

Trabajo de Final de Grado  
Grado en ingeniería de tecnologías industriales

**EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE 2  
EVENTOS KAIZEN ENFOCADOS A  
CALIDAD Y PRODUCCIÓN**

**MEMORIA**

**Autor:** David Cisa Vidosa  
**Director:** Javier Tort-Martorell Llabres  
**Convocatoria:** Junio de 2017



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



## Resumen

Este proyecto pretende analizar 2 eventos kaizen que se realizaron en la empresa de Thermo King – Ingersoll Rand en Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). Los eventos kaizen son unos eventos de ejecución rápida que tratan de implantar mejoras en la planta de fabricación mediante técnicas del lean manufacturing.

En primer lugar, se hará una introducción al concepto del lean manufacturing, explicando varias herramientas que se usan para implantar mejoras en la industria como puede ser el método de las 5S o el value stream mapping.

Seguidamente, se explicará la situación de la planta de fabricación en Sant Feliu de Llobregat. Después, se definirán los diferentes tipos de evento que maneja la empresa para mejorar en diferentes aspectos cómo producción, calidad o marketing. Haciendo especial hincapié en el evento kaizen, el cual nos ceñiremos en este trabajo.

Luego, se analizarán dos eventos kaizen. Uno se centrará en ejecutar un SMED en la máquina que genera tubos para la fábrica. El otro se enfocará en mejorar la zona del test de máquina. Para analizar dichos eventos se procederá a analizar la situación antes del evento, pues se explicará las razones por las cuales era necesario ejecutar estos eventos y luego se procederá a explicar que mejoras se han implementado y porque se han escogido estas mejoras.

Por último, se ha hecho un análisis de la viabilidad económica, remarcando los costes que han supuesto los eventos y el tiempo que se necesitará para amortizarlos. En el último apartado se podrá observar las conclusiones que he sacado de mi experiencia analizando estos eventos kaizen.



## Sumario

<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>SUMARIO</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>10</b>
<b>1. GLOSARIO</b>	<b>13</b>
1.1. Términos.....	13
1.2. Acrónimos.....	14
<b>2. PREFACIO</b>	<b>17</b>
2.1. Origen del proyecto .....	17
2.2. Requerimientos previos.....	17
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
3.1. Objetivos del proyecto .....	19
3.2. Alcance del proyecto .....	19
<b>4. INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING</b>	<b>21</b>
4.1. Sistema de producción de Toyota (TPS, Toyota Production System ).....	21
4.2. Herramientas e implementación del lean.....	23
4.3. Mapa del flujo de valor (VSM) y mapa del flujo de valor extendido (EVSM).....	27
4.4. Método de las 5S.....	31
4.5. Sistema de gestión visual.....	33
<b>5. SITUACIÓN DE LA FÁBRICA</b>	<b>35</b>
5.1. Objetivos para el 2017.....	35
5.2. Análisis VSM para mejorar en calidad, producción y en ventas .....	36
<b>6. ACTIVIDADES DE MEJORA</b>	<b>38</b>
6.1. Método de trabajo A3 .....	38
6.2. Evento kaizen .....	40
6.3. Proyecto.....	42
6.4. JDI.....	43
<b>7. ANÁLISIS EVENTO KAIZEN SMED</b>	<b>44</b>
7.1. Introducción al concepto SMED .....	44

7.2.	Porque se decide hacer un SMED .....	45
7.3.	Previo al SMED .....	46
7.4.	Ejecución del SMED .....	48
7.4.1.	Situación actual y objetivos.....	48
7.4.2.	Análisis del estado actual .....	49
7.4.3.	Soluciones rápidas y primeros experimentos .....	51
7.4.4.	Soluciones ejecutadas durante la etapa de seguimiento.....	58
7.4.5.	Mejoras propuestas fuera del alcance del SMED.....	60
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS EVENTO KAIZEN ZONA DE TEST</b> .....	<b>63</b>
8.1.	Porque se hizo este evento.....	63
8.2.	Previo al evento.....	64
8.2.1.	AMFE (análisis modal de fallos y efectos) y número RPN (risk priority number).....	65
8.3.	Ejecución del evento .....	68
8.3.1.	Situación actual y objetivos.....	68
8.3.2.	Soluciones rápidas y primeros experimentos .....	73
8.3.3.	Soluciones ejecutadas durante la etapa de seguimiento.....	76
8.3.4.	Mejoras fuera del evento .....	77
<b>9.</b>	<b>VALORACIÓN ECONÓMICA</b> .....	<b>80</b>
9.1.	Análisis económico SMED .....	80
9.1.1.	Costes.....	80
9.1.2.	Beneficios y amortización .....	82
9.2.	Análisis económico evento kaizen zona de test .....	83
9.2.1.	Costes.....	83
9.2.2.	Beneficios y amortización .....	84
<b>10.</b>	<b>IMPACTO SOBRE EL ENTORNO</b> .....	<b>86</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>87</b>
	<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>88</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>89</b>
	Referencias bibliográficas .....	89
	Bibliografía complementaria .....	90
	<b>ANEXO A</b> .....	<b>91</b>
	<b>ANEXO B</b> .....	<b>94</b>
	<b>ANEXO C</b> .....	<b>96</b>

**ANEXO D** \_\_\_\_\_ **97**

**ANEXO F** \_\_\_\_\_ **98**



## Índice de figuras

Fig. 1 Casa TPS.....	22
Fig. 2 Los 7 desperdicios identificados por Taiichi Ohno.....	24
Fig. 3 Círculo de aspectos a seguir para hacer un buen uso de las técnicas lean según el Lean Enterprise Institute .....	26
Fig. 4 Conceptos que apoyan y oponen resistencia para implementar mejoras lean.....	27
Fig. 5 Ejemplo de VSM Fuente: <a href="http://www.leansolutions.es/esp/">http://www.leansolutions.es/esp/</a> .....	29
Fig. 6 Diagrama del análisis de un VSM según Rother and Shook (1999) y Womack and Jones (2002) .....	30
Fig. 7 A3 del SMED que analizaremos en el apartado 7 .....	39
Fig. 8 Fundamentos de los eventos kaizen Fuente: <i>Incremente la Productividad de su empresa aplicando Eventos kaizen</i> .....	41
Fig. 9 Diagrama de espina de Ishikawa enfocado a la máquina de tubos.....	50
Fig. 10 Zona de la bobinadora .....	51
Fig. 11 Zona de rodamientos .....	52
Fig. 12 Zona de corte.....	52
Fig. 13 Esquema de la zona de la máquina de tubos antes del SMED.....	53
Fig. 14 útil para centrar la bobina en la bobinadora.....	54
Fig. 15 carro que se implementó durante el SMED para transportar las bobinas .....	54
Fig. 16 esquema de la zona de tubos después del SMED .....	55
Fig. 17 espuma donde cada pieza de la máquina tiene su sitio .....	56
Fig. 18 bandeja donde se guardan las espumas con el color de su diámetro correspondiente .....	56
Fig. 19 Carro de la zona de rodamientos donde se guardan las bandejas .....	57



Fig. 20 marcas en el suelo que delimitan la zona del carro .....	57
Fig. 21 Carro zona de corte .....	57
Fig. 22 barrera fotoeléctrica .....	61
Fig. 23 cajas que recogen los tubos .....	62
Fig. 24 zona de test donde se cargan los parámetros y se comprueban los consumos .....	70
Fig. 25 operario intentado encontrar fugas en la máquina .....	70
Fig. 26 histograma sobre los DPPM de ICQ del segundo semestre del 2016.....	72
Fig. 27 Disminución de las tolerancias.....	75
Fig. 28 Ordenador que se está quedando obsoleto.....	78

## Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas Lean (adaptación de la visión de Pettersen, 2008) .....	25
Tabla 2 Preguntas necesarias para construir el mapa de valor del estado futuro según Rother y Shook (1999).....	31
Tabla 3 Ejemplos de sistemas de gestión visual .....	34
Tabla 4 Tabla de métricos SMED .....	49
Tabla 5 medida de los diámetros según su color .....	58
Tabla 6 lista de faenas con las tareas por cumplir durante la etapa de seguimiento del evento kaizen.....	60
Tabla 7 criterios para valor la severidad. (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004) .....	66
Tabla 8 criterios para valor la frecuencia, (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004).....	66
Tabla 9 criterios para valor la detectabilidad.(Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004) .....	67
Tabla 10 extracto fichas de test familias B100,V100/200/300 y V400/500/600 Fuente: documentación de la empresa.....	71
Tabla 11 Rango de tolerancias .....	76
Tabla 12 Coste del material de ejecución del SMED.....	80
Tabla 13 Costes del material en la etapa de seguimiento del SMED .....	81
Tabla 14 Costes en salarios de trabajadores .....	82
Tabla 15 diferencias de tiempos de cambio antes y después del SMED .....	82
Tabla 16 Costes de material evento kaizen zona test .....	83
Tabla 17 Costes en salario para la ejecución del evento kaizen zona test.....	84





# 1. Glosario

## 1.1. Términos

**Sensei:** término que se utiliza en la cultura lean para denominar a un maestro de esta cultura, alguien que puede enseñar las técnicas lean a otras personas.

**Lean Coach:** tiene el mismo significado que Sensei pero es más utilizada en el argot internacional.

**Six Sigma:** es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

**7 herramientas de Ishikawa:** es una denominación dada a un conjunto fijo de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad

**Lean manufacturing:** es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios.

**Heijunka:** término japonés que designa el alisamiento del programa de producción por el volumen y el mix de productos fabricados durante un tiempo dado. Permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción.

**Kanban:** es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica, como entre distintas empresas.

**Jidoka:** término japonés que significa 'automatización con un toque humano'. Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad.

**Andon:** sistema utilizado para alertar de problemas en un proceso de producción

**Sistema de pull:** los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.

**Takt time:** Cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda

del cliente.

**Poka yoke:** es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema. Por ejemplo, el conector de un USB es un poka-yoke, puesto que no permite conectarlo al revés.

**Diagrama de Pareto:** consiste en un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con una curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso.

**Sponsor:** Persona que da recursos para que se puedan realizar las actividades de mejora en la fábrica, básicamente proporciona el capital para realizar las mejoras. Suele ser el director de la planta de Thermo King en Sant Feliu de Llobregat.

**Visual management:** gestión visual, es una técnica lean que se basa en utilizar colores y formas para que sea más fácil no equivocarse en los procesos.

**Diagrama de espagueti:** representación de cómo es el movimiento de los operarios dentro de su puesto de trabajo.

## 1.2. Acrónimos

**RIE** ( Rapid Improvement Execution): nombre que le han puesto los dirigentes de la empresa a los eventos kaizen.

**SMED** (Single Minute Exchange Die): método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta de un solo dígito de minutos.

**TPS** (Toyota Production System) : Sistema de Producción de Toyota. Es el nombre original del Lean Management o Lean Manufacturing.

**VSM** (Value Stream Mapping): herramienta utilizada en Lean manufacturing para analizar los flujos de materiales e información que se requieren para poner a disposición del cliente un producto o servicio.

**EVSM** (Extended Value Stream Mapping): la misma herramienta que el value stream mapping pero más detallado en algunas fases.

**JDI** (just do it): proyecto de corta duración el cual su solución es conocida pues no hace falta un gran estudio para llevar el proyecto a cabo. Suele tener una duración de pocas

semanas.

**AMFE** (Análisis Modal de Fallos y Efectos) : procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

**RPN** (Risk Priority Number): Número que se obtiene de la multiplicación de las 3 secciones del AMFE: severidad, frecuencia y detección.

**DPPM** (Defects Parts Per Million): medida de porcentaje que se suele utilizar en las industrias para obtener el ratio de defectos por envío.

**LPCO** (Low Pressure Cut-Out): alarma en la máquina de Thermo King por baja presión.

**HPCO** (High Pressure Cut-Out): alarma en la máquina de Thermo King por alta presión.





## 2. Prefacio

### 2.1. Origen del proyecto

La idea de empezar un proyecto relacionado con la cultura del Lean empieza cuando entro a trabajar en calidad de prácticas en la fábrica de Thermo King - Ingersoll Rand de Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). Al entrar a trabajar en la fábrica me colocan en el departamento de Operational Excellence, allí conozco al que será mi tutor en la empresa, Ramón Serra. Él ya tiene muchos años de experiencia haciendo de sensei o lean coach en diferentes empresas y me transmite su pasión por la mejora continua, concepto esencial para entender la cultura del lean. Cuando veo por vez primera la fábrica de Sant Feliu de Llobregat me parece una fábrica donde se trabaja con rigor, bien estructurada y limpia. Pues al cabo de unos meses de formación veo que se pueden efectuar muchas mejoras en esta.

Producto de mi curiosidad, mi tutor en la empresa me involucra en la ejecución de 2 eventos kaizen o RIE como le llaman en Ingersoll Rand. Me apasionó ver la cantidad de mejoras que realizamos en tan pocos días y con tan pocos recursos por lo cual decidí enfocar mi trabajo de final de grado hacia esos 2 eventos kaizen.

### 2.2. Requerimientos previos

Realmente durante el grado en ingeniería de tecnologías industriales en la ETSEIB casi no había oído nada relacionado con la filosofía del Lean, solo en 2 asignaturas y muy fugazmente. En mi etapa de intercambio en Lisboa empiezo a entender un poco más la filosofía del lean manufacturing.

Durante el grado en ingeniería de tecnologías industriales en la ETSEIB cursó dos asignaturas en las cuales mencionan algunos aspectos relacionados con el lean manufacturing. La primera, técnicas estadísticas para la calidad; a pesar de que esta asignatura se enfoca más en la metodología Six Sigma he aplicado algún concepto que aprendí en este curso durante el trabajo. Concretamente he utilizado algunas de las 7 herramientas de Ishikawa. Estas herramientas pueden ser útiles cuando se esta implementando alguna actividad de mejora, por ejemplo un SMED. La segunda, organización y gestión; la cual tampoco se enfocaba en el lean manufacturing pero estudiamos el concepto del Just in time, el cual es uno de los pilares en los que se desarrolla el lean manufacturing.

Durante mi formación el Instituto Superior Técnico de Lisboa atiendo en el curso de warehouse management, viene a ser gestión del almacén. En esa asignatura empiezo a familiarizarme con el concepto de tarjetas Kanban y 5S que después serán útiles para realizar el proyecto.

Por último, la mayor formación que he recibido ha sido práctica. Ya que he estado haciendo unas prácticas en una empresa del sector de refrigeración en el departamento de OPEX (OPERational EXcellence), en este departamento se organizaban todas las actividades de mejora de la empresa. Allí he empezado a comprender la filosofía del lean manufacturing gracias a la formación que me ha proporcionado mi tutor en la empresa.

## 3. Introducción

### 3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este trabajo es ayudar a mejorar a la fábrica de Ingersoll Rand de Sant Feliu de Llobregat tanto en calidad como en productividad. Por ello se hizo un análisis del flujo de valor de la fábrica mediante un mapa llamado value stream mapping (VSM). En este diagrama se pueden observar los flujos de valor de la planta. Luego se analizó el mapa en un evento aparte. En dicho evento había personal de todos los departamentos de la fábrica: recursos humanos, productividad, calidad, logística, marketing y ingeniería; enfocada tanto en diseño de las máquinas cómo en diseño de útiles y otras herramientas para la fabricación de las máquinas. Gracias al análisis se ve donde se encuentran los cuellos de botella de la fábrica. Por otra parte, los informes que llegan desde la sede europea de la empresa nos informan que llegan demasiadas reclamaciones de los clientes relacionados con la calidad de los productos, se estropean rápido o solo al llegar el producto ya está averiado.

El verdadero objetivo del análisis del mapa de valor era hacer una planificación de actividades enfocadas a la mejora de la fábrica de Sant Feliu de Llobregat. Concretamente se estuvo 1 semana trabajando a tiempo completo por parte de todas las personas que participaban en el análisis. Después del análisis se planificaron todas las actividades que se harían durante el 2017. La empresa trabaja con 3 actividades diferentes para implementar mejoras: El proyecto de larga duración, el just do it y el evento kaizen (en la empresa le llaman RIE).

La idea de este trabajo es poder implantar 2 eventos kaizen. Uno estará enfocado a mejorar toda la zona donde se prueban las máquinas antes de ser enviadas al cliente (zona de test). Puesto que ahora mismo se sabe que los test tienen unas tolerancias demasiado elevadas y no es del todo efectivo. El otro se enfocará en la implementación de un SMED (Single Minute Exchange Die) en la nueva máquina de tubos que hay en la fábrica.

### 3.2. Alcance del proyecto

Como ya se ha comentado en el apartado anterior el alcance del proyecto solo se limitará a la ejecución de 2 eventos kaizen. A pesar de esto, durante el análisis del mapa de valor en la fábrica se propuso realizar durante todo el año 14 eventos kaizen, 14 proyectos y 5 just do it para buscar reducir la defectuosidad en las máquinas y un incrementar la

productividad

## 4. Introducción al Lean manufacturing

El termino Lean apareció por vez primera en el libro *The Machine that Changed the World* (Womack et al., 1990). Womack et al. (1990) Esta publicación también destacó por los logros conseguidos aplicando las técnicas y principios de la filosofía del lean, comparados con la filosofía de producción tradicional.

Los principios del lean sostienen que sólo una pequeña porción del tiempo de producción y entrega al cliente y los esfuerzos necesarios para procesar un producto agregan valor al cliente final (Melton, 2005). La manera de pensar en el lean empieza con el cliente y en el concepto de valor (Melton, 2005). El valor se determina con la calidad, el precio y el tiempo de entrega. El valor que tu añades al producto es el que el cliente está dispuesto a pagar (Rother and Shook, 1999). Además, el principal objetivo de la cultura lean es reducir las pérdidas y las acciones que no aportan valor al producto para poder reaccionar mejor a las necesidades del cliente y mejorar en el proceso de actuación. En el siguiente apartado se tratará sobre los principios del *Toyota Production System* (TPS) como modelo de referencia para observar que hay una metodología muy bien estructura detrás de la filosofía del lean.

### 4.1. Sistema de producción de Toyota (TPS, Toyota Production System )

La filosofía del lean fue desarrollada en Toyota por Eji Toyoda y Taiichi Ohno, como resultado de la escasez de recursos propiciada por la postguerra de la Segunda Guerra Mundial. Por este motivo apareció el Toyota Production System (Abdulmalek and Rajgopal, 2007).

Los fundamentos del TPS se construyen sobre la estabilidad del proceso de flujo de valor (value stream process). La estabilidad se define como “la capacidad de crear resultados consistentes durante el paso de los años” (Liker and Meier, 2004, the Toyota way p.78); mientras la inestabilidad se define como la variabilidad en el sistema de producción. El objetivo principal de la estabilidad es ver las oportunidades reales para mejorar (Liker and Meier 2004). La estabilidad se puede implementar mediante la estandarización, la cual asegura que el trabajo se está haciendo de una manera específica. Al contrario, en el TPS, los estándares son entidades dinámicas las cuales están sujetas a mejora, estas mejoras se ejecutan mediante los eventos *kaizen* (Ramos, 2010).

Como se puede ver en la Fig. 1 de abajo, el TPS está sujeto por dos grandes pilares: el *Just in time* y el *Jidoka*. En los siguientes párrafos introduciremos estos conceptos.

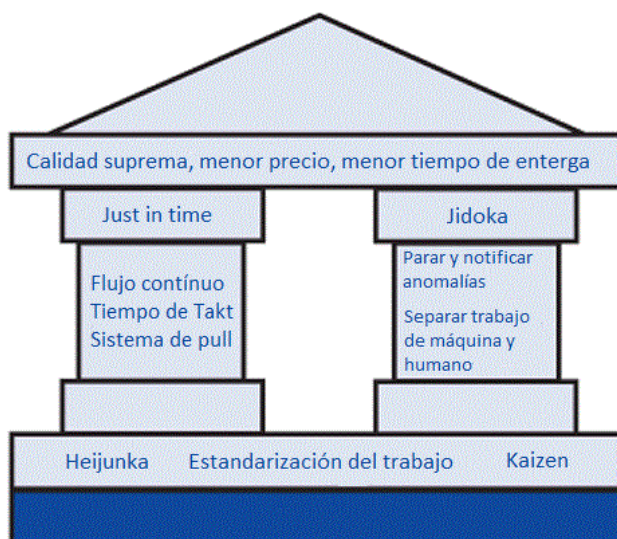


Fig. 1 Casa TPS

El concepto de *just in time* se basa en la premisa de que solo se produce un producto cuando hay un pedido de este. La idea surge de la reposición de los supermercados, cuando un producto está por debajo de su valor habitual de stock inmediatamente se envía una orden para reponer este producto (Ramos, 2010). Este concepto se lleva a cabo aplicando técnicas como: la nivelación de la producción (*Heijunka*) la cual evita que haya picos o bajadas muy pronunciadas en la producción (Hüttmeir et al., 2006); o el sistema de tarjetas *Kanban* que se encarga de crear el flujo de información (Baykoq e Erol, 1998).

*Jidoka* (máquinas inteligentes) es el segundo pilar de la casa TPS. *Jidoka* hace referencia a la habilidad de la máquina para detectar problemas y la capacidad de pararse ella misma para reducir las pérdidas. *Andon* es uno de los elementos imprescindibles cuando hablamos del método *jidoka*. *Andon* es una herramienta visual que notifica si tenemos problemas de calidad o de mantenimiento u otros trabajos (Liker and Meier, 2004).

El TPS es más que un conjunto de técnicas, bajo estas técnicas podemos encontrar una cultura que Liker and Meier (2004, *The Toyota Way* p.48) describen como: "Se trata de cómo te comportas todos los días ... y lo que aprendes". Dennis (2007), soportado por (Ramos, 2010) sugiere que la gente con su creatividad y su compromiso consiguen la motivación necesaria para levantar el *lean manufacturing*.

Todos estos procedimientos y conceptos pueden ser clasificados en cuanto a su alcance y su área de enfoque. En el siguiente apartado se hará una clasificación de estos conceptos y se explicarán los pasos a seguir para implementar estas técnicas.

