una superficie plana en la punta, para empujar la chatarra hacia la tolva en caso de atranque en la evacuación de la matriz.

Junto con estas herramientas y útiles, se detectó la ausencia de una ubicación definida para el mando auxiliar de la prensa, los bidones de aceite consumible y el soporte para rodillos de lubricación. No utilizados estos últimos hasta el momento, porque se hacía uso de lubricación mediante pulverizadores, pero presentaban un consumo excesivo y poco eficiente del lubricante, incorporándose en este momento esta mejora, de utilización de los rodillos de lubricación en los equipos, al tiempo que se desmontaban para su cambio de ubicación. De forma que ahora, dos rodillos lubricantes friccionan con la banda del material a la entrada de la prensa para facilitar su estampación. Sin embargo, este engrase no se utiliza en todos los procesos y los rodillos requieren ser desmontados en determinadas ocasiones, siendo necesario la ubicación de un recipiente como soporte junto al equipo para almacenarse los rodillos cuando no son utilizados.

Por otra parte, se identificó como posible mejora la incorporación de una sierra eléctrica de cizalladura, facilitando el corte de la banda y evitando la rotura de la hoja de la sierra manual, que conlleva la reposición de la hoja como consumible y un mayor trabajo. Aun así, se optó por la opción de mantener ambas sierras en el puesto, la manual y la eléctrica, ya que para cortes pequeños, según sugerencia de los operarios, la sierra manual tiene un uso más rápido que la eléctrica, ya que no requiere conectarla a la corriente y su manejo es más cómodo para estos casos.

Mediante la observación y la experiencia de los operarios, se identifican todas las herramientas y equipos que superaron la fase anterior, y se define la ubicación más funcional y ergonómica para cada uno de ellos. Se construyeron soportes y fijaciones para cada una de las herramientas y útiles definidos anteriormente, siguiendo el método de identificación definido en el capítulo 2 de metodología.

iii. Seiso

Limpiar e inspeccionar el entorno detectando los defectos o deficiencias del puesto de trabajo. Esta etapa, se realizó de forma sencilla debido al cambio de ubicación de los equipos

y la necesidad de su desmontaje para tal tarea. Subsana todas las deficiencias como, por ejemplo, deterioros en las estructuras de protección, instalación eléctrica, sistemas hidráulicos y todas las posibles fuentes de suciedad en el puesto, como las micro-fugas de aceite.

En esta fase se detectó uno de los principales focos de generación de despericio en el puesto, que no se había solucionado hasta el momento, situado en el espacio que queda libre entre la prensa y el alimentador. Con frecuencia la chatarra producida se desviaba hacia esa zona, ocasionando un derrame de chatarra hacia el interior del espacio libre entre los dos equipos. Para solucionar el problema y eliminar la fuente de suciedad, se diseñó una pequeña rampa, que reconducía la chatarra que saltaba a esa zona hacia la tolva, haciendo de barrera para que esta no se derramara al hueco libre existente.

iv. Seiketsu

La cuarta fase, puede resumirse como estandarización. Aunque esta fase se realiza en antepenúltimo lugar, ha de mantenerse durante todo el proceso, ya que se ha de buscar estandarizar la configuración de los puestos, así como la normalización de los formatos de identificación y ubicaciones. Siendo en este caso considerado también la estandarización de las acciones y procedimientos de trabajo, permitiendo que en conjunto consolidar las anteriores fases.

Dejando a un lado el uso combinado de la metodología SMED para procedimientos de trabajo o las rutinas y TPM para la normalización de las acciones de mantenimiento, en esta fase se propuso la realización de un estándar 5S, en forma de ficha impresa que recoge la configuración estandarizada de cada puesto de trabajo y mediante la que, de forma visual y concentrada, se puede obtener una visualización de cómo debe estar el puesto (estandarización). Su elaboración parte de las identificaciones realizadas en la anterior fase y muestra de forma esquemática el puesto. Incluyendo el correcto estado de las áreas de trabajo, se obtiene un mapa visual de cómo ha de encontrarse la zona de trabajo, siendo de gran utilidad para la última fase, donde se requiere evaluar las condiciones del puesto. Su uso también facilita el reconocimiento de la zona a personas no familiarizadas con ellas o nuevos operarios, ofreciendo información básica del entorno. Como información complementaria, se utilizó un código de color, la descripción básica de las distintas zonas y herramientas, así como el responsable de mantener cada área.

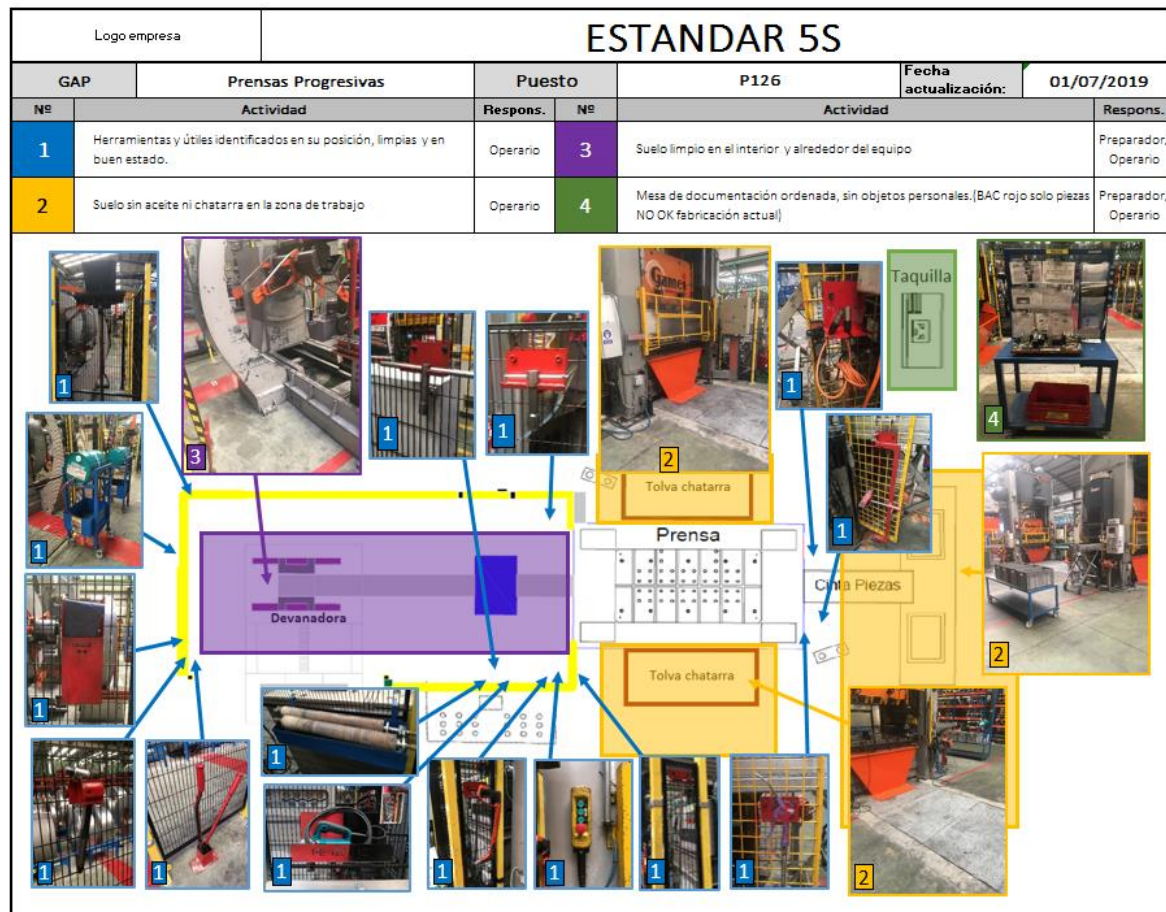


Ilustración 9 - Estándar 5S

Tabla 1 - Descripción escrita de las áreas del estándar

Nº	Actividad	Respons.
1	Herramientas y útiles identificados en su posición, limpias y en buen estado.	Operario
2	Suelo sin aceite ni chatarra en la zona de trabajo	Operario
3	Suelo limpio en el interior y alrededor del equipo	Preparador/Operario
4	Mesa de documentación ordenada, sin objetos personales.(BAC rojo solo piezas NO OK fabricación actual)	Preparador/Operario



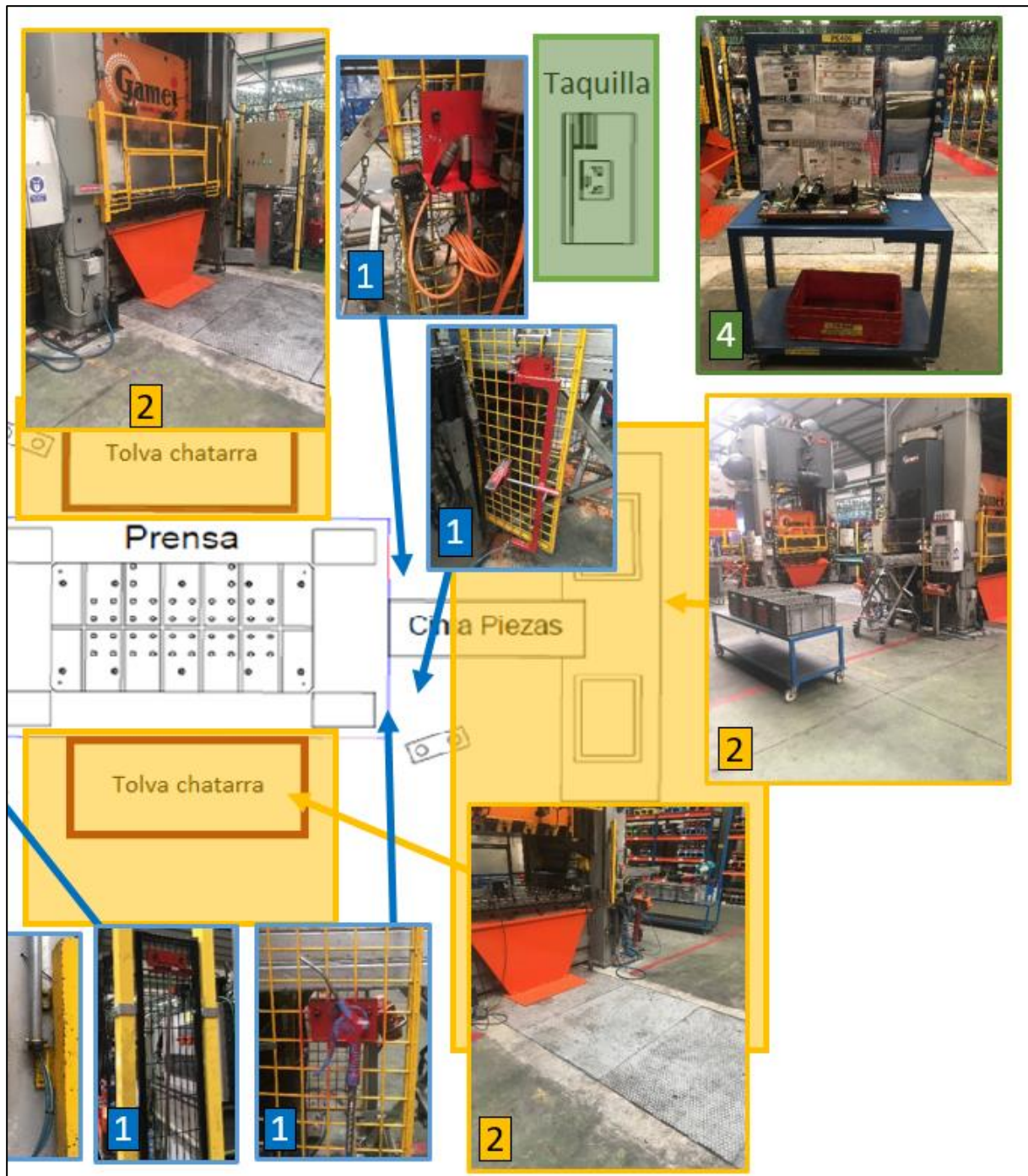


Ilustración 11 - Detalle estándar 5S, zona prensa

Por último, se realizó una estandarización de herramientas determinando el tipo, modelo y forma, de manera que todas se replicarán por igual en los distintos puestos, así como en la parte de aprovisionamiento, en la cual quedaron establecidas como herramientas estándares.

v. Shitsuke

La etapa final, tiene como objetivo normalizar la aplicación de los métodos estandarizados para mantenerlos en el tiempo. Para ello se establecieron las revisiones mediante auditoria interna focalizadas en las anomalías de mayor ocurrencia. En la tabla mostrada a continuación, se recogen las distintas cuestiones a evaluar en cada fase, específica del área de prensas progresivas, ya que en otras áreas, las cuestiones a evaluar serán diferentes según las características y peculiaridades de cada una. La elección de las cuestiones, se realizó de acuerdo a la experiencia del responsable del área y la acumulada por el departamento de mejora continua durante todo el proceso.

