

# Reducción del lead time en la fábrica MAHLE S.A. aplicando el Value Stream Mapping

Carmona Pardo, Xavier  
 Trabajo Final de Grado  
 Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

**Resumen-** El presente trabajo final de grado (TFG) consiste en el análisis de la producción de pistones para motores de combustión interna. El producto se manufactura en la empresa MAHLE S.A. situada en Vilanova i la Geltrú siendo ésta una empresa dentro del Grupo Mahle, dedicado al sector de la automoción.

Para la fabricación de los pistones se cuenta con una zona de fusión del aluminio en la cual se produce la aleación. Posteriormente la colada por gravedad y tratamiento térmico para obtener las propiedades mecánicas necesarias. Finalmente, la empresa cuenta con cuatro líneas de mecanizado para el acabado y ensamble del pistón.

Este estudio pretende reducir el plazo de entrega para la familia de productos correspondiente a la línea de mecanizado L15. Esta reducción objetivo pasa de 37,1 días a 12 días mediante la herramienta de análisis Value Stream Mapping (o Mapa de Flujo de Valor). Esta herramienta permite un seguimiento detallado del proceso, el flujo de material y la comunicación de proveedor y cliente con la empresa.

Formando unos equipos de trabajo para este proyecto surgen propuestas de solución y acciones de mejora que permiten reducir el plazo de entrega hasta el objetivo. Las acciones propuestas requieren de la participación de varios departamentos de la fábrica, lo cual necesita de una buena gestión, control y seguimiento de todas ellas.

De este proyecto se extrae como conclusión que el objetivo marcado es alcanzable y realista. Sin embargo no ha sido posible hasta la fecha, debido a la planificación y prioridades de la planta. Será necesario más tiempo para poder implementar todas las soluciones propuestas.

## I. ANTECEDENTES

### A. MAHLE S.A.

La empresa MAHLE S.A. es una sede de la central alemana MAHLE situada en Vilanova i la Geltrú (Barcelona). MAHLE S.A. pertenece a la unidad de negocio 1. Centrada en la producción de pistones, tanto gasolina como diésel, para clientes como Audi, Volkswagen, Volvo, Mercedes, AMG, BMW, Porsche, etc.

### B. Demanda de una solución

La elevada demanda de los clientes y la competencia interna de la unidad de negocio del grupo MAHLE obligan a un aumento de la productividad, una reducción del tiempo de entrega y una reducción de costes. A esto se le suma la reciente crisis económica, la cual conlleva a un actual estado de crecimiento por parte de todas las empresas del sector.

## II. SITUACIÓN ACTUAL

La empresa ha decidido centrarse en reducir los costes y aumentar su productividad debido al incremento de demanda del cliente así como las exigencias del grupo MAHLE. Esto le permitirá posicionarse en el mercado tanto nacional como internacional elevando los beneficios y con éstos la inversión. Maximizar el beneficio de la empresa ayuda al aumento de la facturación de todo el grupo empresarial. Una mejora de la posición interna facilita la absorción de nuevas referencias y, con ello un incremento en las ganancias.

El departamento de logística y MPS (Mahle Production System) detecta elevados plazos de entrega a cliente, teniendo en cuenta que el tiempo de valor añadido ronda las 12h aproximadamente.

El principal causante de ello es el elevado stock en almacenes, esto es causa de una mala planificación logística, entre otros.


























Se refleja en la lenta recuperación de la inversión en la producción.

Esta situación se da mensualmente con no demasiadas variaciones.

Promedio de 34,86 días en un periodo de 6 meses.

### A. VSM (Value Stream Mapping) Actual

Tabla I  
 Simbología VSM en MAHLE S.A.

<b>Proceso</b>	 Proveedor/Cliente	 Proceso de Producción	 Cuadro de Información					
<b>Material</b>	 Inventario	 Empuje de material	 Supermercado	 Stock de seguridad	 Retiro de material "pull"	 Envío externo de material	 Primero Entra Primero Sale	
<b>Información</b>	 Infor. electrónica	 Infor. manual	 "Ve a ver"	 Puesto de Kanban	 Kanban de producción	 Kanban de retiro	 Señal Kanban	 Nivelado de carga
<b>General</b>	 Operario	 Rayo del Kaizen	 Línea del tiempo					
<b>Transporte</b>	 Terrestre	 Marítimo	 Aéreo	 Interno de la empresa				