## 4.2. Herramientas e implementación del lean

La cultura del lean se ha implementado en varios negocios con el objetivo de ser más competitivos en el mercado (Abdulmalek and Rajgopal, 2007). La producción basada en el lean integra una gran variedad de actividades de gestión, estas actividades pretenden crear un sistema simplificado; un sistema de gran calidad el cual produce productos a un ritmo igual que la demanda del cliente con casi 0 pérdidas (Shan and Ward, 2003). Las pérdidas se definen como todas las actividades y procesos que no aportan ningún valor al cliente final (Melton, 2005). Para identificar que las actividades y procesos aportan valor es necesario adoptar la posición del cliente, luego nos hemos de preguntar si el cliente pagaría menos por un producto o quedaría menos satisfecho si se quitase un proceso de la cadena de producción (Womack and Jones, 2002). Taiichi Ohno, (1988), el exjefe de ingeniería de Toyota, identificó 7 tipos de desperdicios o pérdidas en el VSM (figura):

- Sobreproducción: empezar a fabricar antes que haya llegado la orden de producción.
- Inventario: más productos de los que necesarios en el almacén, sobran productos para satisfacer las necesidades del cliente.
- Defectos: errores durante el proceso de fabricación o en el envío del producto.
- Proceso: actividades que no aportan valor al producto final que hacen que el proceso no sea óptimo
- Espera: falta de materiales cuando se está produciendo el producto o personas paradas ya que no les llega el producto para añadirle valor.
- Movimiento: demasiado movimiento de recursos, información y decisiones; las cuales alargan el proceso de producción.
- Transporte: transportes entre instalaciones que no añaden valor al producto final.



Fig. 2 Los 7 desperdicios identificados por Taiichi Ohno

Pettersen (2008) propone una clasificación entre los conceptos elementales del lean y sus actividades específicas.

Término general	Características específicas
Just in time	Producción por niveles (Heijunka)
	Sistema de pull (Kanban)
	Producción en Takt
	Sincronización del proceso
Reducción de recursos	Pequeños lotes de producción
	Eliminar las pérdidas
	Minimizar el tiempo de preparación
	Minimizar los tiempos muertos
	Reducir el inventario
Estrategias de mejora	Mejora continua (kaizen)
	Análisis causa raíz (5 porqués)
Control de defectos	Automatización (Jidoka)



	Prevención del fallo (poka yoke)
	Inspección al 100%
	Parar la línea de producción
Estandarización	Mantenimiento (5s)
	Estandarización del trabajo
Gestión de la cadena de abastecimiento	Mapa de valor / diagrama de flujo
	Involucración de proveedores

*Tabla 1 Técnicas Lean (adaptación de la visión de Pettersen, 2008)*

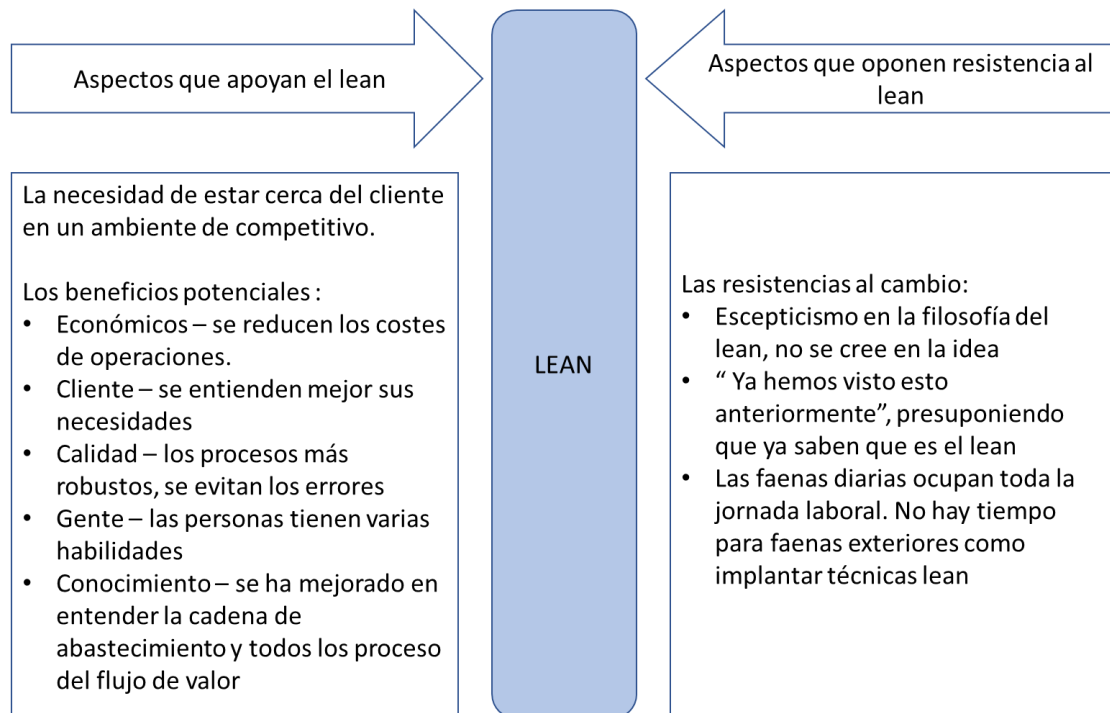
El objetivo de estas actividades es mejorar el sistema de producción, pero no todos los sistemas trabajan con los mismos estándares o está restringidos a los mismos factores. Por esta razón es importante entender que estas técnicas solamente son una mera guía y que cada sistema debe adaptarlas y personalizarlas para que sean de utilidad. No obstante, la implementación puede ser sistematizada; por ejemplo, el Lean Institute hizo una lista de los 5 aspectos principales para hacer un buen uso de las técnicas lean (Lean Enterprise Institute 2008):

- Identificar el valor desde el punto de vista del cliente.
- Definir el flujo de valor del producto, eliminar siempre que sea posible los procesos que no aportan valor al producto.
- Crear un flujo hacia el cliente para entregar el producto, cuando más sencillo sea el flujo mejor.
- Establecer un sistema para conseguir que las necesidades del cliente queden siempre cubiertas.
- Buscar la perfección, se intentará alcanzar la perfección siguiendo los pasos mencionados anteriormente hasta que no haya pérdidas.



*Fig. 3 Círculo de aspectos a seguir para hacer un buen uso de las técnicas lean según el Lean Enterprise Institute*

La implementación de las técnicas lean es un reto para cualquier organización, ya que no todo cambio es bienvenido y siempre se encontrará resistencia hacia él. A pesar de esto la efectividad y eficacia de sus resultados no inducen a la duda en el momento de aplicarlas (Melton, 2005). En la Fig. 4 se resumen las principales fuerzas motrices para adoptar un enfoque hacia los típicos problemas que surgen cuando se implementan las técnicas lean



*Fig. 4 Conceptos que apoyan y oponen resistencia para implementar mejoras lean*

Las técnicas lean se pueden aplicar en todos los puntos de la cadena de valor y se deben aplicar de tal forma que se obtenga el máximo beneficio de una forma sostenible (Melton, 2005). Este proceso intenta analizar los cuellos de botella en toda la cadena de valor para poder eliminar las pérdidas. Es necesario utilizar alguna de las herramientas lean para poder identificar, de una manera más sencilla, las pérdidas en todas las operaciones de la cadena de valor. Asimismo, el mapa del flujo de valor (VSM) ayudará a detectar las pérdidas.

### **4.3. Mapa del flujo de valor (VSM) y mapa del flujo de valor extendido (EVSM)**

El mapa del flujo de valor es un diagrama en que se colocan toda la colección de actividades por las que debe pasar el producto o productos finales, incluye tanto las actividades que aportan valor al producto y las que no aportan valor. Durante la realización de este mapa se describen los flujos principales por los que pasa el futuro producto. Empezando por la provisión de material (la cual recibimos de los proveedores) hasta el envío final al cliente (Rother and Shook, 1999). Estas acciones tienen en consideración 2 flujos principales: el flujo de información, el cual va del cliente hasta el proveedor, y el flujo de material, que va desde el proveedor hasta el cliente. Los dos flujos tienen la misma importancia en la cadena de valor porque el flujo de información regula el flujo de material.

Los dos flujos crean un círculo cerrado de oferta y demanda (Womack and Jones, 2002).

La cuestión que motiva todo el VSM es: “¿Cómo podemos hacer fluir la información para que un proceso haga sólo lo que el próximo proceso necesita cuando lo necesita?” (Rother and Shook, 1999, p.13). El último objetivo del VSM es identificar todos los tipos de pérdidas en la cadena de valor y empezar a programar actividades para eliminar estas pérdidas (Rother and Shook, 1999).

Muchos autores han estado aplicando la técnica del VSM para obtener procesos lean y para hacer más eficientes los procesos de fabricación. McDonald (et.al 2002) aplicó la técnica del VSM para encontrar soluciones al nuevo sistema de producción de un producto que controla la potencia de unos motores en la planta de del sudeste de EE.UU. Los datos fueron recopilados en las plantas de Industrial Motors y los motores que se fabricaban allí servían para abastecer máquinas con finalidades médicas, para maquinas que se lanzaban al espacio y para el departamento de defensa. Abdulmalek and Rajgopal (2007) presentaron un caso donde el VSM fue adaptado para crear un nuevo proceso para una aplicación concreta, una larga siderurgia, considerando las ideas lean. Al-Tahat (2010) usó un VSM para analizar y controlar el flujo de material e información a través del proceso de elaboración de patrones. Gracias al VSM se pudo documentar los métodos de producción y recopilar información para luego analizar los flujos de información e involucrados en el sistema. Más tarde, Dotoli et.al (2011) aplicó esta técnica para la mejora de las operaciones en una industria de fabricación de carretillas elevadoras. Con estos ejemplos de diferentes autores podemos comprobar que el VSM es una herramienta utilizada en todo tipo de campos.

Si bien el VSM es una herramienta cuyo alcance es principalmente a nivel de instalaciones. El mapa de valor del flujo extendido, EVSM, del inglés *Extended Value Stream Map*, es una herramienta la cual se centra en mejorar toda la cadena de abastecimiento. A pesar de eso, las dos herramientas se basan en los mismos principios y son complementarias. De hecho, Womack and Jones (2002) dijeron que el primer paso que se debe dar para implementar un EVSM es aplicar las técnicas aprendidas en un VSM, en cada instalación que pertenezca a la cadena de abastecimiento. Además, las dos técnicas se basan en conseguir un sistema de producción y distribución lean.

El EVSM y el VSM son dos herramientas muy gráficas, para diseñarlas es necesario dibujar un diagrama de flujo en el cual hay diferentes símbolos que ya están estandarizados, en el anexo 1 hay unas tablas con los símbolos más utilizados. En el EVSM, es típico encontrar recuadros con datos, estos datos se pueden referir a varios aspectos: información de inventario, horas y días de trabajo, porcentaje de defectos, distancias y medidas de lotes. Toda esta información se podrá ver expresada con más claridad en la Fig. 5. A parte de todos estos recuadros, bajo el dibujo, podemos observar una línea temporal. Esta línea

expresa la acumulación de tiempos de acciones que aportan valor al producto y acciones que no aportan valor, también podemos observar la suma de tiempos muertos. Esta herramienta ha creado un lenguaje en el proceso de producción, provocando que se vean rápidamente los puntos en que se pueden ejecutar grandes mejoras (McDonald et.al, 2002). Ramesh (2008) dijo que este diagrama tan visual ayuda a implementar todas las técnicas lean ya que se pueden ver rápidamente las acciones donde hay valor añadido en el producto final, por lo cual también es fácil encontrar las que no aportan valor añadido para después eliminarlas. En el VSM también podemos observar la relación que hay entre el flujo de información y el flujo de material (Rother and Shook, 1999).

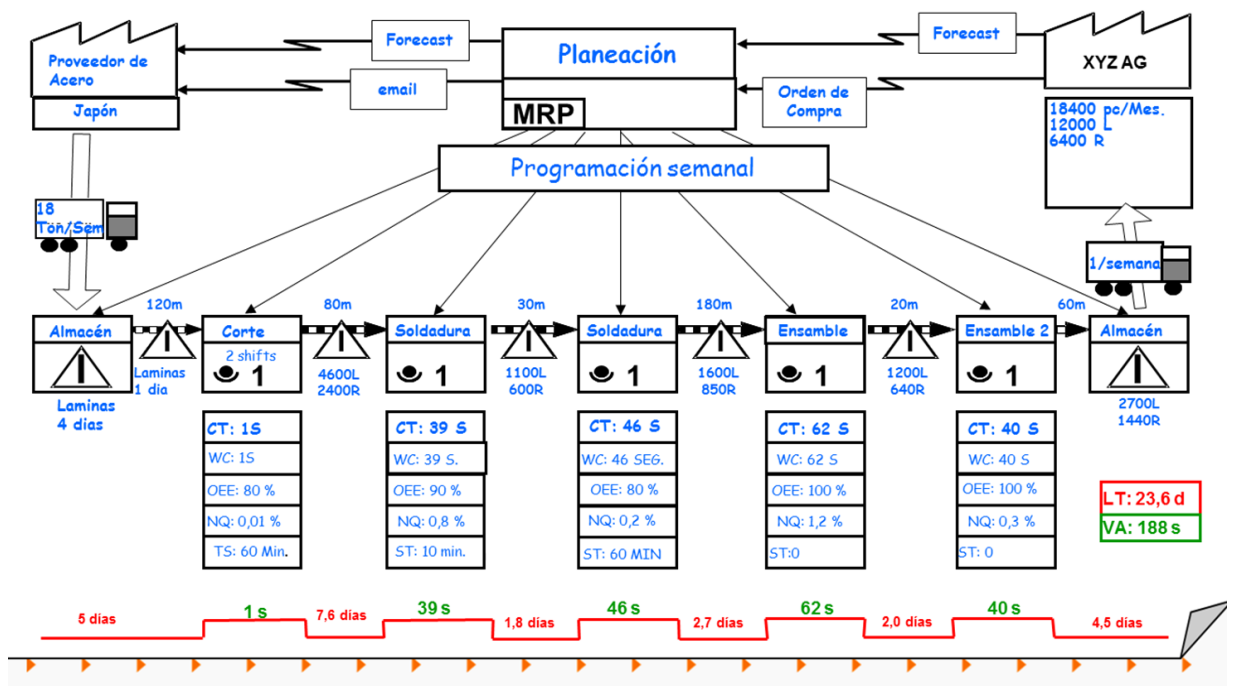


Fig. 5 Ejemplo de VSM Fuente: <http://www.leansolutions.es/esp/>

El principal objetivo del EVSM y del VSM es diseñar un nuevo mapa de valor que reduzca al máximo las pérdidas, un mapa del estado futuro que en el cual se intenta minimizar las pérdidas. Rother and Shook (1999) y Womack and Jones (2002) definieron unos pasos para hacer un análisis del EVSM y el VSM basada en 3 sencillos pasos presentados a continuación:

- Paso 1: Identificar las familias de productos relevantes y seleccionar cuales de ellas van a ser estudiadas más a fondo.
- Paso 2: Dibujar un mapa de valor en la situación actual del producto seleccionado. Se utilizará la información recogida de actual proceso de producción.

- Paso 3: Dibujar el mapa de valor del estado futuro, como queremos que sea nuestro nuevo mapa el cual tiene que reducir las pérdidas al máximo.

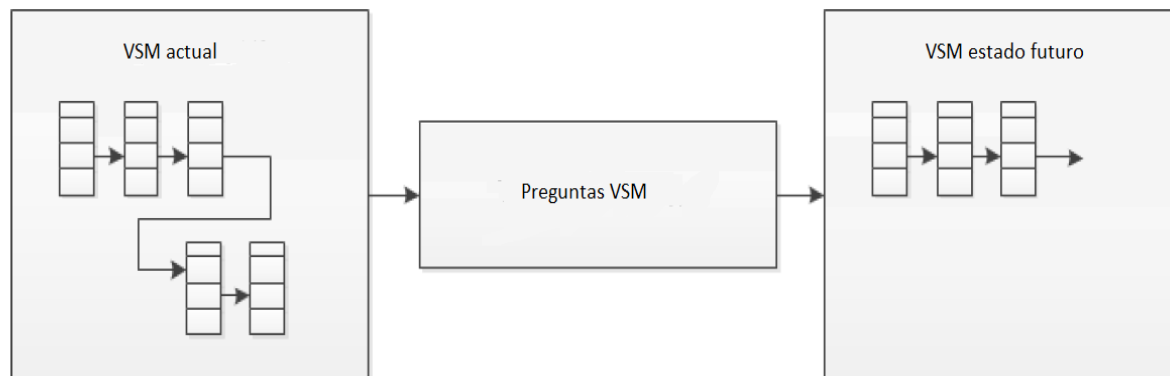


Fig. 6 Diagrama del análisis de un VSM según Rother and Shook (1999) y Womack and Jones (2002)

Womack y Jones (2002) identificaron seis características, las cuales se deben completar para construir un flujo de valor en la cultura lean.

- Producir cerca del posible consumidor
- Tener un inventario muy pequeño
- Minimizar la distancia de transporte entre las diferentes estaciones de producción.
- Minimizar el proceso de información, con una señal pura y sin ruidos en el flujo de información.
- Minimizar los tiempos muertos
- Los cambios introducidos para conseguir un flujo más fluido: eliminar inventario, eliminar exceso de transporte, eliminar tiempos muerto. Deben suponer un coste mínimo cercano a 0.

Rother y Shook (1999) identificaron 8 preguntas que deben ser resueltas para construir el nuevo mapa de valor, estas preguntas se encuentran en la Tabla 2. Cinco preguntas hacen referencia a los fundamentos básicos relacionados con la construcción del nuevo mapa, las dos siguientes hacen referencia a implementaciones de carácter más técnico como el sistema de producción por niveles, *heijunka*, mientras que la última pregunta se refiere a las acciones de mejora (*kaizen*) necesarias para pasar del estado actual al estado futuro

que se ha planteado. En la Tabla 2 se puede observar las ocho preguntas.

<b>Preguntas del estado futuro</b>	
Básicas	¿Cuál es nuestro <i>takt</i> ?
	¿Se construirá un supermercado desde el cual el cliente puede tirar de la demanda directamente?
	¿Dónde se puede implantar un flujo continuo de proceso?
	¿Dónde se deberá implantar un sistema de supermercado de <i>pull</i> ?
	¿En qué punto de la cadena de producción se planificará la producción?
Heijunka	¿Cómo se organizarán los niveles en base a una producción mixta?
	¿Qué cantidad de trabajo se está considerando liberar?
Kaizen	¿Qué acciones serán necesarias para la mejora?

Tabla 2 Preguntas necesarias para construir el mapa de valor del estado futuro según Rother y Shook (1999)

Aunque este procedimiento sirve para diseñar el mapa de valor de nuestro estado futuro, nunca es un proceso recto y fácil. Muchas veces, algunas compañías no están preparadas para avanzar porque las preguntas realizadas para construir el nuevo mapa del estado futuro son demasiado subjetivas y es muy difícil identificar las pérdidas. Por esto es recomendable tener otra herramienta para ir avanzando en el proceso. Al principio, McDonald et al. (2002) y luego Abdulmalek y Rajgopal (2007) se centraron para atacar este problema. Implementaron una herramienta de simulación la cual optimizaba el proceso para construir nuestro VSM del estado futuro.

#### 4.4. Método de las 5S

La herramienta de las 5S se basa principalmente en la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen la herramienta y cuya fonética

empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener. También cuadran con su traducción al inglés, siguiendo el orden anterior quedarán como: Sort, Set, Shine, Standarize and Sustain

Los principios de las 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ningún conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional. La implantación de las 5S sigue normalmente un proceso de cinco pasos cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. La dirección de la empresa ha de estar convencida de que las 5S suponen una inversión de tiempo por parte de los operarios y la aparición de unas actividades que deberán mantenerse en el tiempo. Los hábitos de comportamiento que se consiguen con las 5S lograrán que las demás técnicas Lean se implanten con mayor facilidad. El principio de las 5S puede ser utilizado para romper con los viejos procedimientos existentes y adoptar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de la calidad y de los objetivos generales de la organización. Es por esto que es de suma importancia la aplicación de la estrategia de las 5S como inicio del camino hacia una cultura Lean. ( ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL, 2013)

**Seiri** (clasificar): Significa el orden y la clasificación de los objetos en la zona de trabajo. En el lugar de trabajo todos los elementos que no son indispensables para las operaciones de producción de un producto o la prestación de un servicio deben ser eliminados.

Generalmente las personas se rodean de objetos innecesarios (Herramientas, maquinas, equipos, documentos) que creen que serán útiles algún día, de esta manera los objetos tienden a acumularse y estorbar en las actividades que agregan valor al producto.

**Seiton** (ordenar): se trata de ordenar siguiendo el principio de que "hay un lugar para cada cosa y cada cosa tiene su lugar". Ordenando los elementos se facilita la búsqueda, la utilización y la reposición. Se pueden utilizar, por ejemplo, marcas en el suelo para los distintos elementos y actividades.

**Seiso** (limpiar): Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Asegurando que los puestos de trabajo se encuentren siempre en perfecto estado de modo que cuando alguien necesite utilizar un objeto esté listo para su uso.

**Seiketsu** (estandarizar): Esta etapa se define como el mantenimiento de las 3 anteriores (clasificar, ordenar y limpiar). Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un



determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. También ayudará a su sistematización para que sea más sencillo poder aplicar las anteriores etapas.

**Shitsuke** (mantener): Shitsuke se puede entender como disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los estándares y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S.

En el anexo B hay un ejemplo de una auditoría de las 5S.

## 4.5. Sistema de gestión visual

El sistema de gestión visual es una técnica empleada en muchos lugares y contextos donde se realiza el control de una actividad o proceso sea más fácil o más eficaz mediante el uso deliberado de las señales visuales. Estas señales pueden ser de muchas formas, desde los diferentes colores de las tarjetas Kanban hasta sombras en los tabloneros donde se colocan las herramientas y muchos más.

El control visual se comunica de manera muy eficaz, pues la información necesaria para la toma de decisiones llega de una forma muy clara y precisa. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. El control visual incluye muchos métodos de aplicación, cada uno adecuado a diferentes objetivos o problemas de gestión. En la tabla 3 se expone un resumen de las diferentes técnicas de control visual que pueden darse en una planta industrial. No hay razón para implantar todo lo que aparece en el esquema, sino que hay que aplicar aquellas medidas que mejor se adapten a las particularidades del sistema, de las personas, y del estado de evolución de la empresa hacia la cultura Lean.

<b>Gestión visual de espacios y equipos</b>
Identificación de espacios y equipos
Marcas en el suelo
Áreas de comunicación y descanso
Información y instrucciones
<b>Control visual de producción</b>
Programa de producción
Programa de mantenimiento

Identificación de stocks
Identificación de reprocesos
<b>Control visual de calidad</b>
Señales monitorizando las máquinas
Registro de problemas
<b>Gestión de indicadores</b>
Objetivos y resultados
Actividades de mejora
Proyectos en marcha
Sugerencias de los empleados

*Tabla 3 Ejemplos de sistemas de gestión visual*

## 5. Situación de la fábrica

La fábrica en que se realizarán los eventos kaizen es la planta de Thermo King de Sant Feliu de Llobregat, donde he estado haciendo unas prácticas durante 6 meses como he explicado anteriormente en el prefacio y la introducción, desde el noviembre de 2016 hasta el abril de 2017. En esta fábrica se producen bombas de calor para que luego sean instaladas en los camiones de carga. Yo estuve trabajando en el departamento de Operational Excellence, que se encarga de planificar y hacer mejoras en la fábrica mediante las técnicas lean. Como su nombre indica se busca la excelencia en todas las operaciones de la fábrica.