Tabla 2 - Cuestiones auditoria 5S prensas progresivas

1S : ELIMINAR	
1.1	¿Hay EPI equipos, envases y/o herramientas que no se utilicen y/o en mal estado en el almacén?
1.2	¿Hay objetos personales en el armario de documentación del puesto de trabajo?
1.3	¿Hay trapos sucios e inutilizables en la zona?
1.4	¿Hay herramientas o equipos de otros departamentos en la zona?
2S : ORDENAR	
2.1	¿Están las herramientas y útiles correctamente ubicadas?(ver estándar)
2.2	¿Están los 4 BAC de piezas correctamente ubicados en la mesa de salida de piezas?
2.3	¿Está el BAC rojo de piezas NOK en el armario de documentación?
2.4	¿Está la documentación correctamente ordenada en la mesa de trabajo?
2.5	¿Están las barras antivuelco del cargador correctamente ubicadas?
2.6	¿Está el pasillo de libre de obstáculos?
3S : LIMPIEZA / ESTADO DE INSTALACIONES	
3.1	¿Están las herramientas limpias y en buen estado de uso?
3.2	¿Está la zona de trabajo sin restos de aceite y/o material absorbente?(ver estándar)
3.3	¿Está la zona del interior de vallado sin restos de aceite y/o material absorbente?(ver estándar)
3.4	¿Están zona entre alimentador y prensa, sin resto de chatarra?
3.5	¿Están zonas interiores de la prensa por donde entra y sale la banda sin resto de chatarra?
3.6	¿Hay fugas de aceite/ aire en el equipo?
3.7	¿Hay elementos en el suelo entorno al equipo? (papeles, maderas, plásticos, material embalaje, cartón ...)
3.8	¿Hay formatos de estándares, cartelería o soportes de herramientas mal estado?
3.9	¿Está el kit antivuelco en mal estado?
3.10	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los equipos hidráulicos?
3.11	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los aceitadores?
3.12	¿Hay exceso de aceite en los rebosaderos de los rodillos aceitadores?
4S : ESTANDARIZAR	
4.1	¿Están identificadas las ubicaciones de las herramientas con carteles?
4.2	¿Está señalizada la siguiente bobina con el banderín?
4.3	¿Está el estándar 5S y de estándares visibles en la zona?
5S : DISCIPLINA	
5.1	¿Están actualizados los estándares y formatos, respecto al uso?

5.2	¿Se han realizado las acciones 5S de la última auditoria?
5.2	¿Se actualiza el Plan de auditorías de 5S?
5.3	¿Se usan los EPI correctamente y son los adecuados a la zona?
5.4	¿Se realizan los TPM asignados a la máquina?

Es importante resaltar, que la auditoria tiene como fin evaluar las prácticas realizadas y el cumplimiento de las mismas. Sin embargo, estas no pueden ser evaluadas si previamente no se han determinado o establecido las acciones a evaluar. Esta tesitura, apareció en los tres últimos puntos de la tercera fase (3.10, 3.11, 3.12, mostrados en la tabla 1). Para mantener el buen estado y la limpieza del puesto, era necesario que no existieran excesos de aceites lubricantes en los rebosaderos, pero esta acción no estaba definida ni asignada a ningún operario, por lo que, su cumplimiento estaba condicionado a la buena gana del personal o en la mayoría de ocasiones, a expensas de que el rebosadero desbordara, siendo necesario su vaciado por funcionalidad.

Por tanto, estas acciones fueron determinadas e incorporadas dentro de la rutina de mantenimiento llevada a cabo por el operario, la cual se realizó paralelamente al desarrollo de la herramienta 5S.

Otro punto a definir en esta fase, es la frecuencia y la asignación de la persona que realiza las auditorias. En un principio se propuso la realización de una auditoria semanal, en la cual se evaluara cada puesto, uno por semana, siendo uno de los preparadores del área, el responsable de llevar acabo la auditoria semanal y el encargado, realizaría una de cada cinco semanas, intercalándose su revisión entre las realizadas por los preparadores. La evaluación no satisfactoria, debería de ser resulta en un principio por los preparadores, trasládense las incidencias al encargado en caso de no poderse solventarse. Paralelamente, el departamento de mejora supervisaría y controlaría los resultados de la auditoria, intentando dar solución conjuntamente a las incidencias.

Si bien, en un principio se presentó este sistema de auditoria, tras su puesta en práctica, se detectó que su funcionalidad no era la esperada. Dada la similitud de los equipos y la generalidad de la auditoria para el conjunto del área de prensas progresivas. Resulto, más sencillo realizar una auditoria conjunta de toda el área, aunque consumirá mayor tiempo, especificando las incidencias de cada equipo en la auditoria del conjunto. Por lo que se configuro un nuevo calendario de auditorías, realizándose estas de forma alterna entre preparador y encargado cada dos semanas. Tal como se muestra en las dos siguientes tablas de calendario.

Tabla 3 - Calendario auditorias 5S inicial.

	Calendario Auditoria 5S																			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Responsable	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Encargado	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Encargado	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Preparador	Encargado	Preparador	Preparador
PE126																				
PE127																				
PE252																				
PE264																				
PE406																				

Tabla 4 - Calendario auditorias 5S final.

	Calendario Auditoria 5S																			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Responsable	Preparador		Encargado		Preparador		Encargado		Preparador		Encargado		Preparador		Encargado		Preparador		Encargado	
PE126																				
PE127																				
PE252																				
PE264																				
PE406																				

Con perspectivas de futuro, a esta frecuencia de auditoria, se propuso su ampliación en el tiempo, conforme el número de incidencias descendiera y la implantación de la herramienta 5S se asentara. Aunque esta modificación, quedo en espera, a expensas de determinarse en un futuro próximo en función del desarrollo y evolución del proceso.

Como acción final, las cuestiones a auditar se plasmaron en el formato planteado en el capítulo 2, a las cuales se añaden un casillero de cumplimiento, un espacio para comentarios de las acciones a resolver y un check de su realización.

5.4. Proceso previo de implantación.

Es necesario destacar que en la implantación de la herramienta 5S, de forma general, su aplicación se llevó a cabo de forma sencilla, dada la simplificación previa realizada en el primer

intento de implantación, que redujo el número de herramientas y útiles necesarios en el puesto y sirvió para establecer ciertas pautas y dinámicas de actuación. Sin embargo, previamente a la implantación se tuvo la oportunidad de revisar la documentación del anterior desarrollo, identificando aquellos puntos que en su día supusieron una amplia mejora y fueron base para el desarrollo de la actual segunda implantación. Estos son resumidos a continuación:

- Existían contenedores de diversos tamaños para la recogida de chatarra, ya que su evacuación se realizaba mediante contenedores, los cuales no recogían por completo toda la producida. Se optó por instalar contenedores únicos de mayor tamaño. Esta acción fue primordial para el estudio de eliminar por completo este sistema, con una nueva ubicación de las prensas y utilizar una evacuación de chatarra mediante cinta que fuese más económica y eficiente.
- No existían zonas definidas de residuos en el área de trabajo, por lo que cerca de cada puesto se encontraban cubos de desecho. Se establecieron zonas de residuos y reciclaje.
- No se utilizaban las mismas herramientas en cada puesto ni tampoco estaban limitadas según su uso. Por lo que se estandarizaron para todos los puestos, determinando las herramientas necesarias.
- Se unificó el diseño de los empujadores de chatarra.
- Se sustituyó el uso de llaves fijas por llaves de carraca para el desmontaje de las aspas de la devanadora, por ser más cómodas para los operarios, y más rápidas en su función.
- No existía un cepillo de limpieza ni recogedor estandarizado, y se introdujeron estos elementos.

6. Beneficios obtenidos

Los beneficios obtenidos para la empresa tras la aplicación de la herramienta 5S, son difíciles de cuantificar de forma precisa, ya que su aportación no puede medirse directamente, aunque sí su reflejo en los resultados generales, con una mejora del rendimiento y la productividad.

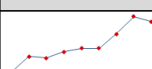
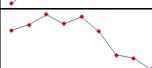
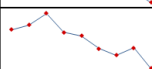
Tomando como referencia los indicadores utilizados para el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness, traducido como Eficiencia General de los Equipos, que sirve para

medir la eficiencia productiva de un puesto de trabajo de forma porcentual), así como los tiempos de preparación de máquina y cambios de bobina, podemos observar en la tabla 5, cómo evolucionan los resultados a lo largo de los meses. En la tabla se muestran la evolución de los tres indicadores mencionados, durante los diez primeros meses de 2018, omitiendo el mes de agosto, para evitar lecturas erróneas, dado que, durante ese mes, se trabajó en producción degradada debido al periodo vacacional. El objetivo marcado, se adapta en función del equipo representado o el grupo de trabajo, siendo en el caso de las prensas progresivas, un 66%. Este objetivo es fijado por dirección y el departamento de producción. El objetivo fijado en los tiempos medios de preparación y cambios de bobina, son estimaciones fijadas a partir de los tiempos calculados tras el desarrollo SMED. Los valores se muestran en dos colores, indicando los presentados en verde, que se encuentran por encima del objetivo y, por el contrario, en rojo, los valores por debajo del mismo. Mostrando finalmente una pequeña grafica orientativa, para completar la información visualmente, permitiendo estimar la tendencia y la variabilidad durante los meses mostrados.

Analizando el OEE, este va incrementando de forma casi constante con una mejora de en torno a 5 puntos porcentuales en diez meses, meses durante los cuales se desarrolló la aplicación de las herramientas 5S y SMED.

Por otro lado, observando los tiempos medios de cambio de bobina y preparación de equipo, vemos como de forma similar a la evolución del OEE, estos desciendo hasta cumplir el objetivo establecido en los últimos meses, en el caso de la preparación y quedando muy cerca del objetivo en cambios de bobinas. Aunque la mayor parte de la mejora en los tiempos de preparación se deba al desarrollo del SMED, la simplificación ofrecida por la herramienta 5S, favorece los buenos resultados.

Tabla 5 - Evolución indicadores GAP Prensas

logo empresa		GAP Prensas									
Indicador	Objetivo	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018	Junio 2018	Julio 2018	Septiemb 2018	Octubre 2018	Grafico
OEE	66%	68,2%	69,8%	69,6%	70,3%	70,6%	70,6%	72,1%	73,9%	73,4%	
T.Medio Preparacion	45	46,1	46,9	48,3	47,0	47,9	45,9	42,8	42,4	40,9	
T.Medio Cambio bobina	20	23,7	24,0	24,6	23,6	23,4	22,8	22,5	22,8	21,8	

Desafortunadamente, no se pudieron obtener datos anteriores a este proyecto para la

comparación de los mismos, ya que la recopilación de datos se realizaba por otros medios, quedando registrados en una base de datos de la cual no se pudo tener acceso. Sin embargo, según la información facilitada por el departamento de producción, el OEE habría mejorado en torno a unos 15 puntos porcentuales en comparación con la situación inicial del proyecto, antes de realizar la nueva configuración. Encontrándose con unos tiempos medios de 55' para las preparaciones de equipo y 40 minutos en cambios de bobina.

También, se intentó obtener información económica de la mejoras, pero la empresa, por razones de privacidad no facilitó dicha información, aunque sí trasladó que los resultados obtenidos eran satisfactorios, superando los beneficios a el costo que supuso la inversión del proyecto y obteniendo resultados mejores de los esperados.

Capítulo 5

Desarrollo e implantación SMED

Capítulo 5. Desarrollo e implantación SMED

1. Introducción

En este capítulo, se describirá el proceso de desarrollo e implantación de la herramienta SMED, anteriormente definida, en la preparación de máquina para la fabricación de un nuevo lote en una de las perfiladoras del área de perfilado, realizando una adaptación del modelo teórico descrito en el capítulo de metodología en función de las necesidades y recursos de la empresa. Por ello se describe la situación actual, el entorno de trabajo, el proceso productivo y los equipos. Siendo este desarrollo, la base para replicar el desarrollo e implantación de la herramienta en el resto de equipos de perfilado que tienen una gran similitud con el utilizado.

2. Antecedentes y situación de la sección de perfilado

En los últimos tiempos, la necesidad de componentes para el sector de automoción con geometrías complejas, en la búsqueda de la optimización tanto funcional como estructural de los elementos, han elevado la demanda de piezas fabricadas mediante conformación por perfilado. Proceso, que permite el modelado de una banda de material metálico, con distintas geometrías, perforaciones y plegados, manteniendo además, un bajo coste de fabricación y una elevada tasa productiva.