Cuando yo llegué a la fábrica me encontré que mi tutor ya había hecho el VSM del estado actual de la fábrica de Sant Feliu, pero todavía le faltaba hacer el análisis de este VSM, para implantar las mejoras necesarias, y diseñar el VSM del estado futuro.

La idea de hacer un VSM surge por necesidad. Al ser una corporación internacional hay muchas faenas que se externalizan fuera de la fábrica. Una de ellas es averiguar la situación actual de la fábrica tanto en producción, como calidad y entregas al cliente. Cuando llegan los resultados del segundo trimestre del 2016 se observa que claramente la fábrica tiene un problema de calidad. Hay una cantidad de reclamaciones por producto defectuoso demasiado elevado el cual está haciendo perder mucho dinero a la corporación. Además, la corporación avisa que se prevé un aumento en la demanda de cliente para el año 2017 y nuestras instalaciones están yendo al 100%, pues se tendrán que realizar varios cambios para conseguir más productividad para satisfacer las necesidades del cliente. Entonces mi superior, el responsable del departamento de Operational Excellence de la fábrica de Sant Feliu de Llobregat, decide hacer un VSM para averiguar dónde están los cuellos de botella de la fábrica para aumentar la productividad y analizar todos los procesos de la fábrica para luego poder crear unos productos más fiables.

### 5.1. Objetivos para el 2017

Antes de empezar con los objetivos del 2017 es interesante explicar los tipos de defectuosidad que maneja la empresa. Primero, la defectuosidad tipo A, este defecto se produce cuando la máquina al llegar al cliente falla desde el primer momento. No es posible arrancar la máquina. Después esta la defectuosidad tipo B, se ven defectos en la máquina durante los primeros 90 días de funcionamiento. Se suelen juntar los dos tipos de defectuosidad en uno, llamándolo ICQ. Por último, está la defectuosidad tipo C. La máquina experimenta problemas desde los 90 días hasta los 2 años.

Los objetivos de calidad para el 2017 son los siguientes:

- Reducir la defectuosidad tipo A en un 75%.
- Reducir la defectuosidad tipo B en un 50%.
- Reducir la defectuosidad tipo C en un 30%

En cuanto a la producción el objetivo es aumentarla en un 40% para conseguir satisfacer la demanda de productos.

## **5.2. Análisis VSM para mejorar en calidad, producción y en ventas**

Cuando ya se tenía preparado el VSM se preparó una reunión con representantes de todos los departamentos de la empresa. Tanto gente que trabaja en los departamento de logística, producción, ingeniería, ingeniería para la producción, marketing, calidad, recursos humanos y por supuesto de Operational Excellence estaban citados para acudir a dicha reunión la cual se distribuyó en 3 días.

Primeramente, se hizo una explicación de lo que era un VSM y los procesos que se habían detectado como cuellos de botella. Para luego con esta información intentar diseñar un calendario para las actividades del año 2017.

Cuando ya se tenía claro que procesos eran susceptibles de mejora se crearon tres grupos. Dos de estos grupos se centrarían en dar ideas de actividades relacionadas con la calidad y la producción, el otro grupo se centraría en las actividades relacionadas con el marketing. El VSM puede ser útil para aspectos de productividad y de logística pero no tanto por cuestiones de calidad y marketing ya que estas no se ven reflejadas en el mapa de flujo de valor. Pues para que surgieran ideas de actividades de calidad se dispuso de diferentes diagramas de Pareto, estos indicaban cual eran los componentes que más fallaban en las máquinas. Así los grupos sabían en que procesos o elementos de la máquina centrarse para crear actividades enfocadas a solucionar problemas de calidad. Para generar actividades de marketing se necesito la ayuda de dos personas que trabajan en el departamento de marketing pero que no trabajan habitualmente en la planta de Sant Feliu de Llobregat. Ellos nos explicaron que procesos no eran óptimos para la venta de máquinas y se debían mejorar. Aunque siempre se buscaba tener especialistas del ámbito en cada grupo también se intentó crear heterogeneidad. Pues era interesante que en cada grupo hubiera gente de diferentes departamento y posiciones en la empresa así se podía tener diferentes puntos de vista y opiniones.

En la empresa de Ingersoll Rand se utilizan tres actividades de mejora distintas: el evento kaizen, el proyecto y el just do it. En el siguiente apartado se definirán como funciona cada actividad y porque se usa una y no la otra.

Al final del análisis del VSM se programaron 8 eventos kaizen, 11 proyectos y 5 just do it que se repartieron durante los 12 meses del año 2017.

## 6. Actividades de mejora

En los próximos apartados se explicará las diferentes actividades de mejora que se hacen en la fábrica de Ingersoll Rand en Sant Feliu de Llobregat, también se explicará cómo se lleva a cabo la metodología A3. Esta metodología se sigue para implantar cualquier mejora en la fábrica ya sea un evento kaizen, un proyecto o un just do it.

### 6.1. Método de trabajo A3

La metodología para trabajar con actividades de mejora es útil para ser organizado y no olvidar ningún aspecto a tener cuenta. Por esto la metodología A3 se ha hecho tan famosa.

En ocasiones, para poder dar un punto de vista más objetivo a un problema que estamos tratando de resolver, necesitamos escribirlo. El simple hecho de plasmar el problema en un papel, nos puedes ayudar a pensar sobre la cuestión, quizás de diferente manera, y nos da la oportunidad de solucionar el problema de múltiples maneras.

Realizar la expresión escrita de un problema, también nos ofrece la oportunidad de documentar las soluciones y los diferentes pasos necesarios para resolverlo, con el objetivo de acabar compartiéndolo con los demás, para recibir también sus aportaciones y sus opiniones. Esa información compartida y esas aportaciones son las que más tarde nos permitirán construir soluciones.

Históricamente, el A3 era enseñado por el supervisor en las plantas de Toyota, casi de forma artesanal. La aproximación básica y sencilla en Toyota, era trabajar con los A3 a pie de planta, con una goma y un lápiz en un lado, y con una hoja de papel en el otro. Era su manera de documentar un proceso complicado de resolución de problemas, sin tener que utilizar montañas de datos y papeleo, o quizás actualmente utilizando una gran base de datos.

La idea cuando realizamos un A3 es resumir los aspectos necesarios y suficientes para resolver un problema, pero utilizando un enfoque más sencillo, tratando de abarcar toda aquella información que sea esencial, y que nos permita comunicar lo importante al resto de personas, esa parte central de la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Un A3 debe ser sencillo, fácil de leer, fácil de interpretar y capaz de ser leído en pocos minutos. Pero una de sus mayores virtudes, es que está preparado para ser usado como parte del proceso de resolución de problemas.

En la Fig. 7 se puede observar un ejemplo de una plantilla A3 ya completada, la imagen es un poco pequeña pues se añadirá el A3 en el anexo F para visualizarla con mayor detalle. Como se puede observar hay diferentes secciones. La sección en la parte superior se refiere a la información del A3, en ella podemos observar quien es el responsable de esta actividad de mejora, quien le facilita recursos para que pueda ejecutar esta actividad y quien es el experto en ejecución de estas actividades que la apoyará en todo momento. En la banda izquierda se puede ver los componentes que han ejecutado esta actividad de mejora y unos números que nos indican porque etapa vamos del A3. La parte que todavía no he mencionado sirve para escribir la información de cada etapa. El A3 se divide en 8 etapas o pasos:

Description:		Value Stream ID:		Site / Location:		Event Number:		Revision: 1																																																									
Sponsor:		Process Owner:		Facilitator:		Sensei:		TL:																																																									
Event Date: 17/02/2016 Current Date: 17/02/2016 Team Members:	<b>1 REASONS FOR ACTION</b> La misión fundamental para la transformación de VP - Truck es preparar la cadena de suministro para poder crecer en mercado. Para conseguirlo, el equipo debe reducir el tiempo de cambio de producción de tipo de tubo en un 50 % y mejorar la calidad hasta el 98% de piezas correctas para el Feb 2017. Scope: Nueva máquina de tubos		<b>4. GAP ANALYSIS</b> 				<b>7. COMPLETION PLAN</b> TO-DO LIST																																																										
	<b>2. INITIAL STATE</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Metric</th> <th>Current</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Change Over Time (min)</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>Scrap</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>		Metric	Current	Change Over Time (min)	109	Scrap	10%	<b>5. SOLUTION APPROACH</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cause/ Priority</th> <th>Solution</th> <th>Affecting</th> <th>Current State</th> <th>FS</th> <th>E</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>etiquetar las piezas de la máquina con diferentes colores según métrica y ordenarlas según métrica y parte de la máquina</td> <td>P</td> <td></td> <td>1 day</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>acercar las bobinas al punto de uso</td> <td>P,S</td> <td>pérdida de tiempo elevada y seguridad</td> <td>1 day</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>construcción de una carro con rodamientos a la misma altura que la bobinadora de la máquina para evitar utilizar la grúa</td> <td>P,S</td> <td></td> <td>7 days</td> <td>Δ</td> <td>Δ</td> </tr> </tbody> </table>				Cause/ Priority	Solution	Affecting	Current State	FS	E	C	1	etiquetar las piezas de la máquina con diferentes colores según métrica y ordenarlas según métrica y parte de la máquina	P		1 day	0	0		acercar las bobinas al punto de uso	P,S	pérdida de tiempo elevada y seguridad	1 day	0	0		construcción de una carro con rodamientos a la misma altura que la bobinadora de la máquina para evitar utilizar la grúa	P,S		7 days	Δ	Δ	<b>8. CONFIRMED STATE</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Metric</th> <th>Target</th> <th>Current</th> <th>Δ</th> <th>FS</th> <th>E</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Change Over Time</td> <td>55</td> <td>109</td> <td>54</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Scrap</td> <td>2%</td> <td>10%</td> <td>8%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Metric	Target	Current	Δ	FS	E	C	Change Over Time	55	109	54				Scrap	2%	10%	8%			
	Metric	Current																																																															
	Change Over Time (min)	109																																																															
	Scrap	10%																																																															
	Cause/ Priority	Solution	Affecting	Current State	FS	E	C																																																										
	1	etiquetar las piezas de la máquina con diferentes colores según métrica y ordenarlas según métrica y parte de la máquina	P		1 day	0	0																																																										
		acercar las bobinas al punto de uso	P,S	pérdida de tiempo elevada y seguridad	1 day	0	0																																																										
		construcción de una carro con rodamientos a la misma altura que la bobinadora de la máquina para evitar utilizar la grúa	P,S		7 days	Δ	Δ																																																										
Metric	Target	Current	Δ	FS	E	C																																																											
Change Over Time	55	109	54																																																														
Scrap	2%	10%	8%																																																														
<b>3. TARGET STATE:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Metric</th> <th>Current</th> <th>Target</th> <th>% Change</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Change Over Time (min)</td> <td>109</td> <td>55 min</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Scrap</td> <td>10%</td> <td>2%</td> <td>80%</td> </tr> </tbody> </table>		Metric	Current	Target	% Change	Change Over Time (min)	109	55 min	50%	Scrap	10%	2%	80%	<b>6. RAPID EXPERIMENTS</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Experiment</th> <th>Anticipated Effect</th> <th>Actual Effect</th> <th>Follow-up Action</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>carro portabobina</td> <td>uso de la grúa</td> <td>Eliminación de la grúa</td> <td>carros estándares</td> </tr> <tr> <td>caja con utilajes en el punto de uso</td> <td>evitar desplazamientos</td> <td>herramientas y utilajes en el punto de uso</td> <td>carros definitivos</td> </tr> <tr> <td>Herramienta especial para hacer el cambio</td> <td>pérdida elevada de tiempo</td> <td>gatamos tiempo al hacer un cambio</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Experiment	Anticipated Effect	Actual Effect	Follow-up Action	carro portabobina	uso de la grúa	Eliminación de la grúa	carros estándares	caja con utilajes en el punto de uso	evitar desplazamientos	herramientas y utilajes en el punto de uso	carros definitivos	Herramienta especial para hacer el cambio	pérdida elevada de tiempo	gatamos tiempo al hacer un cambio		<b>9. INSIGHTS</b> What went well? El equipo ha trabajado conjuntamente sin problemas y el resultado del RIE se vio satisfactorio. What happened? A lo que se ejecutaba el RIE la máquina estaba funcionando. Si hubiese estado parada se podría haber ejecutado el RIE con mayor fluidez. How will the Lessons Learned be leveraged? Todo lo que hemos aprendido se aplicará para los nuevos RIEs, así el tiempo de formación para ejecutar el RIE será menor y los próximos RIEs serán más eficientes.																															
Metric	Current	Target	% Change																																																														
Change Over Time (min)	109	55 min	50%																																																														
Scrap	10%	2%	80%																																																														
Experiment	Anticipated Effect	Actual Effect	Follow-up Action																																																														
carro portabobina	uso de la grúa	Eliminación de la grúa	carros estándares																																																														
caja con utilajes en el punto de uso	evitar desplazamientos	herramientas y utilajes en el punto de uso	carros definitivos																																																														
Herramienta especial para hacer el cambio	pérdida elevada de tiempo	gatamos tiempo al hacer un cambio																																																															
<b>4. STOP-ITS</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stop-Its</th> <th>Who?</th> <th>By When?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sustitución armario ordenador</td> <td>Javier</td> <td>Marzo</td> </tr> <tr> <td>Eliminar mesa exterior</td> <td>Salva</td> <td>Febrero</td> </tr> <tr> <td>Sombras para herramientas</td> <td>Antonio</td> <td>Febrero</td> </tr> </tbody> </table>		Stop-Its	Who?	By When?	Sustitución armario ordenador	Javier	Marzo	Eliminar mesa exterior	Salva	Febrero	Sombras para herramientas	Antonio	Febrero																																																				
Stop-Its	Who?	By When?																																																															
Sustitución armario ordenador	Javier	Marzo																																																															
Eliminar mesa exterior	Salva	Febrero																																																															
Sombras para herramientas	Antonio	Febrero																																																															

Fig. 7 A3 del SMED que analizaremos en el apartado 7

- Etapa 1- razones por las cuáles hacemos esta actividad de mejora: se deberá escribir el propósito de esta actividad de mejora. Esta etapa es definida por la gente que pone los recursos para realizar esta actividad, para saber qué es lo que esperan conseguir con las mejoras que se implantarán.
- Etapa 2 - estado inicial: Crearemos unos métricos para poder comprobar cuál es nuestro estado actual para luego alcanzar unos objetivos.
- Etapa 3 - objetivos: con los métricos creados en la etapa 2, colocaremos un estado futuro el cual pensamos que podamos alcanzar.

- Etapa 4 - análisis del estado actual: obtendremos información de todas las fuentes posibles para comprobar en qué estado estamos y lo lejos que estamos de alcanzar nuestros objetivos.
- Etapa 5 - posibles soluciones: mediante una lluvia de ideas se intentará encontrar posibles soluciones, quedarán escritas en el A3 las soluciones más relevantes
- Etapa 6 - experimentos rápidos: se ejecutarán las soluciones de una manera experimental para comprobar si hay mejoras respecto al estado inicial.
- Etapa 7 - lista de tareas: Cuando ya se tenga claro que se debe implantar se creará una lista de tareas con el nombre de la persona que debe realizar dicha tarea y el día el cual la debe haber realizado como máximo.
- Etapa 8 - confirmación de que se ha llegado a los objetivos: Después de ya haber realizado todas las tareas se confirmará que hemos conseguido alcanzar los objetivos de la etapa 3. En caso que no se hayan alcanzado dichos objetivos se deberá volver a empezar desde la etapa 4, a fin de que podamos encontrar nuevas soluciones que alcancen los objetivos marcados en la etapa 3.
- Etapa 9 - reflexiones sobre la actividad de mejora: en esta etapa ya se han alcanzado los objetivos. Se reunirán todos los integrantes del grupo y darán su opinión sobre cómo ha ido la actividad de mejora. Qué han aprendido y que puntos creen que se podría mejorar para las próximas actividades

## 6.2. Evento kaizen

El evento kaizen es la actividad que se va a analizar a fondo en este trabajo, concretamente vamos a ejecutar dos eventos kaizen uno enfocado a productividad y el otro a calidad.

Para alguien que no está familiarizado con la cultura lean la palabra kaizen le puede sonar extraña, es una palabra japonesa que significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN bueno. Entonces, puede decirse que Kaizen significa “cambio para mejorar”, se interpreta como mejora continua. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. La cultura del lean manufacturing está llena de palabras japonesas ya que los creadores de esta cultura fueron ellos, concretamente toda esta cultura se gestó en Toyota. (Leonardo, 2012)

El evento kaizen es un programa de mejora continua basado en el trabajo en equipo y la



utilización de las habilidades y conocimientos del personal involucrado. Utiliza técnicas de solución de problemas, diferentes herramientas y pocos recursos para optimizar el funcionamiento de algún proceso productivo seleccionado (Leonardo, 2012). Se definen los objetivos específicos del evento que generalmente son eliminar desperdicios en el área de trabajo y, según el objetivo, se da un entrenamiento sobre el tema, técnicas y herramientas a utilizar.

En este tipo de evento todo el personal es escuchado por igual y la opinión de cada persona tiene el mismo peso, el propósito real de un evento kaizen es que todo el mundo se sienta útil.

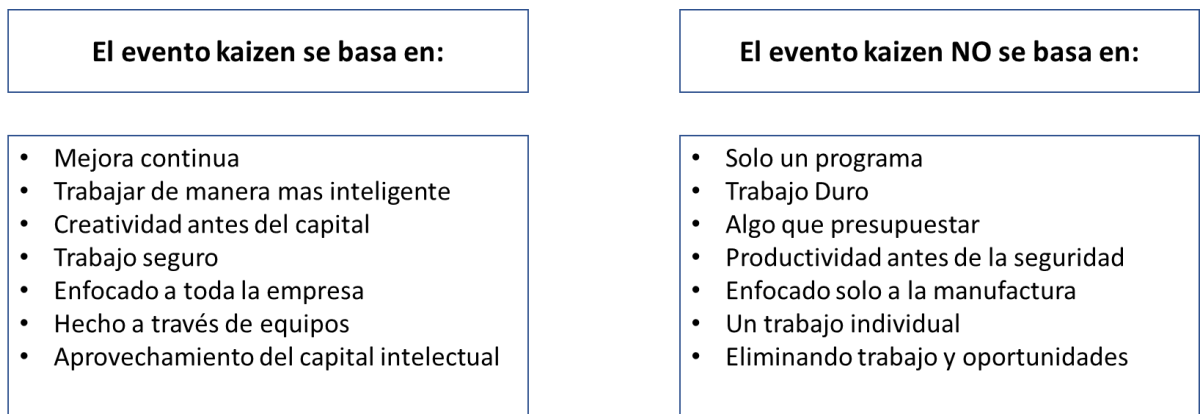


Fig. 8 Fundamentos de los eventos kaizen Fuente: *Incremente la Productividad de su empresa aplicando Eventos kaizen*

El evento kaizen se puede clasificar en dos etapas bien diferentes: la etapa de ejecución y la etapa de seguimiento.

En la etapa de ejecución del evento kaizen se focalizará el esfuerzo de un equipo de trabajo entre uno y cinco días, la durada puede variar según necesidades o alcance del evento, pero tres días sería el periodo estándar; tres días también es el periodo que se utiliza en la empresa en que yo he estado haciendo prácticas. Durante la ejecución del evento se trabajará todo el día en éste, las otras tareas rutinarias que se deberían hacer esos días pasarán a un segundo plano.

La etapa de seguimiento del evento empezaría al finalizar estos 3 días. Idealmente ya se deberían haber implementado todas las mejoras en la etapa de ejecución, pero en mi poca experiencia en la empresa y también basándome en lo que he leído sobre los eventos kaizen eso es casi imposible. Por este motivo una de las últimas acciones que se hace al finalizar la etapa de ejecución es crear una lista de tareas pendientes, es importante poner el encargado de cada tarea y la fecha límite para tener la tarea acabada, ya que sino no se cumpliría el plazo para cerrar el evento a los 90 días. Si volvemos a la metodología del A3

se puede afirmar que, desde el primer paso (razones por las cuáles hacemos esta actividad de mejora) hasta el sexto incluido (experimentos rápidos) forman parte de la etapa de ejecución. Por otra parte, desde el séptimo paso (lista de tareas) hasta el noveno y último (reflexiones) formarían parte de la etapa de seguimiento del evento kaizen.

En cuanto al equipo es interesante que sea multidisciplinar, ya que así cada uno tiene su punto de vista y cada miembro puede aportar ideas distintas.

### 6.3. Proyecto

El proyecto es la actividad más típica para aquellos problemas de una envergadura considerable que a priori no sabemos cómo resolver, se ha de hacer un estudio previo del problema. Los ejemplos típicos son lanzar un nuevo producto en el mercado, cerrar un nuevo proceso de mejora, se debe hacer un cambio respecto a los negocios. Entonces, se tiene que hacer un proyecto ya que se tienen que enfocar la idea desde varios puntos de vista: tanto de calidad, marketing, producción o distribución del mismo.

Como en el evento kaizen es interesante que el equipo que lleva el proyecto sea multidisciplinar, ya que al no tener clara la solución es importante que cada componente del equipo aporte ideas según su experiencia.

Es difícil marcar un estándar de duración para los proyectos, dependerá mucho de los recursos invertidos en este, de la gente involucrada, contratiempos que puedan salir mientras se está ejecutando. Estos se suelen dividir en 6 etapas:

- Etapa 0 – identificación: esta etapa se identifica con la recogida de datos de la empresa para saber cuáles son las flaquezas y puntos fuertes de la empresa. Al ya saber qué aspectos se deben atacar se procederá a hacer una lluvia de ideas para focalizar todos esos puntos de mejora en un proyecto. En esta etapa es muy importante preguntar a clientes y proveedores para conocer su opinión sobre el producto para saber como mejorarlo.
- Etapa 1 – alcance: lo más relevante en esta etapa es evaluar el proyecto y ver si el proyecto que se lanza ayudará a satisfacer las necesidades del mercado. También será interesante prever el impacto que tendrá el proyecto en el mercado.
- Etapa 2 – business plan o plan de negocios: etapa donde se desarrollará el concepto del proyecto dónde se debe hacer un análisis sólido sobre el proyecto antes de empezar a desarrollarlo. Es una etapa muy importante donde se deberán poner mucho esfuerzo porque el éxito o fracaso del proyecto dependerá en gran

medida de esta etapa. Esta etapa se puede subdividir en 4 pasos: definición del proyecto y análisis de este, crear el plan de negocios, crear el plan a seguir durante el proyecto, revisar los pasos anteriores para ver si el proyecto es factible.

- Etapa 3 – desarrollo: durante esta etapa se ejecutarán todos los planes trazados en las etapas anteriores. Esta etapa puede ser bastante larga pues los miembros del equipo habrán de ir informando al resto de componentes si podrán cumplir las fechas establecidas previamente. Si el proyecto se basará en construir un nuevo producto, el último paso de esta etapa sería hacer un prototipo.
- Etapa 4 – validación: confirmar que el proyecto ha cubierto las necesidades que queríamos y se ha llegado una solución que satisface a todos los miembros del equipo respecto al problema inicial en todos los niveles.
- Etapa 5 – lanzamiento: la culminación del proyecto, el proyecto ya ha pasado todas las etapas y la empresa está lista para implementar las mejoras.

Al final de la cuarta etapa el proyecto ya estará listo, pues al principio de la quinta etapa se empezará a producir el producto con los cambios ejecutados en el proyecto. Se empezará produciendo a un ritmo por debajo del deseado para acoplar correctamente los cambios, pero a medida que pasen los días se irá incrementando el ritmo. Se habrá de haber alcanzado el ritmo de producción deseado antes de 30 días. Pasados 30 días del inicio de producción se cerrará el proyecto, pues para hacer modificaciones será mucho más complicado ya que las peticiones de cambios habrán de pasar primero por un tribunal formado por gente externa e interna al proyecto que decidirá si la propuesta de cambio debe ser estudiada por la cual se debe reabrir el proyecto o no

## 6.4. JDI

El just do it es un proyecto el cual ya sabemos cuál es la raíz del problema y tenemos las soluciones en mente pues solo faltaría implementarlo, por consiguiente, suele tener un periodo de duración mucho menor que el proyecto normal. La duración de este suele estar en torno a 1 mes, se podría alargar más en implicar a poca gente en este o tener problemas a la vez de implementarlo. Uno de los típicos problemas son retrasos con los proveedores, a veces no cumplen sus fechas de entrega y puede ser que esos materiales sean críticos para la implementación y él envío de estos se convierta en un cuello de botella para ejecutar el JDI. Para implantar el JDI se utilizará la metodología A3.

## 7. Análisis evento kaizen SMED

### 7.1. Introducción al concepto SMED

El SMED es un acrónimo de la lengua inglesa Single Minute Exchange of Die, que significa cambio de matriz en menos de diez minutos. Es interesante destacar que el single minute se refiere a que el objetivo es bajar el tiempo de cambio a una cifra de un solo dígito. El concepto de SMED fue introducido por Shigeo Shingo ingeniero japonés que contribuyó en el sistema de producción Toyota. Shigeo Shingo postula que el SMED se utilizará para la mejora continua del proceso de cambio de matriz. Originalmente el SMED se desarrolló para mejorar los cambios de matriz de las prensas, pero luego pasó a ser útil en diferentes procesos para reducir el tiempo de cambio en la máquina y cualquier ajuste necesario antes de iniciar la producción de un producto en específico. (Escuela de organización industrial de Madrid, 2013)

Es importante remarcar que el tiempo de cambio de una serie u orden de fabricación comienza cuando se acaba la última pieza de una serie y termina cuando se obtiene una pieza libre de defectos de la siguiente serie.

El concepto más importante durante la ejecución del SMED es tener clara la clasificación de las acciones. Una acción será interna cuando se lleve a cabo con la máquina o el equipo detenido. Contrariamente, una acción será externa cuando se realiza mientras la máquina está en funcionamiento. También existen las acciones que no aportan valor al proceso, estas serán las primeras que eliminaremos del proceso. Entonces, para que un SMED sea eficaz se tendrán que seguir los siguientes pasos:

- Identificar todas las acciones que se hacen durante el SMED
- Luego se habrá de clasificar cada acción como interna, externa o sin valor añadido.
- Intentar eliminar el máximo número de acciones para que el cambio sea lo más rápido posible. A pesar de esto, si la acción es estrictamente necesaria permanecerá.

- Intentar transformar todas las acciones estrictamente necesarias que inicialmente era internas en externas y mantener aquellas acciones que son externas y aportan valor.
- Reducir como más mejor el tiempo de las acciones que nos han quedado. Mediante diferentes herramientas lean como puede ser el sistema de gestión visual.

## 7.2. Porque se decide hacer un SMED

En el mes de junio de 2016 llega una nueva máquina dobladora de tubos a la empresa, ya que la antigua se había quedado anticuada porque su ritmo de producción era bajo y el doblado de los tubos no llegaba a todos los ángulos deseados. Con esta nueva máquina no se habrán de hacer retrabajos manuales para conseguir los ángulos deseados. En la empresa se trabaja con 6 diámetros de tubo diferentes y cada tubo tiene sus propias piezas para que la máquina funcione correctamente. Es bastante común hacer como mínimo dos o tres cambios durante la jornada laboral. Antes del SMED se tardaban 109 minutos en hacer un cambio. Además, el 20% de los tubos salían defectuosos.

Se estaba perdiendo demasiado tiempo, lo cual implica perder mucho dinero. Aspecto que no se podía seguir permitiendo en la empresa en una máquina nueva que podía ir mucho más rápido. Por lo cual este evento se planeó para ser ejecutado lo antes posible, ya que era una actividad que generaba un cuello de botella en la fabricación de las bombas de calor. A parte, se quería vender la máquina antigua como antes mejor para recuperar parte de la inversión de la máquina nueva. Pero al tener unos cambios de piezas tan lentos era imposible llegar a toda la producción solo con una máquina. Por estas razones durante el análisis del VSM y la seguida planificación de actividades para el año 2017 se determinó que este evento kaizen debería ser ejecutado durante el enero del 2017.

Se sabía que al acabar este evento kaizen la productividad aumentaría mucho ya que el suministro de tubos de la fábrica era uno de los cuellos de botella. A parte, se creía que la defectuosidad en la producción de tubos para construir las bombas de calor bajaría.

Durante la planificación de actividades del año 2017 se decide que el líder del proyecto sea el encargado de producción de la fábrica porque el saber mejor que nadie que ritmo debería tener la máquina dobladora de tubos para llegar a la planificación de producción. También influyó su formación y experiencia, ya que él es una persona que ya había tenido contacto con la cultura lean. Había participado anteriormente en otros SMED. Finalmente, la responsabilidad de la producción de la fábrica es suya por lo cual él era necesariamente

el líder de este evento kaizen.

### 7.3. Previo al SMED

Antes de ejecutar el SMED propiamente se había de planificar la actividad ya que recuerdo que es una actividad de corta duración, entre uno y cinco días, en el caso de este evento en concreto fue de tres días. Pues al tener pocos días para trabajar si se ha hecho un buen trabajo previo facilitará que haya más tiempo para otros quehaceres los cuales solo se pueden desempeñar cuando se está ejecutando el evento. La preparación previa la deberán hacer el líder del evento y su lean coach con el soporte del sponsor, el cual facilitará recursos para que se pueda ejecutar este evento. Es importante que el sponsor este en acuerdo con el líder y el lean coach porque sin su aprobación del evento no se puede continuar. La preparación previa al SMED incluye varios aspectos.

Entre otros aspectos esta la formación del equipo, que es la parte más importante del SMED, se decidirá quién formará parte del evento. Como se ha comentado en el apartado 6.2 Evento kaizen, es interesante que el equipo sea multidisciplinar pues gente de diferentes departamentos y niveles de responsabilidad en la empresa deben participar en el evento. Que la gente tenga diferentes posiciones en diferentes departamentos no implicará que tengan mayor poder de decisión en el evento. En un evento kaizen todo el mundo es escuchado por igual. El equipo estará formado por seis personas. Respecto a la formación del equipo, las primeras personas en que se pensó fueron el operario que trabaja diariamente con la máquina de tubos, y el responsable de la producción de la línea de producción de tubos. Ya que ellos tienen un gran conocimiento de la máquina y saben cuáles son sus puntos fuertes y sus puntos débiles. Pues quizá ya tienen en su mente alguna solución para que los cambios en la máquina de tubos se puedan hacer de una forma más rápida. También se creyó oportuno que un ingeniero de producción formará parte del SMED ya que aportaría una visión más técnica que los operarios. La empresa también pensó que yo podría aportar mi grano de arena al SMED, ya que nunca había visto los procesos de cambio de la máquina de tubos pues podría pensar en soluciones diferentes a las personas que diariamente trabajan con la máquina o la han visto funcionar muchas veces. Por último, el equipo se cerraría con la presencia del lean coach y el responsable de producción de la planta. Es obvio que ellos dos deben formar parte del equipo, ya que uno es el líder del evento y el otro aporta todo el conocimiento adquirido durante años trabajando de coach en diferentes empresas de diferentes sectores.

A parte de la formación del equipo, el líder del evento, el coach y el sponsor del SMED se reunieron para discutir los posibles objetivos de este evento kaizen. Al final llegaron a un acuerdo en el cual se dijo que se debía conseguir hacer un cambio en menos de diez

minutos con 4 operarios trabajando a la vez. También comentaron que se debía bajar el porcentaje de tubos defectuoso que hacía la máquina, pero todavía no se decide un porcentaje concreto, antes del evento estaba en un diez por ciento. Es importante remarcar que todos estos objetivos deberán ser consensuados con el equipo del SMED pues están sujetos a modificaciones, siempre que estas sean pequeñas ya que el sponsor siempre tendrá la última palabra en cuanto a recursos utilizados pues esto puede limitar los objetivos.

Por último, se hizo un horario para los tres días del evento para intentar no perder el menor tiempo posible.

### **Día 1**

- Introducir el equipo en los conceptos de la cultura lean necesarios para desarrollar este evento. En este caso serían el visual management y las 5S. Estos conceptos serán explicados más adelante.
- Se deberá introducir el concepto de SMED
- También se debería explicar la metodología que se utilizaría para realizar el SMED, conceptos relacionados con las actividades externas, internas y las que no aportan valor al consumidor.
- Empezar a trabajar en las cuatro primeras etapas del A3 que incluyen: razones para mejorar en el cambio de la máquina de tubos, objetivos, estado actual y análisis del estado actual
- Empezar a documentar las actividades externas, internas y las que no aportan valor, el cual forma parte de la cuarta etapa de la metodología de solución de problemas A3.

### **Día 2**

- Ya con todas las actividades documentadas, intentar optimizar el proceso de cambio eliminando cuando más actividades mejor
- Con las soluciones claras, intentar experimentar con ellas para ver si se ve alguna mejora
- En resumen, realizar las etapas quinta y sexta de la metodología A3, soluciones y experimentos rápidos

### **Día 3**

- Continuar trabajando en soluciones y experimentando con ellas.
- Cuando ya no queda más tiempo de ejecución para el RIE se deberá hacer una lista con las tareas pendientes y hacer una presentación a los altos cargos de la planta para que vean las mejoras.

## **7.4. Ejecución del SMED**

### **7.4.1. Situación actual y objetivos**

Cuando acabo toda la presentación del SMED, tanto de conceptos puramente del SMED y otros relacionados con la filosofía del lean manufacturing se empezó a diseñar los objetivos y el estado actual.

Como se ha tratado en el punto anterior los objetivos estaban prediseñados en una reunión previa al RIE en la cual todos los componentes pensaron que eran alcanzables, pero a la vez ambiciosos.

- Poder hacer un cambio de las piezas de la máquina de tubos por debajo de diez minutos con 4 operarios trabajando a la vez. La máquina se deberá dividir en diferentes partes por lo cual cada operario se encargará de su parte.
- El número de piezas defectuosas deberá estar en un 2%, ya que la planta no se puede permitir un número mayor para llegar a producir a tiempo todo el volumen de máquinas.

Para conocer nuestro estado actual se cronometró un cambio como se hacía hasta el momento. Este cambio se hacía solo con una persona ocupándose de toda la máquina y tardaba 109 minutos. En el momento de definir el objetivo del tiempo de cambio no se sabía si habría tiempo para formar a un número suficiente de operarios para siempre hacer un cambio con 4 personas, por lo cual se acaba decidiendo un objetivo de cambio para un solo operario de 25 minutos. Por otro lado, supimos que el tanto por ciento de defectos en la producción de tubos es del 10 ya que la gente de calidad nos pasó un informe con los datos de fallos del año 2016. Pues por los motivos comentados anteriormente se quería pasar de este 10% a un 2%.



Métrico	Actual	Objetivo	Cambio
Cambio de piezas (minutos)	109	25	77%
Defectos (%)	10	2	8

*Tabla 4 Tabla de métricos SMED*

#### **7.4.2. Análisis del estado actual**

La tarea que ocupó más tiempo durante el primer día del evento kaizen fue analizar el estado actual para luego mejorar aquellos puntos donde se perdía más tiempo. Pues para analizar el estado actual se procedió a analizar un cambio de piezas en la máquina en directo.

Bajaron todos los componentes del grupo para analizar el cambio y cada uno de ellos tenía una tarea específica. El operario que trabaja en la máquina de tubos se dispuso a realizar un cambio de piezas. Por otro lado, había dos equipos que se dedicaban a cronometrar el cambio y anotar las operaciones que se hacían antiguamente para hacer un cambio y en el tiempo que se hacían. Los dos equipos hacían lo mismo pues era de vital importancia tener esta parte bien documentada y sin errores. Un equipo estaba formado por el ingeniero de producción y yo mismo y el otro equipo por el responsable de producción de la máquina de tubos. El ingeniero de producción se dedicaba a cronometrar el cambio e ir cantando las operaciones que hacía el operario, al mismo tiempo yo iba anotando los tiempos y las operaciones que cantaba el ingeniero de producción. Por otro lado, estaba el responsable de la línea de producción de tubos. Como él ya había visto muchos cambios, incluso él mismo había hecho cambios por lo cual tiene una gran experiencia con esta máquina, anotaba las operaciones y los tiempos con el cronómetro a la misma vez. El responsable de producción de la planta grabó todo el cambio y el lean coach daba soporte a todos los miembros del equipo por si surgía algún problema. En el Anexo C se podrá ver la plantilla que se usó para documentar estas operaciones, en este anexo se encuentra documentada el procedimiento que se hacía para colocar la bobina en la bobinadora.

Después de haber tomado toda la información del cambio se procedió a analizarlo. En una hoja se anotó todas las operaciones que se habían hecho durante el cambio. Después de una reunión se clasificaron en externas, internas y sin valor añadido. Llegados a este punto se empezaban a proponer cambios, se eliminarían el máximo de operaciones posibles. Las operaciones que no se podían eliminar se intentaban pasar de internas a externas.

También se hizo un diagrama de pez de Ishikawa para clarificar las causas de la lentitud en el cambio de piezas en la máquina de tubos. Esta herramienta es útil para clasificar las diversas causas que se piensa que afectan a la lentitud de la máquina de tubos, señalando con flechas la relación causa – efecto entre ellas.

Es una herramienta que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. Es denominado Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado. En la Fig. 9 se puede observar el diagrama de pez que se hizo, donde las causas podían provenir de 4 medios diferentes. Los problemas podían venir del hombre, del material utilizado, de la máquina o de método utilizado.

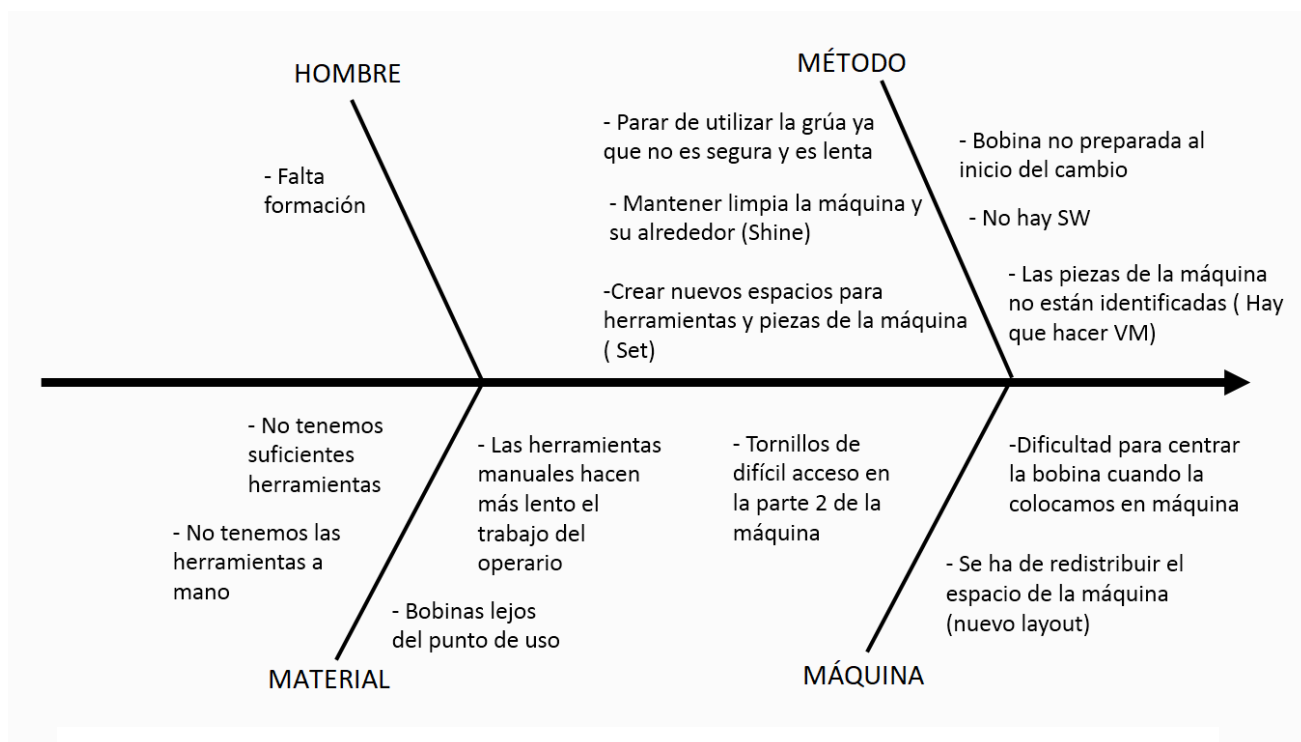


Fig. 9 Diagrama de espina de Ishikawa enfocado a la máquina de tubos

Como se puede comprobar en el diagrama los causas de los problemas provienen sobre todo del método y en menor medida del material y de la máquina, pues las primeras soluciones deben estar enfocadas a solucionar problemas respecto la manera en que se hace el cambio de piezas. Para cambiar aspectos del método no es necesario una gran inversión de dinero, pero si una gran inversión de tiempo pues se ha acertado proponiendo un evento kaizen para solucionar el problema.

### 7.4.3. Soluciones rápidas y primeros experimentos

En el A3 no se especifican todas las soluciones ni todos los experimentos que se hicieron durante el SMED, el propósito de este apartado es hacer una recopilación de todas las soluciones y experimentos que se hicieron. Había dos aspectos donde se creía que había mucho margen de mejora y fueron los primeros en tratarse. Estos aspectos forman parte de la metodología de las 5S. Concretamente el orden y la organización, dentro de la organización la cuestión de la gestión del control visual adquirió una gran importancia.

Para empezar durante la recopilación de información sobre las actividades se pudieron diferenciar 3 zonas diferenciadas en la máquina:

- Zona de la bobinadora, donde hay la bobina de tubo la cual la maquina va estirando para fabricar los nuevos tubos.



Fig. 10 Zona de la bobinadora

- Zona de rodamientos, donde se pone el tubo en línea



*Fig. 11 Zona de rodamientos*

- Zona de corte, donde se ejecutan los cortes y se le da curvatura al tubo. También es posible hacer agujeros en los tubos. Esta zona está compuesta por el brazo mecánico y el carro móvil. En la Fig. 12 se puede comprobar que a la derecha de la imagen está el brazo mecánico y a la izquierda el carro móvil.



*Fig. 12 Zona de corte*

En cada una de las partes o zonas de la máquina se ejecutaron mejoras. Se irán comentando las mejoras por partes:

### Zona de la bobinadora

En la zona de la bobinadora es donde se han ejecutado más cambios. Para empezar antes se utilizaba una grúa la cual lleva las bobinas por los aires, esto incrementaba mucho la peligrosidad por tanto no se respetaban los criterios de seguridad. Sabiendo que una de las premisas de la filosofía del lean es la seguridad ante todo no se podía permitir que esta grúa siguiera en funcionamiento. A parte de ser peligrosa era muy lenta, ya que el operario se había de desplazar hasta la zona de las bobinas ponerla en posición vertical i enganchar el gancho de la grúa a la bobina. Luego debía volver dentro de la zona de la máquina y empezara a accionar la grúa con mucho cuidado de no dar golpes bruscos sino la carga podía caer. Una vez la bobina ya estaba encima de la zona de la bobinadora debía centrarse con cuidado, no había ningún útil que ayudará a centrar la bobina en la bobinadora por lo tanto se perdían unos cuantos segundos en centrarla. Por último, se desenrollaba un poco de tubo y se pasaba por dentro de las guías de la zona de rodamientos. En la Fig.13 se puede observar el esquema de la zona de la bobinadora y de rodamientos antes del SMED.

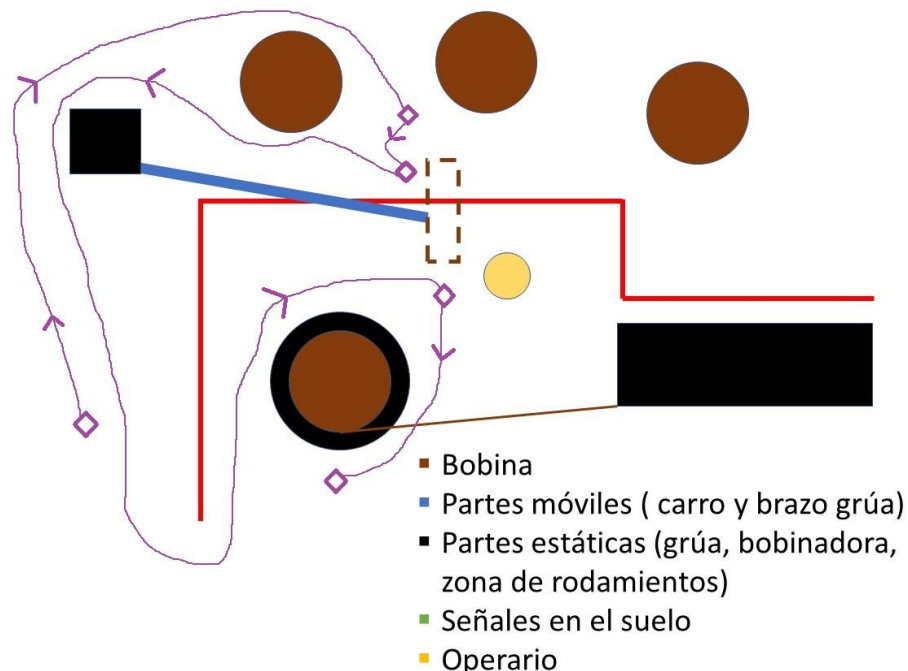


Fig. 13 Esquema de la zona de la máquina de tubos antes del SMED

Durante la lluvia de ideas se sugirió que sería una buena idea eliminar la grúa e implantar unos carros para llevar la bobina hasta la bobinadora. Se crearon 3 carros iguales para así ya tener 3 cambios preparados como mínimo. La idea consistía en crear un carro de la misma altura que la bobinadora, la superficie del carro tiene rodamientos por lo cual basta con que el carro y la bobinadora se estén tocando para colocar la bobina en la bobinadora. También se creó un útil para centrar la bobina por lo cual se perdía mucho menos tiempo.