Por todo ello, aunque el área de perfilado, es la sección de menor tamaño dentro de la planta, no es la que carece de una menor importancia. El aumento de la demanda de componentes modelados en perfiles, comentado anteriormente, cada vez más complejos y difíciles de elaborar, han hecho que la plan de crecimiento de la empresa se centre en esta sección, ante la oportunidad de ocupar el nicho de producción de perfilados dentro del grupo industrial al que pertenece la empresa, ya que pocas empresas del grupo son actualmente capaces de satisfacer la demanda creciente de perfilados. Esta área ha sido ampliada recientemente y al elaborar este proyecto se mantenía a la espera de otra nueva ampliación, que permita aumentar la capacidad productiva en un 30%. Hasta este momento la situación de la sección de perfilado se encuentra en una saturación prácticamente del 100% de uso.

La sección cuenta con tres perfiladoras básicas, que durante mucho tiempo han conformado la estructura del área de perfilado, ampliándose como se ha adelantado, con una nueva perfiladora de última generación provista de equipos auxiliares que aumentan su versatilidad y eficiencia. Este cambio ha planteado una nueva situación, tanto a nivel organizativo, como a nivel directivo, dada la presión que supone rentabilizar la elevada

inversión y el cumplimiento de los acuerdos con clientes, a los cuales la empresa provee por primera vez en algunos de estos proyectos.

Junto a esta situación, se encuentra que la complejidad de los nuevos equipos, supera la formación actual de los operarios, que como es normal ante lo desconocido, requieren de un periodo de adaptación y de conocimiento de la nueva maquinaria. Como añadido a este escenario, existe la dificultad en encontrar nuevo personal cualificado, que cubra la demanda de los puestos ampliados. Siendo finalmente contratado personal con escasa experiencia y formación con equipos de estas características. Aun así, con esfuerzo y trabajo la sección es reconducida y el uso de herramientas Lean son pilares para gestionar el área. Ofreciendo estas circunstancias, una oportunidad para el desarrollo de la herramienta SMED, la cual se conviene casi en una necesidad para poder satisfacer y mejorar la demanda de los clientes.

Siendo importante tener en consideración lo expuesto, dado que el desarrollo de la herramienta debe hacer frente a todo tipo de inconvenientes, problemas y prioridades de producción, que modificarán la metodología, dado que en definitiva ante una situación incumplimiento con los clientes, la prioridad de producción queda por encima del coste que ésta suponga.

El desarrollo del trabajo realizado en este capítulo permite la elaboración de un estándar de preparación mediante el método SMED, para reducir los tiempos de preparación, aumentando así la productividad, al mismo tiempo que sirve de instructivo para que los operarios se formen. Teniendo además en cuenta, que en un futuro inminente, se incorporara un equipo de características similares, junto con otros equipos auxiliares, en los que será necesario aplicar el estándar desarrollado.

3. Descripción del área de Perfilado.

Como se adelantaba, el área de perfilado está compuesta por tres perfiladoras básicas, a la que suma la última adquisición por parte de la empresa, una nueva perfiladora de mayor tamaño y complejidad, que más adelante describiremos, por ser el objeto problema de este capítulo.

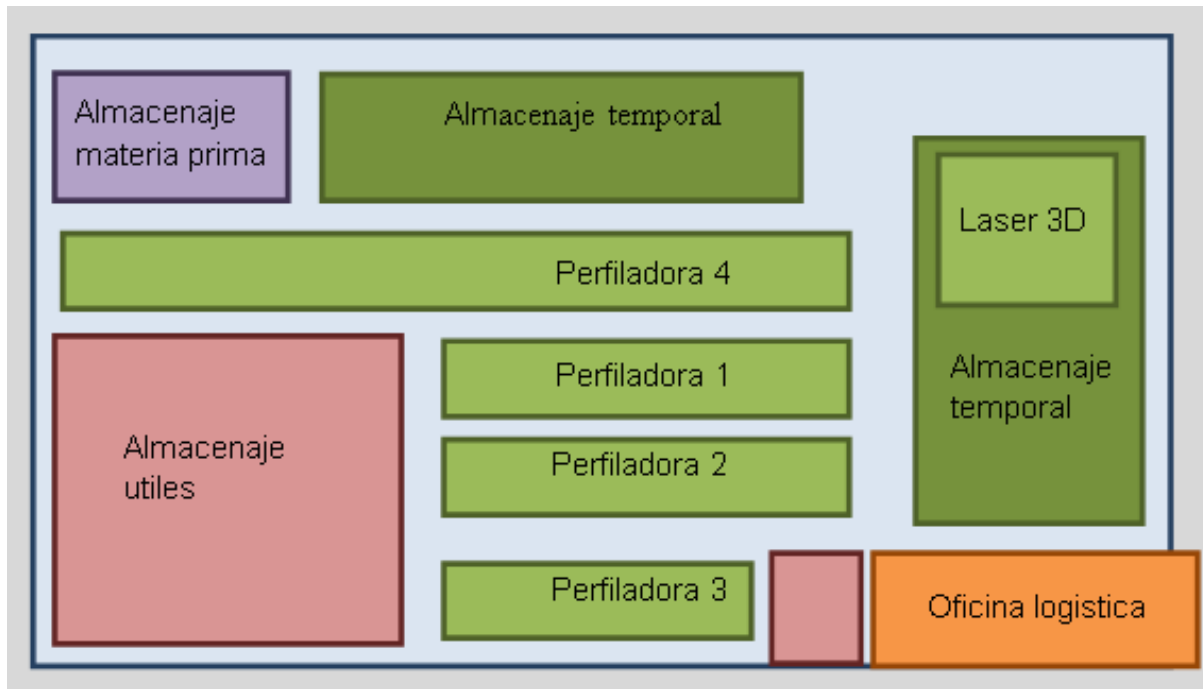


Ilustración 16 - Esquema área de perfilado

El área de perfilado, se encuentra en la zona sur de la planta, ocupando la parte central del primer cuerpo de la nave, cubriendo un área de proporciones 50x25m aproximadamente. En ella se encuentran situadas las perfiladoras de forma longitudinal, así como el almacenamiento de los útiles y casetes y un almacén de materia prima. Descritos estos de forma genérica y utilizando el esquema como referencia, a continuación:

1- Almacenes de casetes y útiles.

En la parte inferior izquierda, se encuentra el almacenaje de los útiles y casetes. Estos, son las herramientas únicas para cada proyecto, que utilizan las perfiladoras para modelar y formar cada pieza, siendo en gran medida, su montaje el principal foco de estudio de este capítulo. Su almacenaje se encuentra en dos nivel, uno inferior para los casetes, que son transportados por un puente grúa sobre unos carros que se desplazan sobre raíles y permiten ser introducidos bajo una estructura, que da soporte a la zona superior de almacenaje, permitiendo de esta forma reducir el espacio de almacenamiento. Sobre los casetes, en una estructura libre por la parte superior, se encuentra el almacenaje de los útiles, que también son transportados por un puente grúa. Es importante resaltar, que ambos tipos de herramientas tienen un peso considerable, 3-4Tn los casete y 0,5-1Tn los útiles. En el siguiente punto, se describirá con mayor detalle el uso y forma de ambos.

2- Almacenaje de materia prima.

El almacenaje de materia prima de la sección de perfilado se encuentra en la zona izquierda superior, siendo este relativamente pequeño para el volumen de trabajo que se mantiene. Su tamaño se debe principalmente a la limitación del espacio en el área, aunque tras la segunda fase de ampliación, este aumentara cambiando su disposición de forma longitudinal a las perfiladoras. Sin embargo, aun siendo ampliado, su abastecimiento, requiere de un constante transporte interno del material mediante carretilla desde el almacenaje principal, situado en el área de estampación. Esta situación, se debe a la falta de acceso para vehículos de carga, desde el exterior hacia el área de perfilado, que en un futuro debería ser subsanada, aunque su elevado coste frena la acción de mejora.

3- Zonas de ampliación, oficina logística y zona de comunicación.

En la esquema de distribución del área, podemos apreciar dos zonas más de almacenaje temporal, utilizados para contenedores y útiles, que en un futuro, serán ocupados por la ampliación de nuevos equipos. Durante la realización de este proyecto, se comenzó el montaje y el periodo de pruebas de un cortador laser 3D, por lo que a fecha de realización de estos trabajos, no ha sido incorporado como equipo productivo. También es de resaltar, el lugar que ocupa la oficina de logística, incrustada dentro del área de perfilado, debido al efecto expansivo de la sección. Sin embargo, dentro de las expectativas de futuro, no plantea la reubicación de la oficina, dada que se encuentra en un lugar que facilita el control de los muelles de carga y flujo de transportistas. Por último, la pequeña zona de puestos, junto a la oficina de logística, incluye los de comunicación y la zona de reunión de los equipos, así como el puesto informatizado de marcajes (marcaje de operaciones en curso, piezas producidas, partes de incidencias, etc.).

4- Perfiladoras

Quedando por identificar del esquema, las propias perfiladoras. Estas, reciben su nombre según son el orden de instalación en la planta, añadiendo al prefijo "PERFILA" el número que correlativo a su incorporación. De este modo, se diferencia entre si los cuatro equipos, de los cuales dos de ellos, son prácticamente iguales, PERFILA1 y 2, variando de ellas, la PERFILA3, de un tamaño más reducido dada su especialización en proyectos cuyas piezas son poco voluminosas. La perfiladora problema que analizaremos, es la que completa el área de perfilado y recibe el nombre de "PERFILA4", por ser la última incorporación.

En el siguiente punto, se describirá el proceso productivo, al tiempo que será desgranada dicha perfiladora en detalle, para comprender mejor su funcionamiento y equipos, de manera funcional.

4. Descripción del proceso productivo, PERFILA4

El proceso productivo a priori puede resultar simple, aunque en la práctica toma un carácter complejo dada la especialización de los útiles utilizados para cada proyecto. De forma genérica, el trabajo comienza con la alimentación de la materia prima, flejes metálicos embobinados de distintas aleaciones, que son desenrollados alimentando un equipo que modela la pieza en cuestión, troquelando y corta según requiera, finalizando el proceso con una pieza terminada, preparada para trabajos posteriores o como producto final para el cliente.

Para conocer con más detalle el proceso productivo, es necesario profundizar en los detalles de los equipos involucrados en el, ya que tanto su configuración y funcionamiento, como limitaciones técnicas, serán los factores que regirán el proceso. Por lo que, siguiendo la estructura utilizada en el anterior capítulo, se irán detallando de forma conjunto con su labor en proceso a continuación.

1) Alimentación de materia prima. Devanadora y enderezador.

El proceso productivo comienza de igual forma que el descrito, en el capítulo anterior, en la sección de prensas progresivas. La materia prima de distintas aleaciones, dimensiones y peso, según proyecto, es colocada mediante el puente grúa en el cargador de la devanadora, para posteriormente introducir la bobina en ella. Volviendo a ser en este caso el radio de la bobina, el principal parámetro limitante de los equipos, en cuanto a los esfuerzos de inercia que han de soportar. Por lo que tanto la devanadora como el enderezador, tienen el mismo objetivo que el anteriormente descrito, alimentar el equipo, desenrollando la bobina y eliminando las tensiones de deformación de la misma.

2) Enhebrado y unión mediante soldadura en cambios de bobina.

El siguiente paso, es el enhebrado de la banda por todos los equipos componentes de la perfiladora, mencionados anticipadamente, son la prensa troquel, las cuchillas de perfilado, los casetes, el láser soldador y los útiles de corte y modelado final. Todos ellos han de ser enhebrados de forma manual, ajustando cada equipo a

las dimensiones del material, como se analizara en los posteriores pasos.

En este punto del proceso, encontramos una variación respecto a los cambios de bobina, realizados en las prensas progresivas, lo cuales mantenían la misma dinámica, independientemente de que se continuara con el mismo lote de producción o con una producción nueva. Cada vez que el material se termina y se sigue fabricando un mismo lote, acción usual debido al aumento del tamaño de los lotes respecto a las prensas, se requiere de una soldadura entre la nueva banda y la banda anterior, ya enhebrada. De esta forma se evita enhebrar todo el equipo, que supondría un elevado coste en tiempo y desperdicio de material.

Para realizar la soldadura, existe un útil que fija la parte ya enhebrada y realiza un corte del extremo por cizalladura. La nueva banda ha enhebrar, se introduce en dicho útil que de igual forma, fija y corta el extremo. De esta manera, se obtiene dos cortes idénticos, que ajustándolos, encajan a la perfección entre el inicio y final de cada banda. Para posteriormente ser soldada mediante una antorcha de soldadura MIG, en un movimiento continuo sobre un rail, uniendo de lado a lado ambas pares. Como dato adicional, el material corta y se une mediante un corte diagonal para aumentar la zona de unión entre las dos bandas y disminuir las tensiones que se producen en la unión al ser perfilada, ya que de esta forma se reduce la concentración de esfuerzos en la zona soldada.

3) Prensa troquelado

El siguiente equipo que interviene en el proceso, es una prensa troqueladora, denominada con el nombre SUPRA, procedente de su nombre comercial, siendo este elemento diferenciador respecto las demás perfiladoras de la planta, ya que el proceso de troquelado se realiza previo al conformado, a diferencia de los otros. Esta prensa es accionada mediante brazos hidráulicos que mantienen un constante movimiento. Sobre ella, se monta una matriz, que tiene como peculiaridad, la variabilidad de accionamiento de los punzones dependiendo del avance de la banda. La matriz está compuesta por un total de nueve brazos, posicionados en paralelo, sobre raíles que permiten su posicionamiento en sobre el ancho de banda. Cada uno de ellos alberca un punzón, que es intercambiable dependiendo del proyecto. La presa realiza un golpeo cíclico sobre todos los brazos, disponiendo cada brazo de un sistema de accionamiento electro-neumático, que bloquea cada uno de los brazos en el golpe exacto de perforación. De esta forma se puede ajustar la distancia en perpendicular a la dirección de la banda, con los raíles y la distancia entre perforado con el

accionamiento del brazo en el golpe concreto.

Este sistema ofrece una gran versatilidad, evitando el cambio de matriz para cada proyecto. Sin embargo, por el contrario, requiere un cuidadoso ajuste y una correcta coordinación entre el avance, el golpeo y el accionamiento de los brazos, además de tiempo adicional para el cambio de punzones, en función del diámetro y forma del troquelado.

4) Equipo ajuste banda.

El siguiente equipo del proceso está formado por una mesa por la cual se hace pasar la banda, provista de unas cuchillas de corte laterales, que repasan las irregularidades que presente el material. Este equipo es denominado JULIUS, de nuevo, motivado por su designación comercial. Su función es mantener un perfil uniforme en la banda, eliminando cualquier rebaba o defecto del material, ya que posteriormente, ambos perfiles laterales, terminaran coincidiendo y siendo unidos mediante una soldadura laser.

5) Bancada perfiladora, casetes.

La bancada principal, es el cuerpo de la perfiladora, es la base sobre la que se sitúan los diferentes casetes y útiles. Su función es dar soporte estructural y movimiento a los casetes y útiles, proporcionando tracción al casetes a través de un piñón motriz y energía de accionamiento a los útiles mediante uno o varios grupos hidráulicos.

Los casetes, son rodillos de acero que realizan una estampación progresiva, que modela la banda forzando el material al pasar entre ellos. Requiriéndose de un número mayor o menos de casetes y por tanto de rodillos, en función de la complejidad del perfilado que presente la pieza. El movimiento sobre los casetes se transmite mediante un piñón motriz, situado en bancada principal, que proporciona tracción al conjunto de rodillos que se encuentran engranados entre sí.

6) Laser soldadura

En este punto del proceso, encontramos la segunda y principal diferencia de este equipo con el resto. Se trata de un soldador laser, que permite cerrar el perfil convirtiéndolo en una pieza tubular. Este procedimiento aporta un gran valor al trabajo realizado sobre la pieza, ya que permite la producción de perfiles huecos con forma no circular. Por el contra, el equipo requiere de un ajuste y control continuo, que se realiza

mediante cámaras gráficas, corrigiendo de manera autónoma, los parámetros de soldadura. Aun si, la intervención humana en el ajuste y control, es necesaria frecuentemente, encontrándose en este punto, la mayor complejidad del equipo, ya que se requieren de conocimientos técnicos y de control de la máquina, que hasta el momento se desconocían. Siendo por ello la falta de formación y experiencia uno de los escollos a superar en las primeras etapas productivas.

7) Útiles

La parte final del proceso, se finaliza con el procesamiento realizado por diferentes útiles. Generalmente, los útiles son accionadores hidráulicos de distintos tipos, que realizan cortes, punzonados o curvados. Estos útiles son alimentados por los equipos hidráulicos de la bancada principal. Su disposición, forma y acciones dependen el proyecto realizado, siendo coincidente en todos ellos, una cuchilla de cizallado, que individualiza cada una de las piezas, seccionando la banda.

5. Desarrollo SMED

5.1. Toma de datos

Partiendo de un conocimiento básico de la dinámica actual de trabajo, el funcionamiento de los equipos y proceso de fabricación, se da comienzo a la captación de datos para el desarrollo del SMED. Para ello se hizo uso de la grabación de video, tomando imágenes de los operarios en todo el proceso de cambio. Esta tarea, no siempre se pudo realizar de una forma continua y valida, principalmente por tres razones. Por una parte, el horario planificado de cambio no se ajustaba al horario laboral del departamento de mejora continua, debido a la jornada laboral interrumpida de producción, dividida en tres turnos. Aunque este motivo es de fácil solución, adaptando la jornada laboral a los cambios. Por otra parte, la segunda razón, de mayor relevancia y de difícil control, es la aleatoriedad de los imprevistos. Un ejemplo de ello, eran las preparaciones forzadas por averías, consecuencia de la incapacidad de los útiles para continuar trabajando. También sucedían con frecuencia percances durante el montaje, ya que los útiles han podido sufrir algún desperfecto en su almacenaje o durante el propio montaje, produciendo fugas de aceites, averías electrónicas o desajustes en sensores. En ocasiones, las preparaciones se realizaban de forma no continuada, dado el requerimiento de los operarios especializados en el cambio de utillajes, para realizar ajustes en otros equipos o por la necesidad de realizar tareas de juste que solo son posibles de llevar a cabo durante la preparación, como la programación del accionamiento de los troqueles o el ajuste de los

misimos. La tercera razón, por la cual en ocasiones se dificultaba la toma de datos, es el trabajo simultáneo de los operarios en una misma preparación, requiriendo de dos personas para captar la información de ambos, personal del cual, no disponía el departamento de mejora continua.

Todas las situaciones anteriores, provocaban que no se pudiese realizar una grabación continúa concentrada en el trabajo. Por lo que se consideró la opción de realizar toma de datos parciales, dividiendo el proceso de cambio por etapas y operarios, intentando captar la información por separado de cada una de ellas. Esta división facilitó la toma de datos, aunque espació en el tiempo el trabajo. También, requiere de un mayor esfuerzo, tanto en la grabación, como en su posterior análisis. Dada la necesidad de realizar al mismo tiempo una grabación enfocada y una ampliada, para tener información general de las acciones producidas simultáneamente por el otro operario, para posteriormente poder coordinar las distintas tareas en tiempo. Sin embargo, permitió captar datos de diferentes operarios, trabajando en una misma etapa del proceso, obteniéndose finalmente una información más completa.

La toma de datos, finaliza cuando se ha conseguido reunir la cantidad suficiente de información, como para cubrir ampliamente todas las posibles variantes del proceso. Por este motivo, es de gran importancia realizar grabaciones y obtener información de la experiencia de los operarios que realizan el cambio, ya que la combinación de todos ellos y las mejoras que cada operario ha introducido de forma individual, facilitaran el trabajo y la optimización del proceso.

5.2. Análisis de datos

Tras la recolecta de datos, se requiere realizar un análisis de los mismos. Para ello, se visualizan las grabaciones y se hace uso de la plantilla expuesta en el capítulo 2, desgranando y clasificando cada una de las acciones que se realizan en el proceso.

Una parte importante del análisis, es detectar que acciones son realmente necesarias y efectivas. Dado que en ocasiones los operarios llevan a cabo acciones innecesarias por desconocimiento del proceso o conscientemente como oposición a la estandarización de su trabajo. Aunque parezca contradictorio, no todos los operarios presentan una voluntad real de colaborar y prefieren mantener ciertas dinámicas de trabajo poco eficientes que acomodan su puesto a costa del empeoramiento de los resultados productivos.

Otro aspecto a tener en cuenta, es el detalle con el cual se analizan las acciones. Estas

pueden ser consideradas de forma focalizada o tomadas mediante una lente más amplia, haciéndose referencia con esto, al nivel de análisis al que se desea llegar. Por ejemplo, se puede analizar una parte del proceso como es el caso de la retirada de útiles, de manera amplia considerando ésta como una acción, o diseccionar la retirada de útiles, en aproximación, desmontaje de amarres, conexiones, levantamiento, etc. En el análisis realizado en este proyecto se intentó realizar un enfoque detallado de cada acción, buscando la mejora, con un enfoque concentrado en cada tarea. Aunque en ocasiones, es necesario discernir entre las acciones que merecen un análisis detallado y aquellas en las que, este mismo, no ofrecería un resultado sustancial. Siendo, en definitiva, el sentido común y los conocimientos sobre el proceso, lo que determina el potencial de mejora de cada acción, y con ello el grado de detalle de análisis de las mismas.

Considerando todos los aspectos ya mencionados, se realizó la clasificación, diferenciando entre las acciones que podrían extraerse fuera del proceso de preparación, las necesarias dentro del proceso de preparación y las eliminables. Además, se añadieron comentarios para facilitar el análisis y posibles acciones de mejora. En la siguiente ilustración, se muestra un ejemplo de algunas de las acciones clasificadas, de la parte de útiles y casete. Existiendo para cada una de las fases de análisis consideradas, un análisis de acciones, como se puede observar en las distintas pestañas que aparecen en la captura tomada.

OPERACIONES CAMBIO REFERENCIA PERFILADORAS											
	Operación	Comentario	Tiempo video inicio	Tiempo fin	Tiempo neto (sec)	Tiempo (min)	Tiempo acumulado	Exterior	Interior	¿Eliminable?	Herramientas necesarias
1	Desacople laser		0:00:00	0:02:12	132	2,20	2,20		X		
2	Organizar contenedores		0:02:12	0:04:40	148	2,47	4,67	X			
3	Cambio de cadenas		0:04:40	0:05:30	50	0,83	5,50	X			Dejarlas preparadas.
4	Desamarre util		0:05:30	0:15:30	600	10,00	15,50		X		
5	Desmontaje util		0:15:30	0:18:00	150	2,50	18,00		X		
6	Cambio disco radial	Disco esta roto	0:18:00	0:21:12	192	3,20	21,20	X	X	Radial	Revisar antes.
7	Cortan y sacan banda		0:21:12	0:25:30	258	4,30	25,50		X		
8	Desamarre util	Le cuesta trabajo porque les estorba las anillas para levantarlo	0:25:30	0:29:15	225	3,75	29,25		X		
9	Desamarre casset	Solo el operario, porque el preparador tiene que montar bobina	0:29:15	0:31:10	115	1,92	31,17		X		
10	Limpia mesa		0:31:10	0:36:06	296	4,93	36,10		X		
11	Quita topes	Desmonta dos topes que hay fijos con las tenazas, porque hicieron unos con tornillo pero los estan modificando porque eran demasiado anchos	0:36:06	0:38:20	134	2,23	38,33		X		
12			0:38:20	0:09:10	-1750	-29,17	9,17				
13	Desmontar un bloque casset		0:15:15	0:21:24	369	6,15	15,32		X		
14	Desmontar un bloque casset		0:21:24	0:21:50	26	0,43	15,75		X		
15			0:00:00	0:04:47	287	4,78	20,53		X		
16	Desmontar mesas rodillos		0:00:00	0:03:06	186	3,10	23,63		X		
17	Desmontar mesas rodillos		0:03:06	0:05:26	140	2,33	25,97		X		
18	Desmontar mesas rodillos		0:05:26	0:08:38	192	3,20	29,17		X		
19	Desplaza casset		0:04:42	0:06:20	98	1,63	30,80		X		
20	Desplaza casset		0:06:20	0:06:55	35	0,58	31,38		X		
21			0:00:00	0:04:00	240	4,00	35,38		X		
22			0:04:00	0:08:38	278	4,63	40,02				
23			0:00:00	0:04:00	240	4,00	44,02				
24			0:04:00	0:08:38	278	4,63	48,65				
... ZONA DEVANADORA ZONA SUPRA ZONA JULIUS ZONA UTILES-CASSET TAREAS DIN_TIEMPOS GANTT_ANTES			+								

Ilustración 12 - Extracto clasificación operaciones.

Por otra parte, podemos observar en la anterior ilustración, una pestaña en cuyo nombre aparece “Gantt”. Esta hace referencia a un diagrama de Gantt, que se construyó con los tiempos de cada operario y las acciones, para poder coordinar ambos utilizando el diagrama como ayuda. Sin embargo, esta acción fue desestimada porque no ofrecía un aporte significativo, más allá de la visualización en forma esquemática de los tiempos y su elaboración consumía más recursos que los beneficios ofrecidos.