*Fig. 14 útil para centrar la bobina en la bobinadora*



*Fig. 15 carro que se implementó durante el SMED para transportar las bobinas*

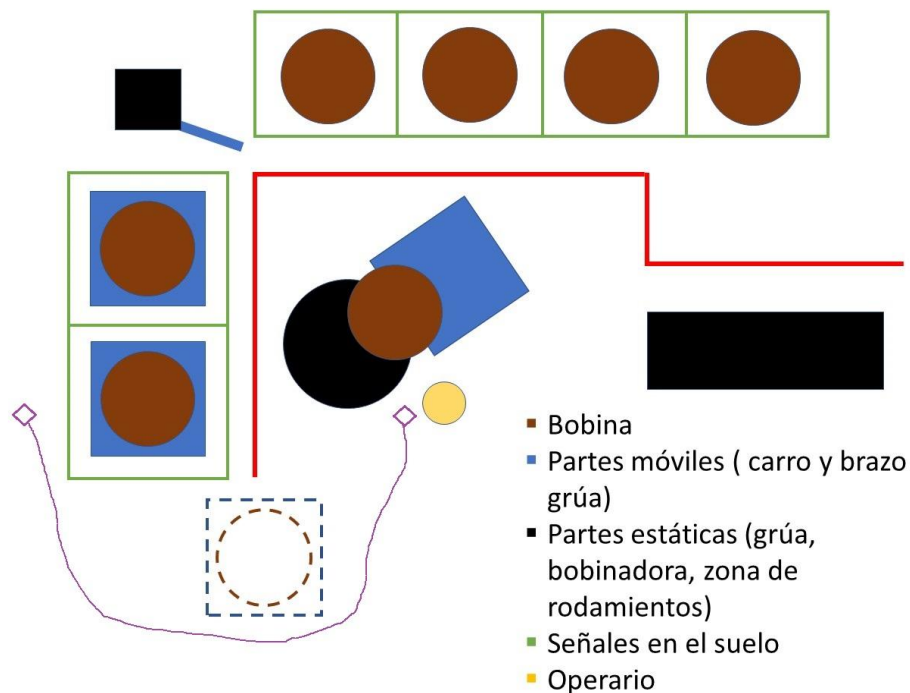


Fig. 16 esquema de la zona de tubos después del SMED

En los diagramas, Fig. 13 y Fig. 16, se ha plasmado de forma esquemática la situación en la zona de la bobinadora antes y después del SMED. La Fig. 13 representa la situación antes del SMED mientras que la Fig. 16 representa el estado después del SMED. Como también se puede observar encima del diagrama hay líneas y rombos de color lila, representan un diagrama de espagueti para tener una idea de los viajes que ha de hacer el operario. El rombo significa que el operario debe hacer una operación. Como se puede observar en las figuras ahora mismo el operario pierde mucho menos tiempo en desplazamientos, además ha de hacer menos operaciones y estas son mucho más rápidas pues estamos recortando un montón de tiempo en esta zona.

### Zona de rodamientos

En la zona de rodamientos las únicas mejoras implantadas están relacionadas con la gestión del control visual, este método es muy útil ya que si un operario se equivoca en una de las operaciones lo verá rápidamente porque con un simple vistazo notará que hay algún factor que desentona con el resto. fuera. Al implantar esta mejora a la vez estamos logrando 2 pasos de la metodología de las 5S, el Sort y el Set. Es así gracias a que quitamos todas las piezas e herramientas que estaban en la zona de los rodamientos que no se utilizaban para hacer el cambio y establecimos un sitio para aquellas piezas e

herramientas que si son necesarias para hacer un cambio de diámetro de tubo en la máquina.

Para lograr estos cambios se procedió cogiendo unas planchas de espuma y recortarlas con la forma de las piezas de la máquina de cada diámetro. Estas espumas se almacenaron en unas bandejas con etiquetas de diferentes colores para diferenciar las piezas que se usan para diferentes diámetros de tubos. Asimismo, cada pieza también tiene una etiqueta del color según el diámetro de tubo al que pertenece. Finalmente, los cajones se almacenaron en un carro el cual también tienen su sitio, en el suelo se ha delimitado el espacio del carro con unas franjas azules en el suelo.



*Fig. 17 espuma donde cada pieza de la máquina tiene su sitio*



*Fig. 18 bandeja donde se guardan las espumas con el color de su diámetro*



*correspondiente*



*Fig. 19 Carro de la zona de rodamientos donde se guardan las bandejas*



*Fig. 20 marcas en el suelo que delimitan la zona del carro*

### **Zona de corte**

En la zona del corte como en la de los rodamientos también hay piezas que se deben cambiar según con el diámetro de tubo que se esté trabajando, por lo tanto, se siguió la misma metodología que en la zona de rodamientos y sacó partido de la gestión visual. Se siguió el mismo patrón que en la zona de rodamientos para mantener un estándar. Cómo



*Fig. 21 Carro zona de corte*

en la zona anterior también se eliminaron todas esas herramientas que no se utilizaban para hacer el cambio. En la Tabla 5 podemos ver los colores que se usan para cada diámetro de tubo diferente.

Color	Diámetro en pulgadas	Diámetro en mm
	3/16 "	4,7625 mm
	1/4 "	6,35 mm
	3/8 "	9,525 mm
	1/2 "	12,7 mm
	5/8"	15,875 mm
	3/4"	19,05 mm

*Tabla 5 medida de los diámetros según su color*

#### **7.4.4. Soluciones ejecutadas durante la etapa de seguimiento**

No fue posible implantar todas las soluciones que se pensaron durante la ejecución del evento kaizen. Por esta razón, cuando acabó la fase de ejecución del evento se hizo una lista con las tareas pendientes asignando responsable y fecha límite para realizar dicha tarea.

Para acelerar el proceso de cambio de piezas en la zona de rodamientos y corte se pensó en cambiar las viejas herramientas manuales por nuevas herramientas automáticas. Se pensó en comprar nuevos atornilladores ya que para cambiar las piezas se requiere un gran número de atornillados. De esta manera se recortaría tiempo en estas operaciones y el operario se desgastaría menos pues estará con más energía para las próximas faenas.

También se veía interesante comprar 2 juegos de las herramientas manuales necesarias para realizar los cambios ya que en un futuro cercano se quiere hacer el cambio con 4 personas: uno en la bobinadora, otro en la zona de rodamientos, otro en el brazo mecánico y el último en el carro móvil. De esta manera las personas que debían hacer el cambio en la zona de rodamientos y en la zona de corte, tanto en el brazo mecánico como en el carro móvil, tenían sus propias herramientas y no las tenían que compartir pues se reducían sus tiempos muertos. Este aspecto parece una tontería, pero entre que buscas las herramientas y las encuentras pierdes una gran cantidad de tiempo la cual no nos deja

alcanzar nuestro objetivo de bajar de 10 minutos en un cambio.

Como acabo de comentar en el párrafo anterior uno de los objetivos de este evento es hacer un cambio en menos de 10 minutos con 4 personas. Pero esta situación idílica no siempre se dará, por lo tanto, necesitamos tener una guía para saber cómo actuar si el cambio va a ser realizado por 1, 2, 3 o 4 personas. Este concepto en el mundo de la cultura lean aplicada a la fabricación industrial se le suele llama playbook (libro de juego en inglés). Este playbook estará en el puesto de trabajo e indicará que operaciones deben ser realizadas por cada operario mediante texto escrito, diagramas e imágenes pues es sencillo de entender. La pregunta que viene ahora es: ¿cómo debo ejecutar estas operaciones que se indican en el playbook? Esta cuestión tiene fácil solución, lo que estamos buscando es un trabajo estándar. Este documento como en el playbook, será de fácil interpretación pues el texto escrito es mínimo y este acompañado de fotografías de la máquina y diagramas para hacerlo entendible para cualquier persona. En el trabajo estándar estará detallado paso a paso como se debe ejecutar cada operación, es común que una persona la cual no ha tenido ningún contacto con esa operación trate de realizarla con el trabajo standard. Si dicha persona consigue realizar la operación con éxito sin dudar en ningún paso se dice que se tiene un buen trabajo estándar. En caso contrario se deberá repetir porque en algún paso no estará bien explicado.

A parte del playbook y del trabajo estándar se debía formar a personal de una forma más interactiva. Esta faena debe recaer sobre el encargado de la línea de la máquina de tubos, el cual sabe perfectamente cómo funciona la máquina y como se deben hacer los cambios. Así desde un primer momento más gente empieza a familiarizarse con estos cambios en la máquina de tubos.

Para saber dónde están las herramientas que se utilizan para cambiar las piezas en la máquina de tubos se sugirió hacer un tablero. En este tablero se deberán pintar las formas de las diferentes herramientas que se utilizan para hacer el cambio. Pues así se podrá comprobar si falta alguna herramienta mediante el método de gestión visual.

Tarea	Quien	Fecha límite	Fecha realizada	Hecho
3 carros para herramientas y útiles cambio diámetro	Javier	13/01/2017	12/01/2017	SI
Poner 2 atornilladoras con control de par para el cambio	Javier	31/01/2017		
Programa automático posición 0 brazo y carro	F. Baylina	10/02/2017		
Carros de rodillos para el cambio de bobinas	F. Baylina	13/01/2017	11/01/2017	SI
Realizar un cambio de cada medida	Salva	24/01/2017		
Documentar condiciones standard de trabajo	Salva	27/01/2017		
Implementar Playbook: 1 a 4 personas	Salva	27/01/2017		
Sacar cables corriente y señal del suelo	Javier	15/01/2017	15/01/2017	SI
Sombras para herramientas	Antonio/ David	22/01/2017		
Eliminar carro que hace de mesa	Salva	23/01/2017		
Pupitre para ordenador	Javier	15/02/2017	13/01/2017	SI
Instalar scanner	Antonio	20/0/2017		
Plantilla registros cambios	Francesc	19/01/2017		
Documentar A3	Francesc/ David	20/01/2017		

*Tabla 6 lista de faenas con las tareas por cumplir durante la etapa de seguimiento del evento kaizen*

#### 7.4.5. Mejoras propuestas fuera del alcance del SMED

Durante la ejecución del SMED surgieron ideas para que la producción de tubos fuera más rápida, estas ideas se escapan del alcance de nuestro evento kaizen porque no se relacionan con el cambio de pieza en la máquina de tubos. A pesar de esto se dejaron apuntadas para implementarlas en otro evento. Como en la lista de tareas pendientes se dejaron a modo de lista, pero sin personas asignadas ni fechas.

- Eliminar parte del alcance de las barreras fotoeléctricas de seguridad. Ya que en la parte inferior a veces alguien sin querer traspasa la zona de seguridad con el pie y se detiene toda la máquina. Se quiere activar la barrera desde 30 cm contando desde el suelo hasta su altura máxima
- El carro y el brazo de corte cada vez que acaban una operación vuelven a su estado inicial. Se quiere cambiar la programación del brazo y del carro para que se queden en su posición final ya que el final de las operaciones coincide muchas veces con el inicio de otras, pues se ahorraría mucho tiempo.
- Cuando la máquina ya ha acabado un tubo lo lanza hacia el suelo y algunas veces no acierta en la caja que se pone debajo, por lo cual sale de la zona de seguridad y activa la barrera fotoeléctrica pues se para la máquina. Se quiere implantar una cinta transportadora que recoja las piezas y las lleve a la caja para que no salgan despedidas fuera de la zona del corte.



*Fig. 22 barrera fotoeléctrica*



*Fig. 23 cajas que recogen los tubos*

## 8. Análisis evento kaizen zona de test

Este evento kaizen está enfocado a mejorar los test que se hacen a las máquinas antes de ser enviadas al cliente para verificar que se han fabricado correctamente y no están defectuosas. En la fábrica de Thermo King en Sant Feliu de Llobregat hay 2 líneas de fabricación de máquinas, por cada línea hay 2 zonas de test, por lo tanto al final hay 4 zonas de test. Estas zonas de test están en paralelo pues por cada línea de producción se pueden testear 2 máquinas al mismo tiempo.

### 8.1. Porque se hizo este evento

Este evento kaizen está enfocado a mejorar en aspectos de calidad. Como mencioné en el apartado 5 del proyecto, situación de la empresa, hay un gran problema de calidad en la fábrica. Sobre todo, llegan demasiadas reclamaciones de cliente tipo A y B, que se suelen juntar llamándolas calidad ICQ. Recuerdo, que la reclamación de tipo A es aquella en la cual el cliente al momento de encender la máquina ya no funciona. La reclamación tipo B es aquella en que la máquina tiene algún fallo durante los primeros 90 días de funcionamiento. Al observar que el número de reclamaciones de tipo A y B era demasiado elevado se creyó que no se estaba haciendo un buen trabajo en la zona de test . Ya que este test tiene que verificar el funcionamiento inmediato de las máquinas, pues no debería haber reclamaciones tipo A. En menor medida también tendría que asegurar el funcionamiento a corto plazo, relacionado con la calidad tipo B. Pues el propósito principal de este evento es tener un test mucho más fiable, que un gran porcentaje de las maquinas que envía la empresa funcionen correctamente.

Como este evento tenía la misión de reducir las reclamaciones tipo A y B de la fábrica, las cuestiones más críticas de la fábrica, se asignó para el mes de febrero. Como ya he contado en el apartado 5 a finales de 2016 se hizo un VSM en la fábrica. Luego se asignaron las actividades que se harían en la fábrica en 2017. Durante esta asignación se creyó que la persona que podía liderar este evento kaizen era el responsable de ingeniería de producción, ya que este departamento se ocupa del mantenimiento de la zona del test. Pues, esta persona es la que ha trabajado más con las herramientas para ejecutar el test y sabe perfectamente cómo funcionan.

## 8.2. Previo al evento

Como en el SMED antes de ejecutar este evento kaizen se había de planificar la actividad ya que recuerdo que es una actividad de corta duración, en este caso concreto fue de dos días y una mañana, ya que en el tercer día no se trabajó por la tarde. Como en el otro evento kaizen la preparación previa la deberán hacer el líder del evento y su lean coach con el soporte del sponsor, el cual facilitará recursos para que se pueda ejecutar este evento. Es importante que el sponsor este en acuerdo con el líder y el lean coach porque sin su aprobación, el evento no se puede continuar. La preparación previa de este evento kaizen incluye varios aspectos.

Entre otros aspectos esta la formación del equipo, se decidirá quién formará parte del evento. Es interesante que el equipo sea multidisciplinar pues gente de diferentes departamentos y niveles de responsabilidad en la empresa deben participar en el evento para aportar diferentes puntos de vista. El equipo estará formado por 7 personas. La primera persona en que se pensó fue el ingeniero del departamento de ingeniería de producción que siempre estaba al cargo del mantenimiento de la máquina de test. También se creyó oportuno que el responsable de la línea 2 de fabricación y un operario que trabaja diariamente con la máquina de test formen parte del equipo, ya que son dos personas que trabajan con la máquina de test a diario. El responsable del departamento de calidad también formaría parte del grupo ya que las decisiones tomadas en este evento podrían afectar en aspectos con los que él trabaja diariamente. Yo mismo también estuve en ese evento kaizen ayudando con mis ideas frescas de la universidad. Por último, el responsable del evento y el lean coach, que son las piezas básicas para que este evento salga adelante. Es importante remarcar que la formación del equipo la deciden el lean coach y el líder del evento bajo la supervisión del sponsor.

A parte de la formación del equipo, el líder del evento, el coach y el sponsor de este evento kaizen se reunieron para discutir los posibles objetivos de éste. Al final llegaron a un acuerdo en el cual se dijo que los objetivos iniciales para el evento kaizen serían los siguientes:

- Unificar y actualizar los parámetros de control para cada tipo de componente en las 4 máquinas.
- Revisar AMFE de proceso, los AMFE de proceso es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema. Más adelante se explicará cómo se procede para hacer un AMFE.



- Asegurar discriminación componentes, 12/24V, 50/60Hz, 220/380V. Ya que no todas las máquinas funcionan con el mismo voltaje de continua y alterna ni frecuencia. Estos cambios se deben a que se fabrican máquinas para clientes de todo el mundo. Pues cada país tiene sus valores de funcionamiento.

Al alcanzar estos objetivos el número de reclamaciones tipo A bajará considerablemente y en menor medida también bajarán las reclamaciones tipo B pero las reclamaciones tipo C no se verían afectadas. Esto es así ya que este test no trata de ser un test que fatiga la máquina, pues no se podrá ver fallos que pudieran salir al pasar 90 días desde el primer arranque de la maquina .

### 8.2.1. AMFE (análisis modal de fallos y efectos) y número RPN (risk priority number)

Como se ha comentado en el apartado anterior el AMFE es un sistema que analiza los posibles fallos en el producto que se está estudiando. Normalmente se usa en industrias, pero también puede verse en empresas de servicios.

En un AMFE, se otorga una prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus consecuencias, la frecuencia con la que ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas. Un AMFE también documenta el conocimiento existente y las acciones sobre riesgos o fallos que deben ser utilizadas para lograr una mejora continua. El AMFE se utiliza durante la fase de diseño para evitar fallos futuros. Posteriormente es utilizado en las fases de control de procesos, antes y durante estos procesos. Idealmente, un AMFE empieza durante los primeros niveles conceptuales del proyecto y continúa a lo largo de la vida del producto o servicio.

La ejecución del AMFE se divide en tres etapas bien diferenciadas:

- **La severidad o gravedad:** en esta etapa se cuantifica con un valor del 1 al 10 el riesgo que supone dicha actividad en caso de fallo. El modo de fallos debe ser listado en términos técnicos y por función. Por lo tanto, es necesario dejar constancia por escrito de estos efectos tal como los verá o experimentará el usuario. Un modo de fallo que ponga en riesgo la vida de una persona tendrá una puntuación de 9 o 10 en cambio una actividad que no conlleva ningún tipo de riesgo tendrá una puntuación de 1.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

*Tabla 7 criterios para valor la severidad. (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004)*

- **Incidencia o frecuencia:** en dicha etapa se cuantificará la frecuencia con la cual puede observarse un fallo durante la operación. En este paso es necesario observar la causa del fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica. Esta etapa también se valorará del 1 al 10, siendo 1 una ocurrencia muy baja cercana al 1% de fallos y 10 a una ocurrencia muy elevada superando el 50%.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

*Tabla 8 criterios para valor la frecuencia, (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004)*

- **Detección:** esta etapa se basará en cuantificar el buen funcionamiento de nuestro sistema de detección de errores en el proceso que se estudia. Este número representa la capacidad de los test planificados y las inspecciones de eliminar los defectos y detectar modos de fallos. Pues como las otras etapas se cuantificará del 1 al 10, siendo 1 un sistema automatizado de detección que comprueba todos los aspectos del proceso mientras que 10 sería una simple detección visual sin rigor.

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

*Tabla 9 criterios para valor la detectabilidad. (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004)*

El número de prioridad de riesgo RPN, que proviene del inglés risk priority number no es una parte importante de los criterios de selección de un plan de acción contra los modos de fallo. Es más bien un parámetro de ayuda en la evaluación de estas acciones. Después de evaluar la severidad, incidencia y detectabilidad el número de prioridad del riesgo se puede calcular multiplicando los números de las 3 etapas.

$$\text{RPN} = \text{número de severidad} \times \text{número de frecuencia} \times \text{número de detección.}$$

Una vez está calculado, es fácil determinar las áreas que deben ser de mayor preocupación. Los modos de fallo que tengan un mayor número de prioridad del riesgo deben ser los que reciban la mayor prioridad para desarrollar acciones correctivas. Esto significa que no son siempre los modos de fallo con los números de severidad más altos los que deben ser solucionados primero. Es posible que existan otros modos de fallo menos graves pero que sean más difíciles de detectar o que ocurran con más frecuencia. Tras asignar los valores de las etapas y calcular el RPN es recomendable llevar a cabo una serie de acciones con un objetivo, se reparten responsabilidades y se definen las fechas de implementación. Estas acciones pueden incluir inspecciones específicas, testeo, pruebas de calidad, rediseño, etc. Tras implementar las acciones en el diseño o proceso, debe comprobarse de nuevo el número de prioridad del riesgo para confirmar las mejoras.

## 8.3. Ejecución del evento

### 8.3.1. Situación actual y objetivos

Los parámetros que se han escogido para comprobar la mejora en el test de máquina han sido el recuento de DPPM (Defects Parts Per Million). Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{DPPM} = (\text{número de defectos encontrados en las maquinas enviadas} / \text{número de máquinas enviadas}) * 1.000.000$$

Estos DPPM son la unidad de medida que se usa en la empresa de Thermo King para cuantificar la calidad. Concretamente se querían bajar los números de DPPM del ICQ, que como se ha comentado anteriormente son los defectos de calidad A y B. En el departamento de calidad se hacen estudios sobre los DPPM según sí proviene de reclamaciones tipo A, B o C. También se puede identificar de donde proviene la incrementación en los DPPM. Pues por ejemplo se puede verificar que un número determinado de DPPM proviene del mal funcionamiento de los ventiladores que se encargan de evacuar e calor. El departamento de calidad hizo el estudio pertinente y se comprobó que los DPPM del ICQ en diciembre de 2016 eran de 43.342. Pues, se llegó a la conclusión que este número era muy elevado y se quería reducir en un 75%. Lo cual implica pasar de 43.342 DPPM a 10.835 DPPM. Fueron tan optimistas ya que el test se estaba haciendo muy mal y en ese momento se creyó que era posible implementar grandes mejoras que no sería demasiado costosas.

El otro métrico para cuantificar la mejora sería el tanto por cien de fichas de test revisadas al finalizar el evento kaizen. Las fichas de test son unos documentos en los que se especifica el valor medio y la tolerancia de los consumos de los elementos que se prueban durante el test. También informan de que elementos tiene que comprobar la máquina ya que no todos los modelos de máquina llevan todos los elementos. Pues el objetivo en cuanto a las fichas de test era poder revisarlas todas. Ya que se tiene las sospecha que hay muchos errores en ellas. A parte se necesita una actualización de estas fichas de test porque llevan 2 años sin actualizaciones y las máquinas han ido cambiando durante este periodo de tiempo.