5.3. Desarrollo del estándar

Una vez analizados los datos, es el momento de estudiar cada una de las acciones que hemos considerado como necesarias, tanto dentro, como fuera de la preparación. El estándar de trabajo, no se crea en una única fase, sino que requiere de un proceso depurativo, en el cual se pone en práctica el estándar de trabajo creado y se vuelven a repetir los pasos anteriores. En este proyecto, el procedimiento, se realizó en dos fases, la creación inicial, sirvió para dar forma y coordinar las acciones. La segunda fase, sirvió para consolidar las mejoras, ya validadas en la primera y depurar las deficiencias no detectadas en un inicio. Dada la extensión que supondría detallar ambos procesos, a continuación, se expondrá el procedimiento de preparación de la segunda fase, el cual se consideró como optimización válida. Esto no significa que el sistema de trabajo planteado no presente opciones de mejora, sino que, en adecuación a los medios y recursos disponibles, es la opción más eficiente. Considerando la mejora que supondrían ciertas acciones, frente al coste que supondría esta, siendo en definitiva un balance económico entre el beneficio que supondrá la inversión y el costo de la misma.

El procedimiento de preparación, comienza antes que esta se produzca, con la ejecución de las acciones externalizadas de la misma. Las acciones que se extraen del tiempo de preparación, tiene como objetivo evitar consumir un doble tiempo, el de máquina y el de operario. Sin embargo, se ha de tener en consideración, que, aunque se consiga reducir el tiempo de parada del equipo, el tiempo operativo del trabajador sigue siendo el mismo, por lo que la externalización de las acciones solo supone una mejora si estas pueden realizarse mientras se mantiene el equipo en funcionamiento. Por ello, han de ser tratadas con la misma relevancia que las acciones realizadas dentro del tiempo de parada, ya que han de tener un encaje previo al proceso de preparación, manteniendo en marcha la producción.

En este aspecto, se realizaron varias mejoras significativas, desacoplando acciones

realizadas en el tiempo de preparación, para adoptarlas como procedimientos productivos. En este caso, se contaba con una persona encargada de las preparaciones, siendo el responsable, además, de mantener los ajustes y resolver las incidencias de menor calibre, durante el turno de producción. Alternando, estas tareas con la ocupación de algunos puestos de producción. Este puesto de trabajo, permite una mayor flexibilidad para realizar las acciones extraídas de la preparación. Aunque en la práctica, no siempre existía dicha disponibilidad, debido a los ajustes y averías surgidas en los diferentes equipos, y en ocasiones, a la falta de mano de obra, que requería ser cubierta, trabajando en puestos productivos de forma más continuada.

El ejercicio de coordinación de los tiempos de cada operario y el número de tareas sincronizadas, es lo más complicado del procedimiento. Por ello, se planteó buscar la forma en la cual, cada trabajador se concentra en una parte de la preparación del equipo, intentando reducir al mínimo el trabajo coordinado de ambos a la vez, dado la complicación que supone actuar al unísono de manera eficiente, dos personas en una misma acción.

La coordinación de los tiempos en acciones separadas, se ajusta mediante la agrupación de acciones, aumentando o reduciendo el número de acciones de cada tarea para hacer coincidir el tiempo invertido en ambas. Llevar a cabo la coordinación en un primer pasó, es difícil, por lo que se realizó considerando en un mismo tiempo las acciones que debería realizar cada operario, asignando tiempos de espera para acoplar a ambos. Una vez combinadas en tiempo todas las acciones, se trató de buscar la posibilidad de cambiar el orden de ejecución de las acciones, sin que éstas afectaran a la eficiencia del cambio, cuadrándolas en las esperas anteriormente introducidas para cuadrar los tiempos. Aun así, la total coordinación es complicada, existiendo esperar de alguno de los operarios involucrados inevitablemente. Sin embargo, la optimización de ese tiempo, puede llevarse a cabo, incluyendo acciones de mantenimiento básico, que no se podrían realizar si el equipo no se encuentra parado.

Por otro lado, las acciones que no pueden extraerse, para realizarse fuera del tiempo de preparación, requieren de un tratamiento con una perspectiva de optimización en la forma de llevarse a cabo. Eso no quiere decir, que las acciones extraídas no necesiten ser estudiadas para optimizarse, pero ante la limitación de los recursos, sería prioritario la mejora de las acciones que deben realizarse dentro del tiempo de preparación.

5.3.1. Procesos previos a la preparación

Los trabajos de preparación, como se adelantaba anteriormente, tiene su inicio en las

acciones previas a la misma, siendo estas asignadas al preparador. Personal que, como su propia designación describe, realiza las tareas de preparación. Su función al comienzo del proceso, es el traslado de los útiles y casetes necesarios para realizar el cambio, a pie de máquina y la cargar la nueva bobina de material, en el cargador de la devanadora. Sin embargo, se consideraron algunas mejoras, que reducían tiempo dentro de la preparación. Entre estas medidas, se propone mantener las cadenas del puente grúa, a pie de máquina, preparadas para cuando se requiera retirar los útiles. De manera similar, se propuso preparar otros soportes de madera, para posicionar los utillajes desmontados, también a pie de máquina, evitando desplazamientos en su almacenaje durante la preparación, realizándose esta tarea, al finalizar el proceso de cambio. También se incluyó, la supervisión de los utillajes previo a su uso, ya que, en caso de detectar algún desperfecto de almacenaje o posible fallo en su montaje, se comunicará para solucionarlo previamente o cambiar la planificación de producción, montando otros útiles. Por otro lado, se adjudicaron otras acciones, como recoger en oficina de producción la documentación de la nueva referencia a montar, la maqueta de control de calidad de la nueva fabricación y la preparación de herramientas auxiliares y EPIS necesarios (cabestrante, radial, alargadera, máscara, gafas de protección, bridas/amarres, centradores, etc.)

De este modo, las acciones que se han de realizar previas a la preparación quedaron determinadas y asignadas, según se muestra a continuación.

Tabla 6 - Operaciones fuera de tiempo de preparación

Nº	¿Quién?	Operación
0	Prep	Recoger en oficina de producción la documentación de la nueva referencia a montar, en caso de que no lo sea, comunicar al mando superior
1	Prep	Consultar la hoja de parámetros, donde se especifican los parámetros de máquina así como aquellos datos relevantes para la preparación del puesto
2	Prep	Preparar palos para colocar útil y casetes
3	Prep	Traer troquel y casetes a pie de máquina
4	Prep	Cambiar cadenas para bobina, dejando las cadenas para útiles/casetes en la posición correcta, y preparar grilletes si son necesarios
5	Prep	Traer bobina nueva al bobinero verificando que el sentido de la bobina es correcto y comprobar que se corresponde a la indicada en la hoja de ruta
6	Prep	Traer maqueta nueva con la última pieza fabricada del lanzamiento anterior
7	Prep	Preparar herramientas auxiliares y EPIS necesarios (cabestrante, radial, alargadera, máscara, gafas de protección, bridas/amarres, centradores, etc.)
8	Prep	Revisar correcto estado aparente de los útiles y casetes (Detectores, final de banda, rampas chatarra)

9	Ope.	Verificar en maqueta la última pieza fabricada del lanzamiento actual, identificar con firma y fecha y dejar en la maqueta.
---	------	---

5.3.1. Proceso de preparación

Cuando el material que alimenta el equipo se agota, se inicia la fase interna del proceso de preparación, en la cual el equipo se cambia de programa para vaciar la línea, por lo que la velocidad se reduce y el control pasa a manual. El preparador es el encargado de controlar esta acción y el operario ha de mantenerse en su puesto productivo, para seguir recepcionando las últimas piezas hasta que se detiene la línea. Una vez esto sucede, cada trabajador se centra en una parte del equipo, realizando acciones separadas pero coordinadas en tiempo.

De este modo, el operador desconecta el láser soldador, lo coloca en su posición y comienza a desmontar la cinta transportadora de piezas y el sistema lubricante por pulverizadores. Durante estas acciones, el preparador termina el vaciado de la línea y comienza a realizar el cambio de bobina del nuevo material, montando la bobina en la devanadora y avanzando el enhebrado de la banda, hasta la prensa troqueladora, denominada como SUPRA. Continuando posteriormente con el cambio de punzones del equipo. Esta tarea, no se especifica en el estándar, ya que presenta cierta complejidad y exponer el detalle de las acciones haría que el estándar no fuese operativo.

El cambio de los punzones, podría tratarse como una preparación dentro de la propia preparación, y por tanto realizar un SMED específico de la preparación de este equipo. Tratándolo de forma independiente y siendo un complemento al conjunto de la preparación. Sobre este proceso, se realizaron acciones de mejora, como fue la modificación de los brazos que albergaban los punzones, en los cuales su montaje se realizaba embutiendo el punzón desde arriba. Esta tarea era tediosa y dificultaba su cambio, por lo que se optó, por realizar un seccionado del alojamiento del punzón, para que fuese posible retirarlo e introduciendo en su posición, accediendo por el frente, para posteriormente fijarlo, atornillando sobre él, la parte seccionada. También se solucionó con esta mejora, el centrado de los punzones, que un principio se alineaba mediante una chaveta. Tras la modificación, se efectuó un rebaje plano sobre el cilindro, creando una cara plana, que fuerza el centrado del punzón. También se consideraron otras ideas de mejora, como el posicionamiento de los brazos, que se realizaba mediante el giro de un volante manualmente, con un accionador neumático. Pero tras probarlo, un uso inadecuado de la herramienta neumática, podía dañar el mecanismo, ocasionando un fallo grave en el ajuste del equipo. Por lo que esta mejora, se descartó en contraposición de los posibles perjuicios que pudiese ocasionar. Sin embargo, la mejora

ofreció más resultados significativos, frete a su costo, consistió en la identificación de cada uno de los brazos y la impresión en una tabla visual de cada una de las distancias a los que se debían ajustar para cada preparación. Reduciéndose de esta manera, un gran número de fallos por confusión en los ajustes.

Paralelamente a estas últimas tareas, el operario realiza las acciones procedentes para iniciar el desmontaje de los útiles, realizando cortes sobre el resto de banda atrapado en la línea, para liberar los útiles enhebrados. Esta tarea, requiere del uso de una sierra radial eléctrica, la cual se utilizaba de forma específica en este proceso, pero se almacenaba en las estanterías de herramientas auxiliares, siendo además necesario el uso de un cable alargador para su alimentación. Por lo que se ubicó en el vallado del equipo de forma permanente y se instalaron tomas eléctricas en la bancada, reduciendo el tiempo de preparación de los equipos auxiliares y los desplazamientos innecesarios.

La siguiente tarea del operario, es enderezando el útil curador y desmontando barrón. Elemento, este último, que enlaza el útil de soldadura con el útil de curvado. Estas tareas eran realizadas en un inicio conjuntamente por el preparador y el operario, lo que ocasionaba que más adelante se produjesen esperas, de un operario a otro o se realizaran acciones de forma conjunta cuando no eran necesarias.

Continuando, con el desmontaje, el operario retira los útiles, dejándolos a pie de máquina, y enlaza con esta acción la retirada de los casetes, quitando previamente los amarres y conexiones en cada caso. Tras la retirada, se realiza la limpieza de la bancada, ya libre, para poder comenzar con el posicionamiento de los nuevos casetes. Siendo necesario, el cambio de los centradores situados sobre la mesa, para que se ajusten al casete que se van a montar. De nuevo, en este caso, se producían confusiones, por ser difícil de identificar la posición de los centradores en función de los casetes montados. Como solución, se optó por identificar mediante el marcaje de un numero uno o dos, las dos posiciones posibles de los centradores. Indicando en el lateral y sobre la posición orificios centradores del casete, dicha numeración.

El proceso de montaje se realiza de forma inversa al desmontaje, montando en primer lugar los casetes y a continuación los útiles. Este método de actuación, aparte de mejorar la estandarización del proceso, facilita la preparación, evitando que estorben unos útiles a otros. También mejora la coordinación de las acciones del operario, ya que efectúa movimientos consecutivos y no actúa de forma errática montando y desmontado por diferentes zonas, como sucedía en un principio.

Retomando de nuevo el trabajo realizado por el preparador, mientras que el operario

realiza lo anteriormente descrito, esté ha de terminar la preparación del equipo SUPRA y continuar con el equipo JULIUS, el cual ha de ser ajustado al ancho de banda, regulando las cuchillas y los patines de nailon por los cuales desliza la banda. Este trabajo, también consumía un tiempo excesivo ajustando los elementos de forma exacta mediante un metro. Por lo que se optó por realizar marcas sobre los travesaños de ajuste, para colocar los patines en esa posición, evitando la medición continua. Y al igual que en el equipo SUPRA, se colocó sobre él, un documento con los ajustes de las cuchillas para cada cambio.

La independencia de las acciones de cada uno de los operarios, acaba cuando el preparador enhebra la banda hasta el útil de soldadura laser, el cual se ha unido al resto de útiles montando de nuevo el barrón. A partir de este punto, ambos trabajan de forma conjunta posicionando el láser, realizando ajustes sobre el mismo y curvando la banda conforme avanza por el útil curvado. Esta fase de la preparación, fue definida para realizarse de manera conjunta, dado que se requiere el trabajo de ambos para realizar las acciones de forma efectiva. Siendo realizada en ocasiones por un único operario, el cual necesitaba hacer constantes movimientos y paradas para efectuar las acciones.

Una vez posicionado con la curvatura correcta, el curvador, se realiza el montaje de los troqueles que realizan las últimas operaciones e individualizan la pieza seccionándola. Este paso, se ha de realizar en este momento, dado que técnicamente, no es posible realizar la curvatura y el avance adecuado para enhebrar de forma continuada dichos troqueles. Por ello, aunque es desmontado por una única persona, su montaje se realiza con dos.

Finalmente, el preparador termina de enhebrar por completo la banda, mientras que el operario coloca el sistema de lubricación, la cinta de salida de piezas y organiza la zona de trabajo. Tras ello, el equipo se programa en automático y se comienza la producción de piezas, siendo necesario en ocasiones, realizar ciertos ajustes tras comprobar las primeras unidades producidas, terminando así la preparación del equipo.

Todo el conjunto de acciones queda recogido en la siguiente tabla, quedando agrupadas por acciones según el tiempo, presentándose en una misma acción, las tareas a realizar por el operario y el preparador.

Tabla 7 – Operaciones internas de preparación

Operación		
Nº	Operario	Preparador
1	Recepción de piezas y sacar etiqueta	Seguimiento proceso vaciado de línea (Coloca mesas según pasa)
		Ajuste aspás interiores devanadora
2	Apagar laser, quitar protecciones laser y mover a posición de reposo	Colocar nueva bobina
	Retira cinta salida, lubricadores y contenedores chatarra	
	Realiza cortes en banda (No parar a retirar banda del útil, hacerlo fuera de preparación.)	Enhebrar hasta principio SUPRA
	Desamarre metra troqueles (Tornillos, látigos hidráulicos, conectores)	
	Desmontaje con puente grúa	
3	Endereza curvador al tiempo que avanza banda (Sacar el máximo de banda posible)	Cambio de punzones SUPRA (PUNZONES+FECHA+ Referencia)
	Realizar cortes en banda (No tirar a chatarra, dejar apartado, para tirar al final)	
	Retrocede banda para desmontar barrón y desmonte barrón (Comprobar que no queda banda en casete 2, sino avanzar banda)	
	Desamarre casete	
	Desmontaje casetes (Dejar a pie de máquina, no desplazar a donde se almacenan)	
	Cambiar a cadena simple (utilizada en bobinas)(Dejar las otras sobre casete)	
	Enganchar con cadena mesas rodillos auxiliares (Abrazar los rodillos centrales)	
	Cambiar centradores	
	Limpiar bancada	
	Montar casetes	
	Amarres casete	

4	Montaje útil soldadura laser	Ajuste Julius
	Amarre útil soldadura laser	
	Limpia mesa móvil (zona curvador)	
	Montaje útil curvador	
	Amarre útil mesa (curvador)	
5	Montar barrón	Enhebrar hasta laser
6	Posiciona laser	Posiciona laser
	Desplaza mesa útil troqueles curva (hasta puerta vallado)	Enciende laser (tarda en cargar) y limpiar espejo, crossjet, cámara.
	Limpia zona interior (donde se colocara troquel)	
		Ajuste laser
7	Curvan banda y realizar cortes (hasta llegar banda con precortes)	Curvan banda y realizar cortes (hasta llegar banda con precortes)
8	Monta útil troqueles curva	Monta útil troqueles curva
9	Coloca lubricadores y cajones chatarra en útil	Enhebra banda troqueles
	Organiza zona de trabajo (Cinta piezas, contenedores, maqueta)	
10	Comprueba piezas	Cambia a automático (ajustes si es necesario)

5.4. Creación de estándar de trabajo

La última fase, consiste en plasmar la estandarización del trabajo en un documento u otro tipo de soporte, donde se recoja de forma sencilla y legible las distintas acciones. En la metodología seguida para el desarrollo de la herramienta SMED en este caso, se optó por el formato, mostrado en el capítulo 2, ilustración 9.

Otra opción que se planteó en la elaboración del documento, fue la división de las acciones en dos formatos, uno para el preparador y otro para el operario. Aunque tras estudiarlo, esta se desechó debido a que la separación de las acciones, no permitía obtener una visualización de la coordinación entre ambos, pudiendo caer en el individualismo y no considerar el trabajo conjunto. Sin embargo esta separación, si podría ser relevante para ampliar con mayor detalle en las acciones, a nivel de formación de los operarios. Siguiendo por este camino, también se plantearon otras alternativas, como la edición del video recopilado, para crear material audiovisual para la formación de los operarios, tanto nuevos como actuales. Sin embargo, estas variantes, se desestimaron por falta de recursos en el departamento de mejora, dando prioridad al documento impreso.

Por último, es de destacar, que en un principio, se añadió al estándar un esquema del puesto de trabajo y la esquematización de las acciones de forma consecutiva, mostrando las áreas de trabajo y los posibles desplazamientos. Aunque esta opción fue descartada por perder su operatividad al introducirse un número tan elevado de acciones, pudiendo crear confusión a los operarios. Sin embargo, en preparaciones más sencillas, como es el caso de las prensas progresivas, donde también se realizó un desarrollo SMED, el esquema si fue introducido, resultando efectivo para transmitir de forma sencilla la posición de las acciones, y en ese caso, los movimientos de la carretilla elevadora, que interviene en la operación.

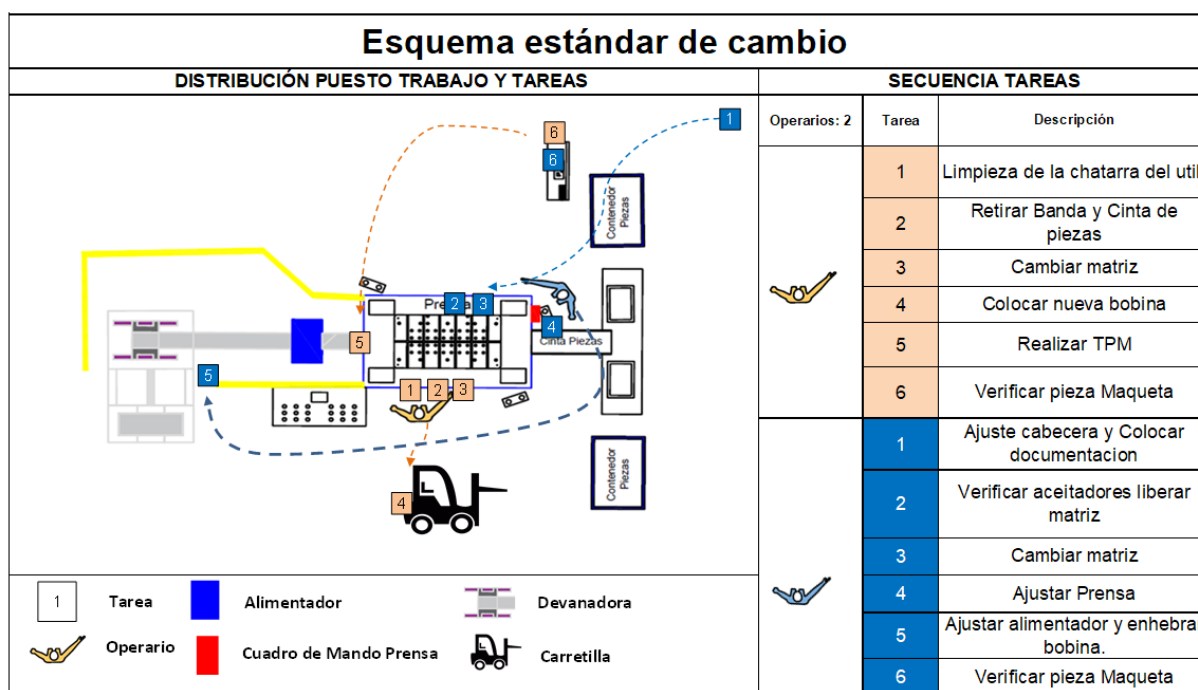


Ilustración 13 - Ejemplo esquema estándar de preparación (Prensas progresivas)

6. Beneficios obtenidos

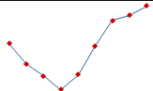
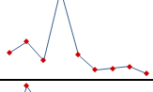
Al contrario de lo que sucedía con la anterior herramienta para cuantificar los beneficios obtenidos, en este caso puede valorarse de forma concreta, mediante el ahorro de tiempo y por tanto cuantificar el coste de éste.

Tomando de nuevo el indicador de OEE y los tiempos medios de preparación de equipo y cambio de bobina, podemos valorar los resultados de la aplicación del proyecto, mostrandos en igual formato que en los indicadores presentados en el anterior capítulo. En este caso, el desarrollo de la herramienta SMED se ha basado en la preparación de un equipo en concreto, la perfiladora número 4, sin embargo el trabajo también se realizó sobre el resto de equipos de la sección de perfilado. La elección de desarrollo de la herramienta sobre este equipo en

el presente proyecto, se tomó dada la complejidad que presenta éste frente a los demás, siendo posible la agrupación de los otros equipos, considerándolos similares entre sí. Por ello, a continuación se muestran los resultados de las perfiladoras 1, 2 y 3, en conjunto y por separado, los resultados de la perfiladora número cuatro.

Comenzando por el análisis de los resultados de las perfiladoras ya existentes, mostrados en la tabla 8, durante todo el desarrollo, se ha mantenido un OEE muy cercano al objetivo fijado, igual al de la sección de prensas progresivas, siendo un 66% de OEE, superándolo en los últimos meses. De nuevo no se pudo obtener información del anterior histórico y por tanto comparar con años posteriores, pero según los datos facilitados por el departamento de producción, el OEE se encontraba entrono al 55-60%, suponiendo por tanto la aplicación de las herramientas una mejora de entrono a 10 puntos porcentuales durante los datos analizados. De igual forma, los resultados en los tiempos de preparación, han ido bajando con el tiempo, validando la efectividad del trabajo desarrollado mediante la herramienta SMED. En este caso no se ha logrado alcanzar el objetivo de tiempo fijado, de 75 minutos para el tiempo medio de preparación y de 25 minutos para el tiempo medio de cambio de bobina, aunque la tendencia y la aproximación a los objetivos, indican que puede llegar a conseguirse en un corta plazo de tiempo.

Tabla 8 - Indicadores evolución GAP Perfiladoras (1, 2, 3)

logo empresa		GAP Perfiladoras									
Indicador	Obj	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018	Junio 2018	Julio 2018	Septiemb 2018	Octubre 2018	Grafico
OEE	66%	67,6%	64,6%	62,9%	60,9%	63,1%	67,3%	71,0%	71,7%	73,1%	
T.Medio Preparacion	75	156,0	193,7	131,6	368,2	150,2	100,3	104,5	110,8	87,5	
T.Medio Cambio bobina	25	34,3	41,7	38,2	30,5	34,4	30,5	31,8	31,8	31,8	

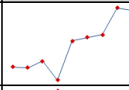
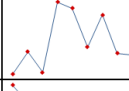
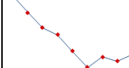
Continuando con el análisis, en este caso, únicamente con los datos de la perfiladora 4, objeto estudio de este proyecto, encontramos que durante los tres primeros meses, los resultados en tiempo eran próximos al objetivo, sin embargo el OEE se encuentra muy alejado. Esto se debe al periodo de pruebas durante el cual se ajustó y termino de montar el equipo, por lo que realmente los datos tomados no se ajustaban a la realidad, hecho que se ha de

conocer para poder valorar la información, mostrando por ello estos valores, en color naranja para indicar una situación de anomalía.

A partir del cuarto mes, los datos corresponden a una producción normal y con ello, como era de esperar, reflejan los peores resultados, debido al desconocimiento del equipo, constantes ajustes y avería que no fueron subsanadas en el periodo de arranque. Aunque en favor de los resultados, desde ese momento, van mejorando progresivamente, en parte, consecuencia de la acumulación de experiencia con el equipo, y en otra, gracias a la aplicación de las herramientas Lean, siendo un claro ejemplo de ello, la reducción de los tiempos de preparación, en los dos últimos meses cuando se comenzó a seguir el estándar de cambio creado en este proyecto.