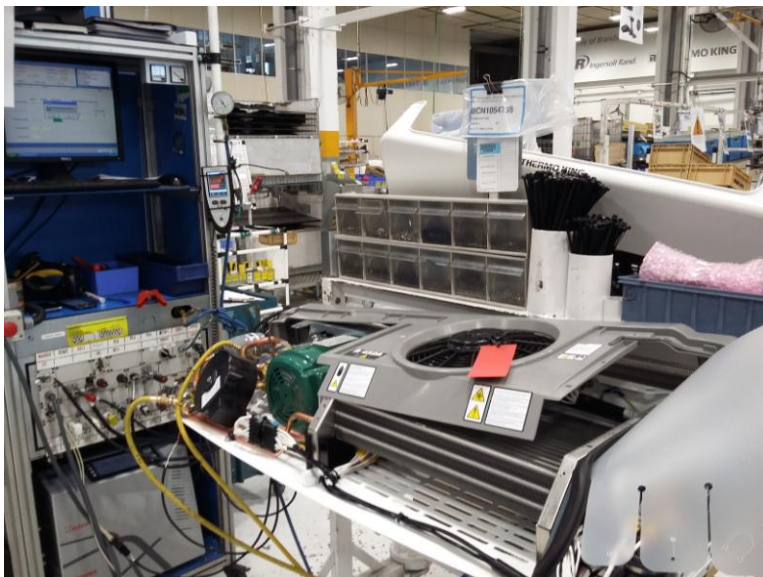
Otro de los objetivos del evento era reducir el número RPN relacionado con todos los montajes o procesos que se verifican durante el test de máquina que se está estudiando. Quedarían fuera los procesos que no se comprueban durante el test . Antes del evento se tenía un número RPN de 195 en estos procesos, se quiere bajar a 146 pues supone un cambio del 25%. Antes del evento todos los procesos que se detectaban visualmente durante el test tenían un valor de detección de 7. Para conseguir el objetivo se había de

pasar este valor de detección de 7 a 5. Entonces fueron necesarios algunos cambios en el test para llegar a este valor. Pues como dice la Tabla 9, que se ha enseñado anteriormente, se habría de pasar de una detección en la cual el defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento, por una detección en la cual el defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente, es muy probable que se detecte en los últimos estadios de producción, (Instituto nacional de seguridad e higiene del estado, 2004). Como se ha explicado anteriormente el test era una de las actividades que se había de mejorar urgentemente ya que se perdía una gran cantidad de dinero en reclamaciones tipo A y B. Para empezar en este apartado se definirá como es el test, sus diferentes etapas, las herramientas que se utilizan para testear y por último los elementos que se testean.

### **El test**

El test se divide en 4 etapas bien diferenciadas: última detección visual, carga de parámetros, comprobación de consumos y test de fugas. En las 3 últimas etapas del test se deberá conectar los cables que hacen interaccionar el ordenador que ejecuta el test con la máquina que estamos probando. Estos cables facilitarán la carga de parámetros y darán voltaje para comprobar los consumos. En resumen, darán los inputs y recibirán los outputs para luego ser analizados.

- Última detección visual: la primera etapa del test será verificar que todos los elementos están en su sitio, pues se ha de verificar que no ha habido ningún olvido por parte de los operarios de la línea. Esta etapa recibe este nombre ya que a veces se detectan estos errores antes de llegar a la zona de test.
- Carga de parámetros: cada máquina viene con su ficha técnica la cual incluye un código de barras para identificar el modelo. Lo primero que se hará será leer este código con un lector de código de barras para identificar que máquina se testeará. Una vez reconocido el modelo de máquina en el ordenador se cargarán los parámetros de este modelo en la placa electrónica DSR o CSR. Por último el ordenador escogerá la ficha de test correspondiente a este modelo.
- Comprobación de consumos. Luego se accionarán varios componentes de la máquina como electroválvulas o ventiladores dando un voltaje de 12V o 24V según la máquina. La información pasará al ordenador el cual comprobará que los consumos de estos elementos están dentro de las tolerancias de la ficha de test.



*Fig. 24 zona de test donde se cargan los parámetros y se comprueban los consumos*

- Test de fugas. Este test servirá para verificar que las soldaduras de los tubos y los empalmes de estos se han hecho correctamente y no fugará líquido. Primero se colocarán unos tapones al circuito para que no se escape el gas, seguidamente se conectará una máquina que hace al vacío a la única entrada de las tuberías. Cuando se haya llegado al vacío se llenarán las tuberías con helio. Por último, se pasará un aparato que detecta el helio por las zonas donde suele fugar. Si la máquina detecta helio automáticamente pitará y se podrá detectar donde se encuentra la fuga.



*Fig. 25 operario intentado encontrar fugas en la máquina*

Hay que recordar que las fichas de test también informan de que elementos se testean en cada máquina, ya que hay modelos más pequeños o más sencillos los cuales llevan menos ventiladores o electroválvulas. En la lista de debajo se colocarán todos los elementos los cuales se testea su consumo en Amperios para comprobar su buen funcionamiento en el test. En la tabla 10 podemos ver un ejemplo de un trozo de las fichas de test, se pueden comprobar los valores medios de las familias de máquinas B100, V100/200/300 y V400/500/600. Se pueden ver sus valores medio en los ventiladores según si es una máquina que funciona a 12V o 24V y si es un ventilador del condensador (CF) o del evaporador (EF).

Código	CF				EF							
	12		24		12				24			
	CF1	CF2	CF1	CF2	EF1	EF2	EF3	EF4	EF1	EF2	EF3	EF4
<b>B100</b>												
B-100-10	7,2				4,7							
B-100-20	7,2				4,7							
B-100-20 60Hz	7,2		--		4,7				--			
<b>V100/V200/V300</b>												
V-100/200/300-10	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-10	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-30	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300-20	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300-20 (60Hz)	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-20	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-20 (60Hz)	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-50	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-100/200/300 MAX-50 (60Hz)	8,5		4,2		5,7	5,7			3,3	3,3		
V-200/300 MAX TC/TCI-10 SPECTRUM	8,5		4,2		5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-200/300 MAX TC/TCI-30 SPECTRUM	8,5		4,2		5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-200/300 MAX TC/TCI-20 SPECTRUM	8,5		4,2		5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-200/300 MAX TC/TCI-50 SPECTRUM	8,5		4,2		5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-200/300 MAX TC/TCI-50 SPECTRUM	8,5		4,2		5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
<b>V400/V500/V600</b>												
V-500-10	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-400/500/600 MAX-10	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-400/500/600 MAX-30	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-500-20	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-500-20 (60Hz)	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-400/500/600 MAX-20	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-400/500/600 MAX-20 (60Hz)	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-400/500/600 MAX-50	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7		3,3	3,3	3,3	
V-500 MAX TC/TCI-10 SPECTRUM 2xES300 or ES300+2xES	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7	5,7	3,3	3,3	3,3	3,3
V-500 MAX TC/TCI-30 SPECTRUM 2xES300 or ES300+2xES	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7	5,7	3,3	3,3	3,3	3,3
V-500 MAX TC/TCI-20 SPECTRUM 2xES300 or ES300+2xES	7,9	7,9	4,2	4,2	5,7	5,7	5,7	5,7	3,3	3,3	3,3	3,3

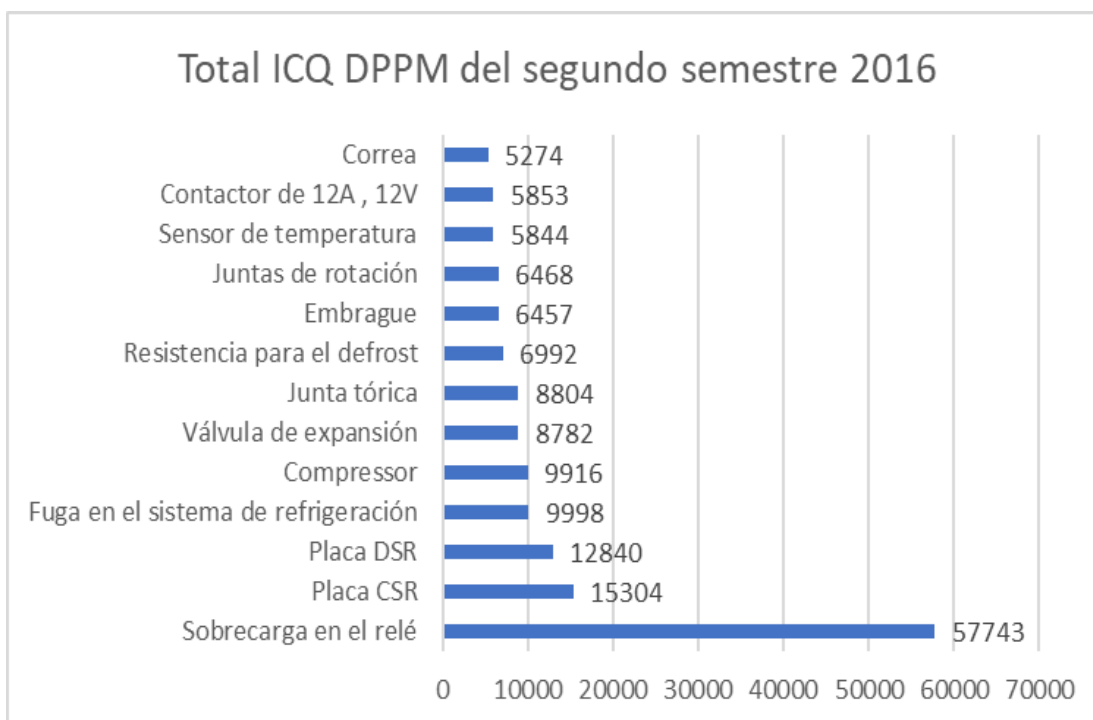
Tabla 10 extracto fichas de test familias B100, V100/200/300 y V400/500/600 Fuente: documentación de la empresa

A continuación se puede ver una lista con todos los elemento que se comprueba su valor nominal de consumo:

- Ventiladores, tanto los que están en la condensadora como los que están en la evaporadora
- Electroválvulas

- Embragues
- Resistencias para evitar la congelación

Durante el análisis del estado inicial se recogió información sobre las garantías tipo A y B durante el año 2016 para tener una idea de los fallos por los cuales la máquina se estropeaba. Se hizo una media de los valores de DPPM de los últimos 6 meses del año.



*Fig. 26 histograma sobre los DPPM de ICQ del segundo semestre del 2016*

En el gráfico se puede comprobar que el componente que más falla con diferencia son los relés, con 57.743 DPPM. Este elemento no se prueba durante el test ni se prevé probarlo ya que sería una comprobación destructiva ya que cuando se sobrecarga un relé deja de funcionar. La idea sería asegurar el funcionamiento de estos relés. Ya hay un proyecto para solucionar este problema. El CSR y el DSR como se ha comentado anteriormente son unas placas electrónicas las cuales sirven para almacenar parámetros importantes de la máquina. Las reclamaciones vienen porque estas placas se rompen ya que son frágiles. Para asegurar el método de montaje de estas placas ya se ha asignado otro evento kaizen.

Los siguientes elementos tienen menor impacto que los últimos 3 citados, pero se podrán atacar todos en un mismo evento kaizen, el que nos atañe ahora. Pues nos tendremos que centrar en tener un buen método para detectar las fugas, las válvulas, las resistencias para el defrost (resistencias para evitar la congelación) y el embrague. Con un test más fiable se acabarán los problemas con estos componentes.



Otro punto a corregir eran las diferencias de las fichas de test entre diferentes máquinas de test. Como se ha comentado anteriormente, hay 4 zonas de test y en cada zona hay un ordenador en el cual se almacenan las fichas de test. Se comprobó que una misma ficha que se utilizaba para un modelo en concreto tenía valores diferentes según donde se testeaba. También se tenía la sospecha que la máquina no estaba bien calibrada y a veces los consumos que leía no eran del todo fiables.

Durante el test no hay ningún sistema estandarizado para hacer inspecciones visuales en el caso que falte algún componente o que este componente no esté bien ajustado, como puede ser el caso de una tuerca mal apretada. Por lo cual cada operario se ha de formar aprendiendo de otros compañeros y estos tampoco saben si están inspeccionando correctamente la máquina ya que no hay un sistema estandarizado. Por lo cual, hasta el momento, el líder de la línea es la persona que se encarga de marcar un estándar en las inspecciones visuales.

### **8.3.2. Soluciones rápidas y primeros experimentos**

#### **Detección visual**

Gracias a la experiencia de nuestros operarios, nos dimos cuenta que el test que hacíamos antes del evento era un test demasiado rápido que básicamente se probaban unos elementos de la máquina y las fugas. Como se ha comentado en el apartado anterior no se hacía mucho hincapié en el test de detección visual ya que no había un estándar. Este test se considera importante ya que nos llegan varias reclamaciones de cliente que están relacionadas con mal apriete o directamente falta algún elemento en la máquina. Además, uno de los objetivos del evento, es rebajar el valor de detección de los AMFES del proceso relacionados con procesos que se llevan cabo en la línea de producción. Se mencionó anteriormente que para llegar al objetivo se necesitaba pasar de un valor de detección de 7 a 5. Pues se debía robustecer la detección visual para que fuera más eficaz. La solución propuesta será proveer con un marcador de color blanco a cada puesto de trabajo donde se realicen aprietes o ajustes en la máquina, cada elemento que se apriete deberá tener una marca de color blanco. Adicionalmente, se creará un estándar de trabajo para que los operarios siempre sigan el mismo camino para verificar los aprietes y la presencia de todos los elementos de la máquina. Al avanzar en el experimento se detectó que muchos operarios se olvidaban de marcar los elementos que habían apretado. Por esta razón se pensó en juntar el marcador con las herramientas de apriete de una forma ergonómica, así será más difícil que se olviden de marcar el elemento que han apretado.

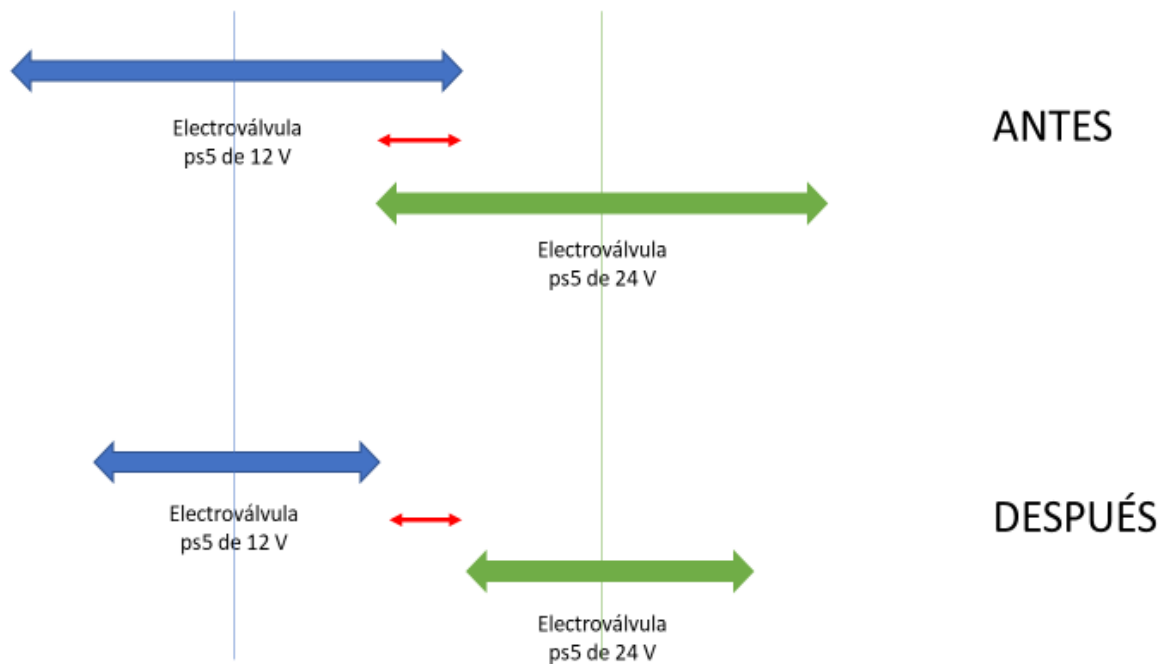
## Fichas de test

En cuanto a las fichas de test hay un gran trabajo por hacer, se prevé que será complicado actualizar todas las fichas durante el período de ejecución del evento kaizen. Para saber el auténtico valor nominal de cada elemento se ha procedido a hacer un análisis estadístico con todos los test que se hicieron durante el 2016. Pues se ha procedido a separar por modelo así se ve claramente los valores de cada elemento. Al hacer este análisis nos damos cuenta que hay muchos modelos que comparten mismos componentes. Por ejemplo, en la fábrica solo se usan 6 tipos de ventiladores pues al hacer la estadística es fácil diferenciar estos ventiladores por su valor nominal. Aunque a veces es complicado diferenciar un modelo de ventilador de otro o una electroválvula debido a la variabilidad de estos valores, por lo tanto, se ha requerido hacer más que un análisis estadístico para comprobar estos valores. Concretamente, hemos apoyado nuestro análisis estadístico junto a la experiencia del operario que forma parte del equipo del evento kaizen y del encargado de la línea de producción. Ellos tienen una gran experiencia en el test, pues nos podían confirmar en que máquina se montan diferentes elementos. También ha sido de gran ayuda los mapas de las máquinas que nos proporciona el departamento de ingeniería. En estos mapas podemos ver realmente que componentes se deben montar en cada máquina, ya que en el test de antes del evento kaizen a veces se probaban elementos que no estaban en la máquina e inducía a errores. Pues junto a la experiencia de los operarios, la estadística y los mapas de las máquinas se actualizaron un 100% de las fichas de test. En el anexo D se ha colocado un ejemplo de mapa de componentes.

El problema vino después, hay una gran cantidad de fichas que se han de colocar en el ordenador del test manualmente pues es un proceso que requiere de muchas horas porque es muy lento. Durante la ejecución del evento solo se pudo colocar las fichas en un ordenador del test, para comprobar su funcionamiento. Cabe recalcar que no en todas las líneas se hacen las mismas máquinas pues ahorráramos tiempo solo colocando las fichas que se usarán en las máquinas de test de cada línea.

Otro de los grandes problemas que había con las fichas eran las tolerancias. Se habían de estrechar las tolerancias ya que algunas veces había máquinas que pasaban el test y no debían. En mucho de los casos se ponían elementos que funcionaban con 24V en máquinas que iban a 12V por lo tanto el consumo era menor del que tendría que ser, pero como la ventana de tolerancias era muy elevada pasaban el test. El problema venía con los elementos que tenían un consumo menor, los cuales era más probable que el rango de valores entre 12V y 24V se pudiera cruzar. Por lo tanto, se decidió que los ventiladores, un elemento que tiene un consumo relativamente elevado, tenga un rango de tolerancias por defecto y exceso de 0,75 por banda. Mientras que; electroválvulas, embragues y resistencias que evitan la congelación tengan unas tolerancias por exceso o por defecto de

0,5 por banda. En la Fig. 27 podemos ver gráficamente como se han estrechado las tolerancias. Las líneas verticales más finas significan el valor medio, mientras que las flechas más gruesas indican el rango de tolerancia. Como bien se puede ver en la Fig. 27 antes se solapaban parte de los dos rangos, pues una máquina podía pasar el test de 24V habiendo colocado alguna electroválvula de 12V. Con las nuevas tolerancias más estrechas el fenómeno de solapamiento se erradicó.



*Fig. 27 Disminución de las tolerancias*

Lo mejor sería adaptar las tolerancias a cada caso, que el rango de tolerancias este en acuerdo con la calidad del elemento y con su valor medio. Pero al ser un proceso tan lento para cambiar las fichas en los ordenadores, se tienen que ir ficha por ficha y cambiar todas las tolerancias de todos los elementos, se decidió establecer las tolerancias estándares aplicando el método explicado anteriormente.

Elemento	Tolerancia para 12V o 24V
Ventiladores	$\pm 0,75$
Electroválvulas	$\pm 0,5$
Resistencias para el defrost	$\pm 0,5$
Embragues	$\pm 0,5$

*Tabla 11 Rango de tolerancias*

En cuanto a la calibración de las máquinas fue un proceso bastante más sencillo y rápido. Pues se cogieron 3 máquinas y se les hacía un test normal, mientras se estaba haciendo un test se colocaba una pinza amperimétrica en el cable que llevaba el consumo de los elementos. Esta pinza había sido calibrada anteriormente unos días antes del evento kaizen, pues su valor era el que cogíamos como real. Para nuestra sorpresa solo estaba mal calibrada una máquina. Esa máquina era la que menos se usa y dándole un vistazo al análisis estadístico se podía observar que en algún momento sus valores ya no reflejaban la realidad.

### **8.3.3. Soluciones ejecutadas durante la etapa de seguimiento**

Como en el SMED, que se ha estudiado anteriormente, muchas mejoras no se pudieron implantar por falta de tiempo durante la ejecución. Pues estas actividades que quedan pendientes se apuntaron en una lista con el nombre de la persona del grupo responsable de cometerlas y la fecha límite para ejecutarlas. Igual que en el evento kaizen estudiado en el capítulo anterior. El formato utilizado es el mismo que en el SMED.

Muchas veces los operarios cambiaban las tolerancias de las fichas de test. Esto sucede ya que las máquinas fallaban demasiado y por lo tanto los operarios no llegaban a los objetivos marcados por sus superiores. Introduciendo una contraseña para modificar tanto los valores medios como las tolerancias de todos los elementos que se testean en las fichas de test se acabará con este problema. Es sencillo de hacer, pero la idea se sugirió casi al final de evento pues no hubo tiempo de implantarla.

También cabe recordar que queda pendiente colocar las fichas de test en todos los ordenadores, ya que durante el periodo de ejecución solo hubo tiempo de colocar las fichas en un ordenador

Como se ha visto en la Fig. 26 tenemos un gran problema con la sobrecarga en los relés. A parte, el relé es uno de los elementos que más se confunde al colocarlo en máquinas que funcionan con 12V o en máquinas que funcionan con 24V y viceversa. Por ese motivo se ha decidido utilizar la gestión visual para ayudar a los operarios. Se le comunicará al proveedor que los relés que nos envíe de 12V tengan la carcasa de color rojo mientras que los de 24 sean de color azul. Así se evitarán equivocaciones. Mientras el proveedor no nos envíe los nuevos relés a colores se propone usar etiquetas de colores en la fábrica para causar el mismo efecto.

Durante el test no se prueba el elemento LPCO (low pressure cut-out) que en español sería la alarma por baja presión. Se quiere testear este elemento para estar seguros que llega al cliente sin defectos. En el momento que se ha explicado cómo se comprueban las fugas se ha comentado que tenemos una máquina que puede hacer el vacío. Utilizaremos esta máquina para crear baja presión y comprobar que la máquina funciona correctamente. También se quería probar el HPCO (high pressure cut-out) que en español sería alarma para la alta presión. Pero por normas de seguridad solo se puede probar la máquina a un máximo de 7 bares y estas alarmas se activan para 20 bares, pues no sería de utilidad. Por eso se pensó en pagar un plus al proveedor porque no asegure la calidad de estos elementos HPCO.