De nuevo, aunque los objetivos no se alcanzaron, los datos mostrados presentan una tendencia hacia las metas marcadas y una progresión de mejora. El objetivo de OEE para la perfiladora 4, es de un 81%, 15 puntos porcentuales, por encima del resto de perfiladoras. Esta meta fijada por dirección y el departamento de producción, se ajusta a las estimaciones basadas en los estudios previos, en los cuales se tuvieron en cuenta tanto factores productivos como económicos. En cuanto a los tiempos medios de preparación de equipo y tiempos medios de cambio de bobina, estos se encuentran en 300 minutos para la preparación y 30 para el cambio de bobina, siendo fijados estos tiempos de nuevo por el trabajo desarrollado con la aplicación de la herramienta SMED. En ambos indicadores, OEE y tiempos de actuación sobre el equipo, los datos muestran una tendencia hacia los objetivos fijados, mostrando una evolución progresiva.

Tabla 9 - Indicadores evolución GAP Perfiladora 4

logo empresa		GAP Perfila4									
Indicador	Obj.	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018	Junio 2018	Julio 2018	Septiemb 2018	Octubre 2018	Gráfico
OEE	81%	34,1%	33,7%	36,8%	27,8%	46,2%	47,9%	49,2%	62,0%	60,5%	
T.Medio Preparacion	300	250,5	378,3	260,3	664,4	626,7	405,4	589,6	369,8	358,2	
T.Medio Cambio bobina	30	71,4	63,8	57,2	54,2	47,1	40,2	44,6	42,8	45,7	

Por último, en cuanto a los beneficios económicos producidos por la aplicación del proceso, tuve acceso a una parte de los datos, que aunque no muestran el total del ahorro a

lo largo de proyecto, muestran un extracto de lo que éste supone económicamente y la proyección de ahorro anual. Siendo estos expuestos en la tabla 10, presentada a continuación, en la cual se muestra una revisión económica del ahorro de la perfiladora 4, en función del OEE.

En la tabla 10, se muestra la evolución semanal del OEE, junto con la disponibilidad del equipo, el tiempo productivo, el tiempo operacional y el rendimiento. La disponibilidad del equipo, es igual a la fracción entre el tiempo de producción y el tiempo operacional. El tiempo de producción, es el tiempo durante el cual el equipo se encuentra produciendo. El tiempo operacional, es el total del tiempo durante el cual el equipo se encuentra operativo para producir. Por otra parte, el rendimiento es calculado a partir del número de piezas producidas, frente a las estimadas en el tiempo durante el tiempo operacional. Añadidos a los anteriores, se presenta las columnas de tiempo a OEE de referencia y una casilla diferencial. Mediante ambas, calculadas con las anteriores, se obtiene el ahorro y la proyección anual de ahorro.

Los cálculos se realizan a partir de un OEE de referencia, fijado en este caso en un 46%, mediante este y el rendimiento, se calcula un tiempo de producción estimado. A este tiempo estimado se resta el tiempo operacional. De esta forma, si la diferencia es negativa, se ha perdido tiempo productivo, respecto el tiempo de referencia y por el contrario, si es positiva, se ha ganado esa diferencia de tiempo productivo. Mediante estos cálculos, se puede extraer un tiempo diferencial productivo estimado y con ello el cálculo económico, considerando un coste de equipo de 161,11€ la hora. Como añadido, con el cálculo del ahorro estimado, se realiza una proyección anual, considerando las cuatro últimas referencias, para conocer de forma estimada en la situación económica que se encuentra el equipo. Si bien este es el proceso de cálculo y revisión económica del proyecto, hay que tener en consideración que los datos mostrado, corresponden al periodo de pruebas del equipo y su variabilidad es alta, siendo un indicador de ello, las 120 horas semanales que debería de trabajar el equipo y las cuales no se aproximan en la mayoría de los datos mostrados.

Tabla 10 - Extracto de ahorro en Perfiladora 4

PERFILA 4						OEE REF	46,00%	Coste hora:	161,11 €
Semana	OEE	Disponibilidad	T. Produccion	T. Operacional	Rendimiento	Tiempo a OEE Ref	Diferencia	Ahorro	Proyección anual
49	46,0%	76,5%	37	48	60,10%	48,24	0,01	1,09 €	
50	39,4%	53,0%	32	61	74,38%	52,15	-8,68	- 1.398,94 €	
51	35,0%	40,4%	11	28	86,82%	21,18	-6,62	- 1.067,11 €	
52	47,4%	63,1%	14	22	75,06%	22,96	0,67	107,71 €	- 28.286,93 €
1	46,6%	69,0%	28	40	67,45%	40,41	0,49	79,16 €	- 27.350,11 €
3	11,5%	17,3%	2	13	66,34%	3,20	-9,64	- 1.552,84 €	- 29.196,86 €
4	54,6%	60,4%	65	107	90,42%	127,51	20,15	3.246,67 €	22.568,42 €
5	18,4%	22,3%	19	85	82,24%	33,93	-51,02	- 8.219,36 €	- 77.356,45 €
6	49,4%	54,9%	68,12	124,03	90,02%	133,31	9,28	1.494,76 €	- 60.369,27 €
9	46,8%	61,1%	65,09	106,55	76,54%	108,30	1,75	282,60 €	42.656,69 €
10	56,9%	61,7%	50,23	81,39	92,22%	100,70	19,31	3.111,07 €	81.448,18 €
13	43,1%	48,1%	27,12	56,42	89,75%	52,91	-3,51	- 564,94 €	61.107,25 €
14	60,9%	67,0%	52,55	78,43	90,84%	103,77	25,34	4.083,30 €	84.440,86 €
16	17,9%	24,3%	8,50	35,04	73,70%	13,62	-21,42	- 3.451,22 €	1.074,37 €
17	19,7%	37,8%	18,02	47,68	52,00%	20,37	-27,31	- 4.399,84 €	1.074,37 €
18	60,2%	67,7%	56,41	83,30	88,90%	109,02	25,72	4.143,50 €	4.508,88 €
20	41,4%	46,0%	20,98	45,64	90,12%	41,10	-4,54	- 731,03 €	- 3.410,76 €
21	70,1%	71,5%	72,99	102,11	98,00%	155,50	53,39	8.601,73 €	91.372,34 €
25	47,1%	56,0%	41,85	74,76	84,05%	76,47	1,71	275,05 €	147.471,09 €
26	62,3%	70,3%	78,76	111,99	88,56%	151,63	39,64	6.386,42 €	174.386,12 €
Grafico									

En resumen, tras finalizar el estándar de trabajo, el tiempo estimado teórico que se podría conseguir, estaría en torno a los 200 minutos. Aunque este tiempo es alcanzable y posible en la práctica, requeriría una plena coordinación y el trabajo dedicado tanto del operario como del preparador, el cual en ocasiones necesita atender el resto de equipos por urgencia o surgen algunos imprevistos durante el proceso. Por todo ello, se consideró como objetivo inicial 300 minutos, aunque se estimó como tiempo a conseguir en un futuro cercano 240 minutos de preparación. El objetivo inicial de 300 minutos se determinó como consecuencia de que en los dos primeros meses de preparación real, los tiempos medios, mostrados en la tabla 9, se encontraba aproximadamente en torno a las 11 horas, por lo que fijar un objetivo de 4 horas, podría considerarse inalcanzable y desmotivador para los operarios. Siendo preferible un objetivo más cercano para una vez conseguido, elevarlo al siguiente escalón, aunque no se fijaron los plazos en los que se pretendía alcanzar dichos objetivos.

El ahorro que se ha conseguido en cada preparación y la proyección anual del ahorro que supondría hasta cada momento analizado, considerando de nuevo los últimos cuatro meses y como referencia la primera preparación fuera del periodo de pruebas, son los mostrados en la siguiente tabla. Otro factor que se ha de tener en cuenta, es el número de preparaciones mensuales, el cual se intentó fijar en 2 por mes, alargando los lotes de producción.

Tabla 11 - Ahorro tiempo preparación.

PERFILA 4				Coste hora:	161,11 €
Mes	Tiempo Medio de preparación	Media Preparaciones mes	Diferencia Objetivo (240min)	Ahorro Mensual (240min)	Proyección anual
4	664,4	2	848,7	2279,02	
5	626,7	2	773,4	2076,84	
6	405,4	2	330,9	888,41	
7	589,6	2	699,3	1877,68	21.365,81 €
9	369,8	2	259,6	697,07	16.619,97 €
10	358,2	2	236,4	634,77	12.293,77 €
1	300,0	2	120,0	322,22	10.595,21 €
2	300,0	2	120,0	322,22	5.928,85 €
3	300,0	2	120,0	322,22	4.804,30 €
4	300,0	2	120,0	322,22	3.866,64 €

Considerando por tanto los datos mostrados, a partir de septiembre, mes en el cual comienza hacerse un uso del estándar, de no haberse aplicado la herramienta SMED y desarrollado el trabajo, la proyección anual de sobrecosto respecto a los tiempo estimado de 240 minutos que se podría conseguir, estaría en torno a los 21.360 € anuales. Por otra parte, estimando unos cálculos ficticios, en los cuales en los siguientes cuatro meses se consiguiera el objetivo inicial de 300 minutos, se seguiría manteniendo la posibilidad de ahorro de 3.860 € por encima del tiempo estimado de 240 minutos.

Capítulo 6

Conclusiones y líneas de trabajo futuro

Capítulo 6. Conclusiones

1. Conclusión sobre Lean Management

Tras el estudio del Lean Management, sus orígenes, la evolución y la aplicación del mismo, a día de hoy, considero que, en ocasiones, el Lean es tratado como una metodología de aplicación sistemática de prácticas y herramientas, mediante la cual se obtienen resultados satisfactorios. Sin embargo, desde mi punto de vista el Lean Management, no ha de tratarse como un conjunto de metodologías únicamente, dándole a ellas todo el protagonismo, sino como una filosofía de trabajo basada en las personas. Ya que realmente la verdadera implantación de la metodología, se obtiene cuando las personas que la realizan, crea su propia metodología, basándose en las prácticas y herramientas propuestas. Esta reflexión, parte del origen de estas técnicas de trabajo, ya que, en un inicio, estas no se originaron con la conciencia de elaborar un método de actuación estandarizado, sino como una evolución natural del trabajo, motivada por el avance y la mejora continua, que con el paso de los años se fue sintetizando y organizando. Por tanto extraer dichas prácticas de forma aislada, he intentar replicarlas sin tener en consideración la esencia que las origino, puede conllevar al fracaso de las misma o simplemente a la consecución de una mejora organizativa, que quedara limitada a los beneficios que ofrece su estricta aplicación, sin optar a continuar progresado.

Este concepto, es el que se ha intentado trabajar durante toda la elaboración del proyecto. Siendo sin duda, la principal dificultad a superar durante todo el proceso. Haciendo frente a la gran complejidad que supone trabajar con personas, que no comparte la misma visión de trabajo ni están motivadas por la consecución de los mismos objetivos. Encontrando, en muchos de los casos tratados, todo lo contrario. Personas que se oponen al cambio y que actúan frente a él. Contra esta situación, la metodología no es suficiente y la aplicación forzosa es limitada. La única forma de conseguir este objetivo es formar y modelar la actitud de las personas hacia esta visión. Entendiéndose, no como una simple instrucción teórica sobre la metodología, sino más bien como un trabajo continuado sobre las personas en el cual se ha de buscar la motivación de cada una de ellas y sus objetivos, intentando alinear éstos con los de la empresa, para que la motivación y el afán de mejora se transfiera a nivel personal y profesional.

Para la consecución de este objetivo, se optó por la flexibilidad, siendo conocedores de que la metodología no se estaba aplicando de forma completa o no se llevaba a cabo de la manera más eficaz. Sin embargo, mediante la flexibilidad y la paciencia, se pudieron ir consiguiendo pequeños cambios, que, aunque en ocasiones, no suficientes, permitieron

encaminar a las personas hacia los cambios planteados. Aplicando el principio de mejora continua a la propia implantación.

Por otra parte, el trabajo sobre las personas no siempre devuelve el resultado esperado y ante la incapacidad de evolución en algunos casos, la opción más sencilla, es la sustitución de la persona de su puesto de trabajo. No por ello, ha de ser necesario el despido de la persona, estudiándose otras alternativas, como el cambio a otro puesto de trabajo o equipo de personas, ya que un alto porcentaje de los casos a los que se les ha hecho frente, la oposición no venía motivada por las características de la persona, sino como una protesta para expresar un malestar.

Por todo ello, considero que el Lean Management, es el camino a seguir en la gestión empresarial, no únicamente por los beneficios y resultados que esta presenta, sino también por la humanización de la empresa poniendo en evidencia la importancia de las personas y el valor que estas pueden aportar al conjunto de la organización, más allá de la consideración de las personas como medio productivo.