#### **8.3.4. Mejoras fuera del evento**

A parte de todas las soluciones que se han mencionado en los otros apartados. En mi análisis después del evento he analizado que se podrán haber hecho otras cosas que hubiesen ayudado a mejorar el test.

Durante el test se pierde una gran cantidad de tiempo para cargar los parámetros en la placa de la máquina. Esta pérdida de tiempo se debe a que los ordenadores son muy antiguos y están casi obsoletos. A parte de eso, últimamente se están estropeando continuamente, pues los gastos en reparaciones están empezando a ser un problema. Pues invertir en 4 ordenadores nuevos para la máquina de test sería una gran mejora en productividad ya que el operario está 50 segundos parado esperando a que se carguen los parámetros de visibilidad de la máquina. Cuando con un ordenador de última generación se tardaría menos de 5 segundos pues se acortarían 45 segundos en cada test. Estos segundos se podrían usar en inspecciones visuales más detalladas.



*Fig. 28 Ordenador que se está quedando obsoleto*

También identifiqué que la máquina no aporta ningún tipo de información mientras se está ejecutando el test. Pues, solo nos da información al final del test si este no ha sido satisfactorio. Entonces aparece un mensaje en la pantalla del ordenador, en este se puede leer que no se ha pasado el test y en que etapa ha fallado. Puede ser que haya fallado durante la carga de parámetros o durante la comparación de consumos reales con los de la ficha de test. La única etapa que nos da información en el momento de fallo es en la de detección de fugas. El aparato que comprueba las fugas pitará en el momento que detecte el helio.

La idea de mejora consiste en reprogramar el ordenador. Se debe implantar una mejora para que en el momento que detecte un error en la etapa de carga de parámetros o en la de los consumos de los elementos se vea por pantalla. Pues así el operario puede informar al ingeniero rápidamente y ya no se debe investigar donde ha fallado la máquina exactamente. Además, el operario aprenderá a solucionar problemas. Ya que al saber dónde se ha producido el error y viendo como actúa el ingeniero para solventarlo podrá reproducir esa solución en el futuro. Ya puestos a reprogramar estaría bien ver una señal de OK o cualquiera otra señal de aprobación cuando se pasa el test de carga de parámetros y consumos. Como cada operación durante la línea de producción el test tiene su tiempo especificado, pues ya que tenemos una pantalla en el ordenador una buena idea sería poner un contador de cuenta atrás para ver cuánto tiempo le queda al operario para finalizar dicho test. Pues este contador se debería iniciar en la inspección

visual y se debería parar cuando se finalice el test de fugas. Este contador se podría modificar durante el día según las exigencias de producción.

Como se ha comentado varias veces durante el análisis de este evento kaizen actualizar las fichas de test en los ordenadores de la zona de test es un proceso lento. Para mejorar este aspecto se ha pensado que se podrían conectar todos los ordenadores, así al cambiar las fichas de test de un ordenador se cambiarán en todos. Básicamente la idea sería que compartieran un directorio. Eso es bastante fácil de hacer pues no requeriría una gran inversión de tiempo, además el tiempo de actualización se reduciría severamente. También se ganaría en flexibilidad, ya que se podrían producir cualquier modelo de máquina en cualquier línea de producción, ya que todas las fichas estarían en todos los ordenadores. Ahora mismo solo se colocan las fichas de test que se usan en cada línea.

Por último, observando a los operarios hacer un test me di cuenta que se tenían que hacer varias conexiones entre la máquina que se produce y la máquina de test. Observé que en más de una vez se habían equivocado haciendo el conexionado. Sería interesante utilizar la gestión visual para ayudar a los operarios. Los cables salen de la máquina de test, pues cada cable tendría que tener un color. Entonces, durante la etapa de colocar las pegatinas de la marca en la máquina se deberían colocar otras pegatinas de colores en los puertos de conexión de la máquina, los colores de los puertos deben coincidir con los colores de los cables de la máquina de test. De esta manera el operario siempre conectará el color del cable con el color del puerto y se reducirán los errores por conexionado.

## 9. Valoración económica

En este apartado se adjuntará el estudio económico llevado a cabo para implantar todas las mejoras planteadas en los capítulos 7 y 8. Cabe recalcar que la base del lean manufacturing se basa en implantar mejoras haciendo muy pocas inversiones, pues se ha intentado gastar el mínimo. Primeramente, se analizarán los costes del SMED y luego los del evento kaizen relacionado con la zona de test.

### 9.1. Análisis económico SMED

#### 9.1.1. Costes

En la primera tabla se especificará cuál fue la inversión durante la etapa de ejecución del SMED, durante los 3 días de ejecución.

Concepto del coste	Número de ejemplares	Coste
Carros para transportar bobinas	3	426 €
Centrador de bobinas	1	124 €
Bandejas para colocar las piezas de cambio en la zona de rodamientos	6	72€
Bandejas para colocar las piezas de cambio en la zona de corte	12	96 €
Cinta adhesiva de color	6	42€
Plancha de espuma para colocar las piezas de cambio (120 cm x 70 cm x 5 cm)	3	57 €
Carro para guardar las bandejas zona de rodamientos	1	108 €
Carro para guardar las bandejas zona de corte	2	128 €
Total coste material etapa de ejecución		1.053 €

*Tabla 12 Coste del material de ejecución del SMED*



En la Tabla 12 no se contempla los gastos futuros que se añadirán al SMED, estos gastos provienen de la inversión necesaria para ejecutar la lista de tareas. La lista de tareas pendientes formará parte de la etapa de seguimiento del evento kaizen.

Concepto del coste	Número de ejemplares	Coste
Juego de herramientas básicas para hacer un cambio	2	104€
Destornillador automático	3	69€
Tablero metálico para colocar herramientas	3	84 €
Lámina de plástico para hacer las sobras de las herramientas (100 cm x 60 cm x 0,5 cm)	3	45 €
Total coste etapa de seguimiento		302 €
<b>Total coste material SMED</b>		<b>1.355 €</b>

*Tabla 13 Costes del material en la etapa de seguimiento del SMED*

A continuación, se contempla la cantidad de tiempo invertida en el proyecto por cada miembro que ha colaborado en la ejecución de este. Pues ajustando su salario al número de horas nos sales los siguientes costes.

Concepto del coste	Precio por hora	Número de horas	Coste
Trabajo de managers (Sponsor, responsable de producción y lean coach)	30 €	52	1560 €
Trabajo de ingenieros (ingeniero técnico)	24 €	24	576 €
Trabajo de operarios (operario máquina de tubos y responsable línea de producción tubos)	12 €	48	576 €
Trabajo becario (yo mismo)	8 €	15	120 €

<b>Total</b>	<b>2.832 €</b>
--------------	----------------

*Tabla 14 Costes en salarios de trabajadores*

Si sumamos todos los costes de las tablas podemos ver que el coste total para realizar el SMED fue de 5.240 €.

### 9.1.2. Beneficios y amortización

Después del SMED los cambios de piezas para modificar los tubos de diferente diámetro serán mucho más rápidos y rentables. Por eso se ha pasado de una tasa de cambio de 2,3 cambios al día a una de 3,6 cambios al día. Con la nueva ratio de cambios calcularemos en cuanto tiempo se rentabilizará nuestra inversión inicial.

<b>Horas para realizar un cambio antes del SMED</b>	<b>Horas para realizar un cambio antes del SMED</b>	<b>Diferencia en horas</b>
1,82	0,42	1,4

*Tabla 15 diferencias de tiempos de cambio antes y después del SMED*

La Tabla 15 de arriba indica el tiempo que tarda un solo operario en hacer un cambio en la máquina de tubos. Sabiendo del apartado anterior que un operario cobra 12€ cada hora y que el gasto total para implantar las mejoras fue de 5.240 €, haciendo una simple ecuación de primer grado obtendremos la cantidad de días necesarios para recuperar la inversión.

$$1,4 \text{ horas} * 12 \text{ €/hora} * 3,6 \text{ cambios/día} * X = 5.240 \text{ €}$$

X nos da un resultado de 86,64 días, contando que un mes laboral tiene 20 días podríamos decir que en 4 meses y 1 semana habremos amortizado la inversión que se hizo en el evento kaizen. En estos cálculos no se tiene en cuenta que gracias a esta mejora hay mucha más flexibilidad en cuanto a volúmenes de producción. Eso significa que el ciclo de producción puede cambiar según exigencias de los clientes, ya que habrá mucha más disponibilidad de tubos de diferentes diámetros. Eso es complicado contabilizarlo en dinero, pero es un gran avance para la planta ya que podrá producir diferentes modelos de máquinas con más frecuencia. Entonces será mucho más fácil llegar a las fechas de entrega que demanda el cliente. Si fuera capaz de contabilizar este valor de flexibilidad, que estoy seguro que tiene un peso importante en el cálculo del

tiempo de amortización, la cantidad de tiempo para recuperar la inversión sería menor a 4 meses y 1 semana.

No se ha tenido en cuenta ningún tipo de interés ya que para pagar todo el material se usó el presupuesto del mes de enero de la planta.

## 9.2. Análisis económico evento kaizen zona de test

### 9.2.1. Costes

En la primera tabla se especificará cuál fue la inversión durante la etapa de ejecución del evento kaizen relacionado con la zona de test, durante los 2 días y una mañana de ejecución.

Concepto del coste	Número de ejemplares	Coste
Marcador para colocar a las herramientas de apriete	12	66 €
Calibración pinza amperimétrica acreditada por la ENAC ( Entidad nacional de acreditación )	1	288 €
Etiquetas de color para diferenciar relé	10	70€
Incremento de precio por cambiar el valor de los relés	-	10€ por cada lote de 200
Incremento de precio por asegurar la calidad del HPCO	-	50€ por cada lote de 100
<b>Total coste material etapa de ejecución y seguimiento</b>		<b>484€</b>

*Tabla 16 Costes de material evento kaizen zona test*

A continuación, se contempla la cantidad de tiempo invertida en el evento por cada miembro que ha colaborado en la ejecución de este. Pues ajustando su salario al número de horas nos sales los siguientes costes.

Concepto del coste	Precio por hora	Número de horas	Coste
Trabajo de managers (Sponsor, responsable ingeniería de producción, lean coach, responsable de calidad)	30 €	66	1.980 €
Trabajo de ingenieros (ingeniero técnico)	24 €	21	504 €
Trabajo de operarios (operario máquina de test y responsable línea de producción tubos)	12 €	42	504 €
Trabajo becario (yo mismo)	8 €	15	120 €
<b>Total</b>			<b>3.108 €</b>

*Tabla 17 Costes en salario para la ejecución del evento kaizen zona test*

Pues sumando los costes de material y sueldo de los empleados obtenemos una cifra de 3.592 €.

### 9.2.2. Beneficios y amortización

Gracias a este evento está previsto recortar 32.507 DPPM en ICQ (reclamaciones A y B). Esta ciencia no es exacta pero cada 6.000 DPPM es una reclamación de cliente. En las reclamaciones tipo A y B normalmente se ha de reparar la máquina y hacer todo lo posible para dejarla como nueva. Debe ser una obsesión que queden como nuevas ya que el cliente está muy enfado porque su máquina ha fallado demasiado pronto, pues necesitamos que continúen confiando en la marca. El tiempo de reparación para las máquinas tiene un promedio de 3 horas. Este periodo también incluye el tiempo para encontrar el error porque a veces el cliente no es suficientemente explícito, pues se han de hacer varias pruebas a la máquina. También hay que remarcar que el envío de ida y vuelta corre a cargo de la empresa. Hay estaciones de servicio de la la empresa Thermo King por todo el mundo que se encargan de reparar las máquinas y cobran 18 euros por hora de trabajo de promedio, obviamente existen diferencias entre países según su política y economía. Los clientes suelen llevar sus máquinas al centro más cercano pues los envíos salen por 100 euros la unidad en promedio.

A partir del siguiente mes se bajan 32.507 DPPM que significan unas 5,3 reclamaciones de tipo A o B. Con esta información junto a la que se ha explicado en el apartado anterior respecto el precio de reparaciones y envíos se puede calcular aproximadamente cuando se recuperará la inversión inicial.

$$\begin{aligned} & ((5,3 \text{ reclamaciones/mes} * 3 \text{ h reparación/reclamación} * 18 \text{ € reparación/h}) + 100 \text{ € envío}) * \\ & X = 3.592 \end{aligned}$$

Pues el resultado de X es 9,3 meses. Pues se recuperará la inversión en 9 meses y 1 semana aproximadamente.

## 10. Impacto sobre el entorno

En esta planta no se produce ningún tipo de gas que contamine el medio ambiente pues para el funcionamiento de las máquinas para realizar los eventos kaizen solo se ha utilizado energía eléctrica. Pues la contaminación vendría de las que generan esta energía eléctrica.

La seguridad de los operarios durante los eventos era una de las premisas para ejecutar dichos eventos. Además, al bajar a la zona de producción se han de tomar una serie de medidas:

- Ponerse unas botas de seguridad, con la punta reforzada
- Gafas de seguridad, resistentes a golpes y que cubran todo el ojo
- Guantes de seguridad, si era necesario entrar en contacto con herramientas o piezas.

Sobre todo habían de extremar la precaución aquellas personas que normalmente trabajan en la oficina, ya que no están acostumbradas a bajar a la planta y hacer trabajos físicos que implican un riesgo añadido.

## Conclusiones

La conclusión más importante que he podido observar durante este proyecto ha estado que la fuerza de estos eventos kaizen y del lean manufacturing en general reside en las personas. La clave está en involucrar personal de todos los niveles y departamentos y que todo el mundo se sienta valorado y escuchado. De esta manera se podrá alcanzar la excelencia operativa. Es importante contar con todos los puntos de vista importantes en la empresa. Además, cada persona tiene una experiencia diferente que puede ser útil durante el proyecto, aunque tenga menos estudios. Como la se dice popularmente, la experiencia es un grado y es importante aprovechar cada grado de la experiencia.

También he podido llegar a la conclusión que en la etapa de ejecución de los eventos kaizen, los cuales tienen poca duración, es importante implantar el mayor número de mejoras que se pueda. Ya que después de la etapa de ejecución del evento los trabajadores dejan en segundo plano el evento. Pues, tienden a no cumplir con las fechas límite para entregar las faenas que han quedado pendientes ya que su trabajo del día a día ocupa todo su tiempo laboral. Pues, es importante ejecutar las mejoras propuestas, aunque no sean el modelo definitivo o no estén las mejoras completadas al 100%. Ya que al estar medio hechas la gente tenderá a acabarlas. En cambio empezar una mejora desde 0 es siempre más complicado, aunque se haya hablado de como ejecutarla anteriormente.

Otro aspecto que me ha llamado mucho la atención es la sencillez de algunas soluciones que se han llevado a cabo pero que tienen un gran impacto en la producción o calidad, que son los aspectos que rigen los eventos que se han analizado. Pues la gestión visual a simple vista parece una tontería, pero al juntar elementos que van juntos por sus colores o hacer sombras para herramientas implica que el porcentaje de error humano se reduzca en un factor considerable. Sobre todo, es muy útil en aquellas personas que están haciendo una tarea por primera vez. Su buen funcionamiento radica en su sencillez pues cualquier persona entiende cómo funciona estas mejoras y sabe sacarles partido. Pues la potencia de las técnicas lean reside en su bajo coste de implementación y su sencillez. Siempre habrá un límite para estas mejoras, cuando ya se ha hecho unos cuantos eventos y o se consigue llegar a los objetivos. Entonces, si que se debe hacer una inversión mayor para comprar maquinaria nueva porque la vieja ha quedado obsoleta incluso con las mejoras lean.

## Agradecimientos

Antes de todo me gustaría mencionar a todo el personal de la Planta de Thermo King de Sant Feliu de Llobregat, ellos me iniciaron en este mundo del lean y les estoy muy agradecido por su trato durante los meses que trabajé allí. Quiero hacer especial mención a las personas que confiaron en mí durante estos eventos kaizen y tuvieron paciencia para enseñarme como ejecutar las distintas mejoras y como proceder en el evento. Por estos motivos me gustaría mencionar a Francesc Baylina, Marc Arbós, Javier Gómez, Ricard Canela, Guillem Casanovas, Raúl Ourense, José Antonio Gallardo, José Luis Mata y Salvador Navarro.

Me gustaría hacer especial mención a Ramón Serra, que fue mi tutor de prácticas en la empresa durante mi etapa en la Planta de Thermo King, él ha sido la persona que más me ha ayudado durante el proyecto y me ha traspasado su pasión por esta cultura. A parte de ser una gran persona que siempre ha tenido mucho paciencia conmigo.

También me gustaría hacer mención a Xavier Tort que ha sido mi tutor del trabajo y me ha ayudado a aclarar mis ideas en los momentos que no tenía claro por donde proceder.

Mi amigo Eduardo Pereda también me aconsejó durante algunas partes del trabajo y le estoy muy agradecido por su ayuda y buenos consejos.

Por último agradecer a todos mis amigos y familiares que me han dado apoyo moral durante todo el trabajo. Me gustaría hacer especial mención a mis padres, Enric y Gina que siempre me han intentado ayudar en todo lo que han podido.



## Bibliografía

### Referencias bibliográficas

ABDULMALEK AND RAJGOPAL. *Analyzing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation*, 2007

AL-TAHATE, M.D. *Effective design and analysis of pattern making process using value stream mapping*, *Journal of Applied Sciences*, Vol 10, No 11, 2010

BAYKOQ, O.F., EROL, S., *Simulation modelling and analysis of a JIT production system* *Int. J. Production Economics* Vol. 55 ,1998

DENNIS, P. *Lean production simplified (2nd ed.)*. Boca Raton, FL: Productivity Press, 2007

DOTOLI, M., FANTI, M. P., ROTUNNO, G. *A Lean Manufacturing Procedure using Value Stream Mapping and the Analytic Hierarchy Process*, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2011

ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, 2013.  
[[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_LeanManufacturing\\_2013.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf), 16 de Junio de 2015]

HÜTTMEIR, A., TREVILLE, S., ACKERE, A., MONNIER, L., PRENNINGER, J., Trading off between heijunka and just-in-sequence *Int. J. Production Economics* Vol. 118, 2006

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Principles of lean Retrieved from; 2008  
<http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm#specify>; viewed on 16/03/2005

LEONARDO SILVA FRANCO, *Incremente la Productividad de su empresa Aplicando Eventos kaizen*, Guayaquil, 2012  
[<http://www.industrias.ec/archivos/file/SEMINARIOS/JUNIO/EVENTOS%20KAIZEN/0%20Mejor%20Productividad%204%20-%20KAIZEN.pdf>]

LIKER, J.K., MEIER, D., *The Toyota Way* McGraw-Hill, 2004

MELTON, T., *The Benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has to Offer the Process Industries* *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 83, 2002

MCDONALD, T., VAN AKEN, E.M. AND RENTES, A.F.) *Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application*, *International Journal of Logistics*

Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management, Vol 5, No 2, 2002

PETTERSEN, J. Defining lean production: some conceptual and practical issues The TQM Journal Vol. 21 No. 2, 2009

RAMESH, V., PRASAD, K.V.S., SRINIVAS, T.R. Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry Journal of Industrial and Systems Engineering Vol. 2, No. 3, 2008

RAMOS, D.A. Lean Principles Applied to Extended Value Stream Mapping To Achieve a Costs Savings in the North American Automotive Industry, Msc Thesis Degree Manufacturing Engineering University of Wisconsin-Stout, 2010

ROTHER, M. AND SHOOK, J., Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda, 1.2 edn (Brookline, MA, The Lean Enterprise Institute), 1999

SHAH, R., WARD, P.T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance, Journal of Operations Management, Vol. 21, 2003

WOMACK, J.P., JONES, D.T. AND ROOS, D., *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*, (HarperCollins Publishers, New York, USA) 1990

WOMACK, J. P., JONES D.T. *Seeing the Whole*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 2002

## **Bibliografía complementaria**

GEORGE KOENIGSAECKER, *Leading the Lean Enterprise Transformation*, Second Edition, 2012

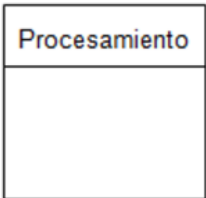
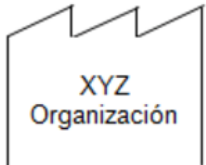



THERMO KING – INGERSOLL RAND, documentación de la empresa que se guardan su fuente por confidencialidad.


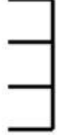

WOMACK, J. P., JONES D.T. *Lean Thinking*, 2012

## Anexo A



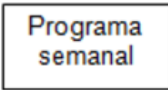
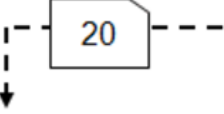
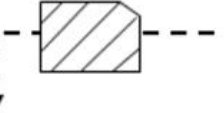
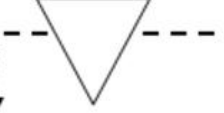
En este anexo podremos encontrar los símbolos más utilizados para diseñar el VSM y el EVSM.


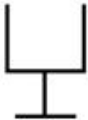

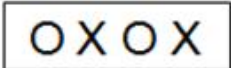

### Símbolos relacionados con material

Símbolo	¿ Que Representa ?	¿ Cómo usarlo ?					
 <p>Procesamiento</p>	<p>Proceso de producción o realización del servicio.</p> <p>Un proceso, máquina, departamento, u operación. El número representa la cantidad de máquinas, departamentos, etc.</p>	<p>Un cuadro de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deben ser etiquetados.</p> <p>También se utiliza para los departamentos, tales como <b>Control de Producción</b> sin el icono interior</p>					
	<p>Fuentes externas.</p> <p>Normalmente se utiliza en el inicio del proceso para representar un proveedor y al final de un proceso para representar al cliente.</p>	<p>Se utiliza para mostrar a los clientes, proveedores y procesos de fabricación fuera de la organización, incluye procesos sub contratados al exterior.</p> <p>Anota el nombre de cliente o proveedor</p>					
<table border="1" data-bbox="146 1137 352 1373"> <tr><td>C/T = 45 seg</td></tr> <tr><td>C/O = 30 min</td></tr> <tr><td>2 Ciclos</td></tr> <tr><td>27,600 seg</td></tr> <tr><td>2 % desperdicio</td></tr> </table>	C/T = 45 seg	C/O = 30 min	2 Ciclos	27,600 seg	2 % desperdicio	<p>Recuadro de datos.</p> <p>Indica información importante necesaria sobre otro icono.</p>	<p>Se utiliza para registrar la información clave y relativa a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc.</p> <p>Anota sólo los datos necesarios ligados a las capacidades o restricciones del procesamiento.</p>
C/T = 45 seg							
C/O = 30 min							
2 Ciclos							
27,600 seg							
2 % desperdicio							
	<p>Inventario.</p> <p>Inventario almacenado entre dos procesos.</p>	<p>Cantidad &amp; tiempo deben anotarse</p>					
	<p>Envíos externos (unidad de transporte)</p>	<p>Anota la frecuencia de los envíos.</p> <p>Los envíos de los proveedores o los clientes que utilizan transporte externos, tal como un camión.</p>					
	<p>El movimiento de material de producción por empuje (<b>PUSH</b>)</p>	<p>El material que se produce y se adelantó antes, al siguiente proceso que lo necesita:</p> <p>Por lo general, sobre la base de un horario</p>					






Símbolo	¿ Que Representa ?	¿ Cómo usarlo ?
	El movimiento de materiales al siguiente paso del proceso	Las materias primas que vienen de un proveedor o el movimiento de productos terminados al cliente.
	Supermarket	Un inventario controlado de materiales, es como un inventario de estantería, anota la cantidad disponible
	Retirada (Withdrawal)	Tirar de los materiales, usualmente de un inventario controlado (supermarket)
<u>max. 20 piezas</u> — FIFO →	La transferencia de cantidades controladas de material entre los procesos en una secuencia "Primero en entrar primeros en salir"	Indica un dispositivo para limitar la cantidad y garantiza el flujo FIFO de material entre procesos. La cantidad max. debe anotarse

**Símbolos relacionados con información**

	Flujo manual de información, tales como notas o informes.	Ejemplos: Plan de producción o programa de envíos.
	Flujo electrónico de información, como el intercambio electrónico de datos (EDI) o Internet.	Ejemplo: Informática / Base de datos / Email
	Información	Describe un flujo de información concreta, anota el título del documento
	Kanban Producción ( la línea punteada	Una tarjeta o dispositivo que le dice a un proceso que esta "OK" para producir "qué" y la "cantidad" que se necesita producir y entregar.
	Retirada Kanban	Tarjeta o dispositivo que indica al manejador de materiales que debe obtener y transferir partes.
	Señal Kanban	El Kanban "por lotes". Señala cuando se alcanza un punto de pedido y otro lote debe ser producido.

Símbolo	¿ Que Representa ?	¿ Cómo usarlo ?
	Secuencia de tiro/jalar - Pull Ball	Proporciona instrucciones para producir de inmediato un tipo y cant., normalmente una unidad. Un sistema de tirar para los procesos de subensamble sin usar inventario de consumo.
	Tarjeta Kanban	Indica lugar donde se recogen y llevan a cabo
	Kanban arribo por lotes	Envío de cantidades representadas en gripes o lotes
	Nivelación de carga	Se utiliza para lotes Kanbans para que subas de nivel del volumen de producción y
	"Go See" Programación de la producción	Ajustes de los programas basados en la verificación de niveles de inventarios

### Otros símbolos

	"Kaizen Burbuja de mejora"	Indica necesidades de mejora en el proceso
	Buffer o Inventario de seguridad	"Buffer" o "Safety Stock" las cantidades deben ser anotadas
	Operador	Representa personas vistas desde arriba, las cantidades deben ser anotadas
	Horas consumidas / horario / línea de tiempo	Muestra los momentos en el que el proceso añade valor al producto y los tiempos de espera.
	Tiempo total	Muestra el tiempo total en el que el proceso aporta un valor añadido al producto y los tiempos totales de espera.

# Anexo B

A continuación, se podrá ver un ejemplo de auditoría de las 5S.

5S Hoja auditoria Producción											
Area		Calificación final:		0		Calificado por:					
Fecha		Calificación previa:									
0	1	2	3	4	5	Calificación					
No iniciado; Cero esfuerzo	Actividad inicio, pequeño esfuerzo	Amplia actividad; sin embargo hay muchas oportunidades de mejora	Nivel Mínimo aceptable sostenido por al menos un (1) mes	Mejor resultado en su area; Aprobado por supervisor inmediato; sostenido por al menos un (1) mes	Mejor practica; Clase Mundial; Revisado por Gte general; sostenido al menos seis (6) meses						
5S	No.	Chequear	Descripción	0	1	2	3	4	5	Tot	
<b>PASO 1: Clasificación</b>			<b>Promedio ###</b>								
	1	Componentes, materiales y partes	Solo los niveles necesarios de inventario en el area esta a la mano. Residuos y piezas sin uso estan en contenedores claramente marcados..								
	2	Maquinas, gabinetes, muebles, bancos	Solo los articulos necesarios estan a la mano en el area. No hay maquinas, herramientas bancos no necesarias en el area.								
	3	Herramientas y otro equipo	Todas las herramientas accesorios y otros equipos en el area son usados regularmente. Cualquier herramienta que es usada menos de una vez al dia, es								
	4	Tableros de noticias	Estan actualizados, anuncios rotos o sucios, todos los boletines son arreglados en una manera ordenada								
	5	Primera impresión completa	Su impresión general debería decir si es lo mejor que esperaría para un area de producción.								
<b>TOTAL</b>										<b>0</b>	
<b>PASO 2: Organización</b>			<b>Promedio ###</b>								
	6	Diseño Area	Maquinas, autos y equipo estan arreglados en una manera logica y ordenada para promover un flujo suave en el area de trabajo								
	7	Marcado pasillos y suelo	Lineas en el piso claramente marcadas, pasillos, areas de bodega y areas peligrosas								
	8	Documentación y señales visuales	Solo los documentos y cartapacios necesarios para el trabajo se guardan en el area. Los documentos y manuales son guardados en orden y limpios.								
	9	Control visual y almacenamiento	Los accesorios son arreglados, divididos y claramente marcados para que sea obvio donde se almacenan en caso sean perdidos.								
	10	Lugar específico para herramientas y accesorios	Herramientas y accesorios son arreglados y guardados en orden, se mantienen limpios y libres de cualquier riesgo de daño. Estan localizados facilmente para								
	11	Cosas en el piso	Pocas, si alguna cosa son almacenadas en el piso. En caso de que sean almacenadas en el piso, estan claramente indicadas con señales y rotulo								
	12	Almac. Material peligroso	Liquidos, solventes, inflamables, y otros quimicos son apropiadamente rotulados y almacenados. Las hojas de seguridad (MSDS) estan disponibles.								
	13	Acceso de emergencia	Dispositivos de seguridad estan claramente marcados, muy visibles y sin obstrucción. Las rutas de salida de emergencia estan marcadas con signos de salida, luces, etc.								
	14	Mantenimiento de equipo	Se lleva registro de mantenimiento y equipo claramente señalizado. Puntos criticos de manten. diario estan claramente marcados (niveles de fluido, presion, etc).								
<b>TOTAL</b>										<b>0</b>	



<b>PASO 3: Limpieza</b>		Promedio ###								
15	Condicion de pisos	Todos los pisos estan limpios y libre de suciedad, residuos o liquidos. Limpieza de pisos es hecha rutinariamente y en intervalos predeterminados.								
16	Maquinas/Equipo	Limpieza rutinaria de maquinas es aparente, no hay aceite, residuos, basura, empaque de comida en las superficies de trabajo. Las ventanas, paredes y equipo								
17	Herramientas y equipo de limpieza	Todo el equipo de limpieza (botes de basura, escobas, trapeador, etc) estan guardadas en un lugar limpio. Es obvio a donde pertenecen y estan disponibles facilmente. Material peligroso esta guardado y rotulado correctamente.								
18	Limpieza mas allá de lo propio	Todo el equipo, ventiladores, bancos...todo en el area es limpiado regularmente. La responsabilidad de los operadores va mas allá de solo su equipo.								
19	Disciplina en Limpieza	Cuando un paro inesperado ocurre, los operadores habitualmente y automaticamente limpian y barren su area de trabajo y equipo.								
20	Mejores practicas de operaci3n	Donde sea aplicable, se aplican mejores practicas de manufactura y operaci3n.								
<b>TOTAL</b>										<b>0</b>
<b>PASO 4: Estandarizaci3n</b>		Promedio ###								
21	Control Visual	Tableros de informacion estan disponibles en cada area de produccion y son facilmente accesibles al personal en el area.								
22	Auditoria mensual o bi-semana	Auditorias 5S se realizan en cada area de trabajo, al menos mensualmente, los resultados son compartidos a los trabajadores y las metas para nuevos niveles se								
23	Seguridad	Noticias de seguridad se colocan en cada area y los empleados llevan equipo de seguridad.								
24	Trabajo Estandar	Es obvio que trabajadores que llevan responsabilidades similares usan metodos estandar para alcanzar resultados consistentes.								
25	Revisi3n de metodos	Los metodos son revisados regularmente, desarrollados y rapidamente documentados y adoptados por todos.								
<b>TOTAL</b>										<b>0</b>
<b>PASO 5: Disciplina</b>		Promedio ###								
26	Mantenimiento	Empleados son adecuadamente desplegados para operar equipo. Un programa de mantenimiento preventivo esta implementado y en funciones.	1	2	3	4	5	5		
27	Area de Responsabilidad	Cada area de operaci3n, adentro y afuera cae sobre la responsabilidad de un administrador o supervisor de 5S								
28	Control de Documentos	Todos los documentos y cartapacios estan claramente rotulados con sus contenidos. Responsables para el control y revisiones esta claro. Todo rotulado.								
29	Visitas area trabajo	Administrador responsable o colaborador visita cada area regularmente y provee comentarios a los esfuerzos y resultados de 5S								
30	5S Control y disciplina	Controles de disciplina se llevan a cabo para asegurar mantenerse a alto nivel. Hay un alto grado de responsabilidad para mantener los sistemas.								
<b>TOTAL</b>										<b>0</b>
<b>PROM. TOTAL ###</b>		<b>CALIFICACI3N</b>	<b>0.0</b>							

# Anexo C

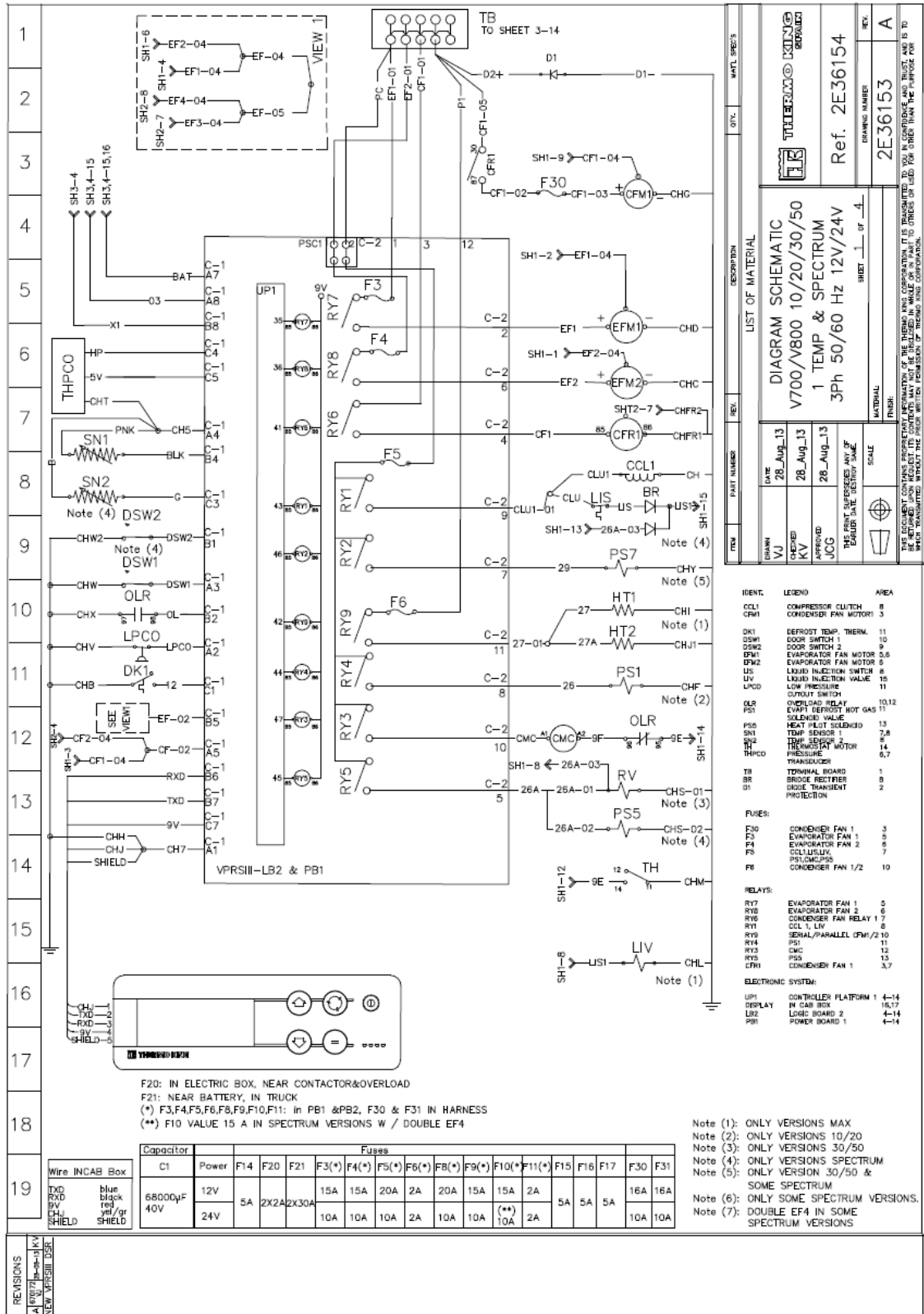


<b>Set-up Operations Analysis Chart</b>				Mach #		<b>Before RIE Analysis</b>				
		Minutes		From	To	Area / Department	Date			
		0		Part#		Zona bobinadora				
		Operation Time		Changeover Categories			Goal of Improvement Plan			
Step No.	Changeover Element	Element	Elapsed	Internal	External	Waste	Improvement Plan	Eliminate	Internal to External	Reduce
1	Bobina en posición horizontal		0:39	X					X	
2	Enganchar gancho a la bobina		1:18	X				X		
3	Dar la vuelta a la maquina		1:47			X		X		
4	Coger el mando de la grúa		2:01	X				X		
5	Acercar la bobina al punto de uso		3:56			X				X
6	Coger herramientas para centrar		4:39			X				X
7	Centrar la bobina en la bobinadora		6:13	X						X
8										
9										
10										
<b>Totals</b>		<b>0</b>	<b>6:13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					





# Anexo D



DATE	28_Aug_13
DESIGNED BY	VJ
APPROVED BY	JCC
SCALE	1:1
THE NEXT SURVEYOR MAY NOT BUILD DATE DESTROY SAME	

REV.	DESCRIPTION
1	DIAGRAM SCHEMATIC
2	V700/V800 10/20/30/50
3	1 TEMP & SPECTRUM
4	3Ph 50/60 Hz 12V/24V

Ref. 2E36154

DRAWING NUMBER: 2E36153

SHEET 1 OF 4

IDENT.	LEGEND	AREA
CLL1	COMPRESSOR CLUTCH	3
CFM1	CONDENSER FAN MOTOR	8
DK1	DEFROST TEMP. THERM.	11
DSW1	DOOR SWITCH 1	10
DSW2	DOOR SWITCH 2	9
EFM1	EVAPORATOR FAN MOTOR 0.6	6
EFM2	EVAPORATOR FAN MOTOR 0.6	6
LIS	LIQUID INJECTION SWITCH	6
LIV	LIQUID INJECTION VALVE	15
LPCD	LOW PRESSURE CUTOFF SWITCH	11
OLR	OVERLOAD RELAY	10,12
PS1	SWPT. DEFROST HOT GAS SELECTED VALVE	11
PS2	HEAT EXCH. SELECTED VALVE	13
PS3	TEMP. SENSOR 1	2,8
SN1	TEMP. SENSOR 2	14
SN2	PRESSURE TRANSDUCER	6,7
THPCO	TERMINAL BOARD	8
TR	BRIDGE RECTIFIER	8
US	DIODE TRANSIENT PROTECTION	2

FUSES:	RELAYS:
F10	CONDENSER FAN 1
F11	EVAPORATOR FAN 1
F12	EVAPORATOR FAN 2
F13	CONDENSER FAN 2
F14	CLL1, LIV
F15	PS1, PS2
F16	CONDENSER FAN 1/2
F17	
F18	
F19	
F20	
F21	
F22	
F23	
F24	
F25	
F26	
F27	
F28	
F29	
F30	
F31	

F20: IN ELECTRIC BOX, NEAR CONTACTOR & OVERLOAD  
 F21: NEAR BATTERY, IN TRUCK  
 (\*) F3, F4, F5, F6, F8, F9, F10, F11: IN PB1 & PB2, F30 & F31 IN HARNESS  
 (\*\*) F10 VALUE 15 A IN SPECTRUM VERSIONS W / DOUBLE EF4

Note (1): ONLY VERSIONS MAX  
 Note (2): ONLY VERSIONS 10/20  
 Note (3): ONLY VERSIONS 30/50  
 Note (4): ONLY VERSIONS SPECTRUM  
 Note (5): ONLY VERSION 30/50 & SOME SPECTRUM  
 Note (6): ONLY SOME SPECTRUM VERSIONS.  
 Note (7): DOUBLE EF4 IN SOME SPECTRUM VERSIONS

Capacitor	Power	Fuses															
		F14	F20	F21	F3(*)	F4(*)	F5(*)	F6(*)	F8(*)	F9(*)	F10(*)	F11(*)	F15	F16	F17	F30	F31
C1	68000µF	12V	5A	2X2A	2X30A	15A	15A	20A	2A	20A	15A	15A	2A	5A	5A	16A	16A
	40V	24V			10A	10A	10A	2A	10A	10A	(**) 10A	2A				10A	10A

REVISIONS	DATE	BY	DESCRIPTION
1	28_AUG_13	VJ	DIAGRAM SCHEMATIC



# Anexo F

Description:	Value Stream ID:	Site / Location:	Event Number:	Revision: 1
Sponsor:	Process Owner:	Facilitator:	Sensei:	TL:

Current Date: 12/12/2016

Event Date: 12/12/2016

Team Members:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

### 1. REASONS FOR ACTION

La misión fundamental para la transformación de VP - Truck es preparar la cadena de suministro para poder crecer en mercado. Para conseguirlo, el equipo debe reducir el tiempo de cambio de producción de tipo de tubo en un 50 % y mejorar la calidad hasta el 98% de piezas correctas para el Feb 2017. Scope: Nueva máquina de tubos

### 2. INITIAL STATE

METRIC	CURRENT
Change Over Time (min)	109
Scrap	10%

### 3. TARGET STATE:

METRIC	CURRENT	TARGET	% CHANGE
Change Over Time (min)	109	25 min	77%
Scrap	10%	2%	8%

### 4. GAP ANALYSIS

**MAN**  
- Falta formación

**METHOD**  
- Parar de utilizar la grúa ya que no es segura y es lenta  
- Mantener limpia la máquina y su alrededor (Shohei)  
- Crear nuevos espacios para herramientas y piezas de la máquina (Set)  
- Las herramientas manuales hacen más lento el trabajo del operario  
- Bobinas lejos del punto de uso

**MATERIAL**  
- No tenemos suficientes herramientas  
- No tenemos las herramientas a mano

**MACHINE**  
- Bobina no preparada al inicio del cambio  
- No hay SW  
- Las piezas de la máquina no están identificadas (Hay que hacer VMI)  
- Dificultad para centrar la bobina cuando la colocamos en máquina  
- Se ha de redistribuir el espacio de la máquina (nuevo layout)

**Tools:**  
 Standard Work  
 Pokyoktome  
 Set up reduction  
 5P  
 2P  
 5S  
 Vertical Value Stream Analysis  
 TPM  
 Ohkar:  
 Ohkar:

**Root Causes:** If true root cause not clear - then review above.

### 5. SOLUTION APPROACH

Cause/ Priority	Solution	Affecting	Current State	FS	E	C
1	etiquetar las piezas de la máquina con diferentes colores según métrica y ordenarlas según métrica y parte de la máquina	P		1 day	0	0
	acercar las bobinas al punto de uso	P,S	pérdida de tiempo elevada y seguridad	1 day	0	0
	construcción de una carro con rodamientos a la misma altura que la bobinadora de la máquina para evitar utilizar la grúa	P,S		7 days	Δ	Δ

Explanation of last 5 columns:  
 - Affecting - If major effect on deliverable then use CAPITAL, if minor then lower case. Example: a product Value Stream may choose to use Quality, Safety, Delivery, Inventory, Productivity.  
 - Current State = data point that describes current performance in terms used in boxes 2 & 3.  
 - FS = Future state prediction (e.g. 1 day)  
 - EASE: O = Easy Δ = Medium Ease X = Difficult  
 - COST: X = High Cost Δ = Medium Cost O = Low Cost

### 6. RAPID EXPERIMENTS

Experiment	Anticipated Effect	Actual Effect	Follow-up Action
carro portabobina	uso de la grúa	Eliminación de la grúa	carros estandares
caja con utillajes en el punto de uso	evitar desplazamientos	herramientas y útiles en el punto de uso	carros definitivos
Herramienta especial para hacer el cambio	pérdida elevada de tiempo	ganamos tiempo al hacer un cambio	

Stop-Its	Who?	By /When?
Sustitución armario ordenador	Javier	Marzo
Eliminar mesa exterior	Salva	Febrero
Sombras para herramientas	Antonio	Febrero

Reflections: What did you learn and what are you going to do as a result? AND SO WHAT?

### 7. COMPLETION PLAN

#### TO-DO LIST

Task	Who	When	Status
...	...	...	...

#### 8. CONFIRMED STATE

Metric	Initial State	Target State	Gap	Time	Cost	Effort	Quality	Inventory	Productivity
Change over time	109 min	25 min	84 min	10g	10g	10g	10g	10g	10g
Scrap	10.0%	2%	8.0%	10g	10g	10g	10g	10g	10g

#### 9. INSIGHTS

**What went well?**  
 El equipo ha trabajado conjuntamente sin problemas y el resultado de IRIE ha sido satisfactorio.

**What helped?**  
 Al no tener mucha experiencia en ejecutar un IRIE, el apoyo de nuestro sensei, Ramon Serra, ha sido vital.

**What didn't go well?**  
 A la vez que se ejecutaba el IRIE la máquina estaba funcionando. Si hubiera estado parada se podría haber ejecutado el IRIE con mayor fluidez.

**How will Lessons Learned be Leveraged?**  
 Todo lo que hemos aprendido se aplicará para los nuevos IRIEs, así el tiempo de formación para ejecutar el IRIE será menor y los próximos IRIEs serán más eficientes.

Reflections: What did you learn and what are you going to do as a result? AND SO WHAT?