2. Conclusiones sobre la metodología 5s

Tras la aplicación de la herramienta 5S en el área de prensas progresivas, mostrados en el capítulo 4, además de su aplicación en el área de perfilado, aunque no desarrollada en este proyecto, considero que la metodología 5S es una de las herramientas más efectivas, pudiendo aplicarse y desarrollarse hasta niveles muy detallados. Motivando en este proceso la necesidad de mejorar otros aspectos no relacionados con la aplicación de la misma. Un gran ejemplo de ello, fue el cambio de ubicación y la reconfiguración de los equipos, realizados en este proyecto, como resultado de la aplicación de la herramienta 5S. En la cual se detectó el foco de suciedad, producido por la retirada de charra mediante contenedores y con ello la ineficiencia del mismo.

Sin embargo, aunque el potencial de la metodología es muy elevado, por sí solo no es suficiente para derivar todas las mejoras posibles, siendo necesario la aplicación de otras herramientas y cambios de gestión a todos los niveles para poder extraer toda su funcionalidad.

Focalizando sobre la aplicación concreta en este proyecto, la aplicación de la herramienta se desarrolló a un nivel que podría clasificarse como medio, existiendo aun deficiencias detectadas que no se pudieron solucionar o cuyo coste era muy elevado. No obstante,

considerando el historial de aplicación de la herramienta en una fase inicial y comparando, el desarrollo de la herramienta y las mejoras conseguidas en la actualidad, éstas son muy notables. Por lo que, de cara a un futuro, la aplicación de la herramienta ha de seguir ejerciéndose y evolucionando de forma paulatina, aunque no se realice una aplicación completa inicializada desde cero, como en la ocasión sobre la que se ha realizado este proyecto, tras el cambio de ubicación.

Por todo ello, aunque la implantación de la herramienta 5S se ajusta a tiempos y fases de aplicación, una vez más, la mejora continua ha de aplicarse a ella y no puede considerarse finalizada por completo, siendo una aplicación que evoluciona constantemente al ritmo de la organización. Pudiendo considerarse como resumen, su implantación, como la germinación de una semilla que ha de seguir creciendo y evolucionando para dar mejores frutos.

3. Conclusión sobre la metodología SMED

Como conclusión tras la aplicación de la herramienta SMED, para la estandarización del cambio de utillajes de una perfiladora, mostrado en este proyecto, junto con el desarrollo similar de la misma herramienta en la preparación de prensas progresivas, considero que esta metodología aporta la base para realizar el estudio de las acciones y los tiempos, con el objetivo de disminuir bastante los tiempos de cambio de los útiles, para fabricar nuevos lotes de productos. Es una herramienta útil para analizar y clasificar las operaciones realizadas en el proceso de preparación de cualquier equipo, siendo éste su principal utilidad. Ya que el uso de la herramienta por sí sola no ofrece resultados de aplicación directa, como puede ser el caso de la herramienta anteriormente expuesta, donde su ejecución ofrece directamente acciones de mejora.

Por otra parte, la aplica de la herramienta SMED, no solo ha de tratarse como una la mejora del proceso de preparación en un momento puntual, sino que de tenerse en cuenta para aplicase durante todo el proceso, comenzando en los inicios, del diseño de los utillajes y los equipos. Ya que durante el desarrollo de este proyecto, se detectaron que algunas acciones de mejora que reducirían el tiempo de preparación y serían fácilmente abordables, si en la fase de diseño se hubiese sido conocedor de ellas. Uno de estos casos, es el de los anclajes que se les proveen a los útiles para moverlos con el puente grúa. Estos anclajes, suelen ser argollas. Sin embargo, en la fabricación de los útiles podrían haber equipado con burlones tallados, los cuales permiten desplazar los utilices mediante anillas, evitando el proceso de usar grilletes, que requiere una manipulación en su montaje y desmontaje.

Siendo por tanto esta herramienta, conveniente para depurar el diseño de los útiles y equipos, trasladando la información a los responsables de su diseño o elección de compra, los cuales, no siempre tienen en cuenta la integración de cambios para la reducción de tiempos, aunque a priori resulte una incorporación obvia. Esto es debido a la gran cándida de agentes que intervienen en dicho proceso y entre los cuales, normalmente no existe una fluida corriente de información que facilite el trabajo conjunto a todos los niveles, permitiendo incorporar dichas mejoras. Por tanto, la metodología SMED ha de tenerse en cuenta más allá del propio procedimiento de trabajo y se ha de considerar desde la creación del producto, el diseño de proceso productivo y la selección de herramientas y equipos a utilizar, basándose en la comunicación y la búsqueda de estándares que puedan coordinar a los distintos agentes que intervienen a diferentes niveles.

Otro aspecto, que considero que aporta valor al desarrollo de la herramienta SMED, es la cantidad de datos recopilados he información sobre el proceso, la forma de trabajo e incluso la relación con los operarios de planta.

En cuanto, a la información obtenida, además de modelar el estándar de trabajo, puede ser utilizada para la formación tanto de los operarios actuales y como los futuros. Además, la empresa podría utilizar este material, bien tratado, para fomentar la polivalencia de sus trabajadores, dejándolo a libre disposición de los mismos.

Por otra parte, el desarrollo de la herramienta SMED, requiere con trabajo conjunto con los operarios, el cual no suele llevarse a cabo de una forma tan cercana. Esta relación con los trabajadores de planta, es una fuente de conocimiento, no solo en cuanto a los datos recopilados para el desarrollo de la herramienta SMED, sino también para conocer a las personas, sus objetivos, las relaciones entre los miembros del equipo, las posibles problemáticas del puesto, las ineficiencias del trabajo, las incomodidades, etc. En general una información que no se obtiene a través de otros mecanismos y que ofrece un punto de vista muy diferente en ocasiones desde el que se puede considerar en puesto a niveles superiores. Considerando como concusión general, al uso de la herramienta SMED, una metodología de estructura y soporte para el análisis del método de trabajo y que como derivado a ella, permite obtener muchas más información, que podría ser relevante para otros intereses.

4. Líneas de trabajo futuro

Tras los resultados satisfactorios obtenidos en la aplicación del proyecto, la empresa, debe plantearse ciertas líneas futuras de actuación para continuar con la mejora. Una de ellas

sería trasladar la aplicación de ambas herramientas a la sección de soldadura. Estandarizando el puesto de trabajo mediante la aplicación de la herramienta 5S, ya que en la actualidad, los puestos similares no presentan la misma configuración y dificultan la adaptabilidad de los operarios cuando es necesario realizar un cambio de puesto. En cuanto a la aplicación de la herramienta SMED, no todos los puestos requieren de preparación, ya que existen puesto dedicados a un solo proyecto. Sin embargo, para el resto de equipos, el desarrollo SMED reduciría los tiempos de preparación, ya que en estos casos, es necesario el trabajo coordinado de un operario y un carretillero y su realización no se lleva a cabo actualmente de forma eficiente.

Es de resaltar que aunque de evolución natural sea continuar con esta la sección de soldadura, al igual que en su día se trasladó la aplicación en la sección de prensas, a la sección de perfilado, haya de ser prioritario continuar esta línea. Ya que en la sección de soldadura, la saturación de los equipos no es tan elevada, existiendo capacidad productiva no aprovechada debido a la falta de proyectos. La aplicación de las herramientas y prácticas mencionadas, supondría una mejora en los resultados de la sección, pero quizás en estos momentos, no tendría un gran impacto a nivel de resultados globales.

Por otra, una línea futura de trabajo, que podría ofrecer mayores resultados de mejora, con la aplicación de otras herramientas y practicas Lean, como el VSM, seria la sección de logística, sobre la cual en la actualidad no se ha realizado ningún proyecto de mejora Lean, aun siendo una de las secciones de mayor relevancia dado que se encuentra en constante trabajo con el resto de secciones, dependiendo en la mayoría de ocasiones de su actuación. Un primer comienzo para esta sección, seria definir los equipos de trabajo, implantar los tableros de comunicación y con ellos las reuniones diarias, planteando y desarrollando indicadores y objetivos a alcanzar. Para posteriormente comenzar a desarrollar otras herramientas, como la anteriormente mencionada, sistemas de gestión de almenaje o cargas de mercancías.

Aunque sin duda, junto con las dos anteriores líneas de trabajo, destacaría una tercera, que en mi consideración, debería tratarse como prioritaria por encima de las ya mencionadas, siendo esta el mantenimiento de los equipos y útiles.

El departamento de mantenimiento, dadas la situación de saturación de los equipos, toma un papel fundamental en la mejora de la capacidad productiva. Una adecuada planificación de los mantenimientos preventivos, la gestión de repuestos y la rápida solución del mantenimiento correctivo, son claves para seguir mejorando los resultados conseguidos en las secciones productivas y a nivel general, ya que sus frutos, están condicionados en gran

medida por el estado de los equipos y su buen funcionamiento para alcanzar los objetivos fijados.

Al comienzo de este proyecto, de forma paralela se comenzó con la realización de unos estándares de mantenimiento, los cuales deberían de realizarse por los operarios, como mantenimiento de primer nivel, como complemento a la estandarización del trabajo que se estaba realizando con las herramientas tratadas en este proyecto. Sin embargo, las acciones de mantenimiento a niveles superiores, no se encontraban definidas claramente ni seguir un plan de mantenimiento o planificación previa. El mantenimiento está sujeto a las decisiones que el jefe del mismo tomaba, guiándose por los conocimientos obtenidos en su larga experiencia en el puesto. Si bien, la experiencia es fundamental en la toma de decisiones, no es suficiente para llevar acabo un mantenimiento eficiente y efectivo a largo plazo. Por ello, consideraría como siguiente línea de actuación la revisión de la organización y gestión del departamento de mantenimiento, llevando a cabo, técnicas, prácticas y herramientas orientadas a eliminar las pérdidas de tiempo de producción causadas por averías en los equipos, evolucionando hacia un sistema de mantenimiento productivo total.

Bibliografía

- Arias Aranda, D., & Minguela Rata, B. (2018). *Dirección de la producción y operaciones Decisiones operativas*. España, Madrid: Ediciones Pirámide 2018.
- Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. Oxford University Press, Incorporated.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid,: Fundación eoi, 2013 .
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill Education.
- María del Carmen Peligros Espada, J. B. (2005). *La organización productiva de la industria del automóvil: nuevas dinámicas interempresariales y su aplicación en España*. España, Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Mesa, D. (2010). *La revolución científico-técnica y el colapso del socialismo real*. España, Madrid: La Carreta Editores.
- Monden, Y. (1983). *Sistema de producción de Toyota: enfoque práctico de la gestión de producción*. Industrial Engineering and Management Press; 1st edition.
- Ohno, T. (1991). *El Sistema de Producción Toyota*. Gestión 2000.
- Osho. (2003). *El sendero del Tao*. España: KAIROS.
- Shah, R., & Ward, P. (2007). *Defining and developing measures of lean production*. Elsevier B.V.
- Womack, J. P., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Gestión 2000.
- Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.
- Ortega, F. (2008). *7+1 Tipos de Desperdicios*. (Entrada de blog). Recuperado de: <http://lean-esp.blogspot.com.co/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html>
- Menéndez, G. (2014). *Los 7 mudas: ¿sabes cuáles son los 7 desperdicios de la empresa?* (Entrada de blog). Recuperado de: <http://prevenblog.com/las-7-mudas/>
- BOM Consulting Group. (2008). *7+1 Tipos de Desperdicios – Lean Manufacturing*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/bomconsulting/71-tipos-de-desperdicios>
- SPC Consulting Group. (2013). *7 Mudras*. (Entrada de blog). Recuperado de: <https://spcgroup.com.mx/7-mudas/>
- Lean Solutions. (s.f.). *¿Qué es Lean Manufacturing?* (Entrada de blog). Recuperado de: <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>
- Melter-Mx. (2017). *¿Qué es Lean Manufacturing?* (Entrada de blog). Recuperado de: <http://melter.com.mx/que-es-lean-manufacturing/>

Bob Emiliani. (2016). *Is Lean the Same as TPS?* (Entrada de blog). Recuperado de: <https://bobemiliani.com/is-lean-the-same-as-tps/>

PROGRESSA LEAN. (s.f.). *VSM ¿Cómo identificar el desperdicio?* (Entrada de blog). Recuperado de: <http://www.progressalean.com/vsm-value-stream-mapping/>

LEAN MANUFACTURING 10. (s.f.). *Value Stream Mapping: Qué es, beneficios y cómo realizarlo* (Entrada de blog). Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/vsm-value-stream-mapping>

Apaza, Ruben. (2016). *Apuntes de Identificación, Preparación, Evaluación y Gestión de Proyectos*. Chile: Universidad Mayor de San Andres (UMSA) y PUC de Chile.

Shook, J. & Rother, M. (1999). *Learning to See. Value Stream Mapping to add value and Eliminate Muda*. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute.

Bryan Salazar Lopez. (2016). *Heijunka: Nivelación de la producción* (Entrada de blog). Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

Jorge Jimeno Bernal. (2013). *Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua* (Entrada de blog). Recuperado de: <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>