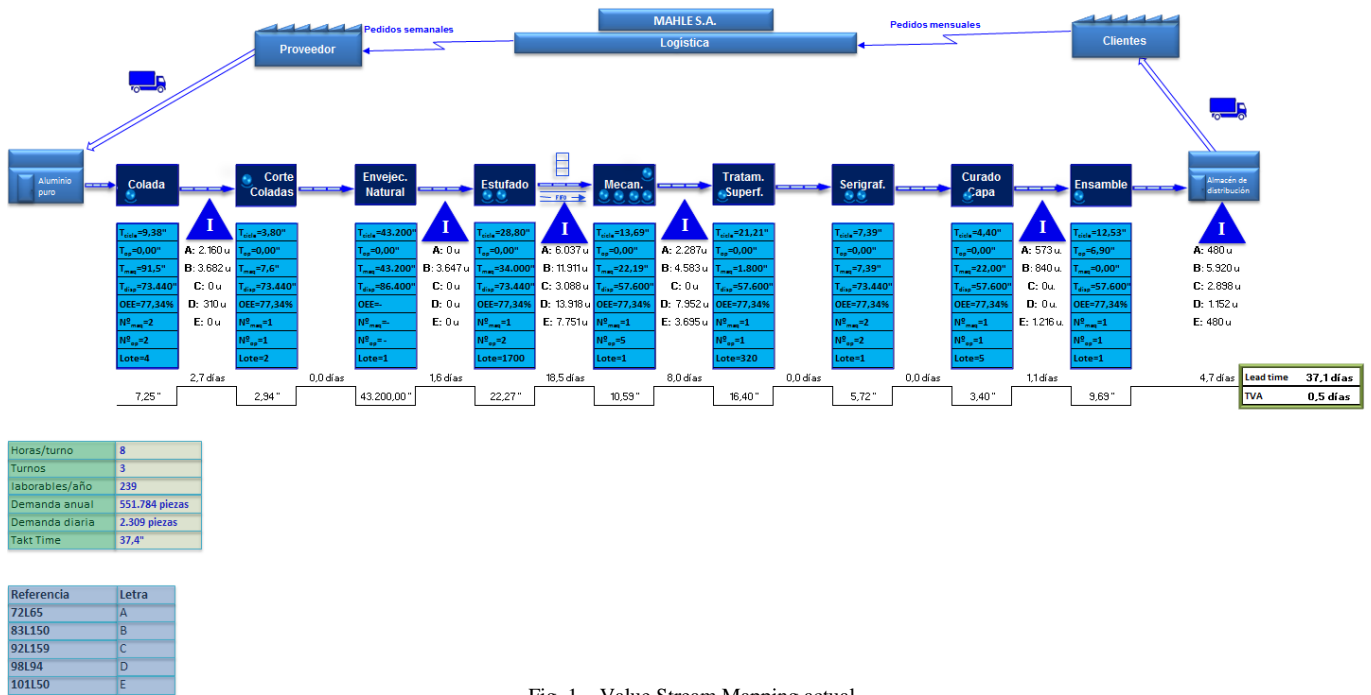


Fig. 1 – Value Stream Mapping actual

El plazo de entrega, en el momento de la foto, es de 37,1 días. Este plazo es el que tardará MAHLE S.A. en entregar el producto, una vez realizada la demanda. El mayor tiempo de no valor añadido en el proceso se observa en el almacén de brutos, entre el área de fundición y mecanizado, con un total de 13,7 días de tiempo de espera.

De estos 37,1 días se suma un total de 0,5 días de tiempo de valor añadido. La relación del tiempo de valor añadido respecto el lead time es de 1,35%. Por lo que el cliente está pagando únicamente el 1,35% del tiempo que MAHLE S.A. invierte en su producto.

### B. Diagrama de Pareto

Para desarrollar este elemento de control es imprescindible decidir el problema que se desea tratar. En este proyecto se hace uso del Diagrama de Pareto para controlar el elevado plazo de entrega a cliente, referente a todo el proceso de fabricación. Que incluye desde la fundición hasta el almacén de distribución, pasando por la línea de mecanizado L-15.

Una vez el problema es identificado necesitamos conocer las causas que provocan este inconveniente para la planta y contabilizarlas. Ya sea por frecuencia, tiempo o coste. Esto nos permite priorizar las causas raíz que serán objeto de la implementación de las acciones de mejora.

Tras un exhaustivo seguimiento en la planta de MAHLE S.A. para el Value Stream Mapping, se ha desarrollado una tabla que cuantifica las distintas acciones que afectan al Lead Time.

Tabla II  
Diagrama de Pareto. Tabla de situación actual

Causa	Tiempo (días)	% individual	% acumulado
Esperas en almacén de brutos	18,5	48,28%	48,28%
Esperas para el Trat. Sup. en L15	6,2	16,18%	64,46%
Fresado en L14 y vuelta a L15	3,8	9,92%	74,37%
No FIFO en C. Coladas	3,1	8,09%	82,46%
Elevado SMED en C. Coladas	2,6	6,78%	89,25%
Natural Aging y Controles en serie	1,67	4,36%	93,61%
Elevado SMED en Mecanizado	0,8	2,09%	95,69%
Elevado SMED en Serigrafiado	0,75	1,96%	97,65%
Tiempo de Valor Añadido	0,5	1,30%	98,96%
Otros	0,4	1,04%	100,00%
<b>TOTAL</b>		<b>38,32</b>	

El alto nivel de stock en el almacén de brutos, localizado entre fundición y mecanizado, es el tiempo de espera más notable en el proceso, seguido por la espera para el tratamiento superficial en la L15 y la espera frente a la L14 para poder fresar el pistón 101L50. El SMED en C. Coladas tan elevado se debe las 3 preparaciones diarias.

Mediante la tabla comparativa anterior (Tabla II) se puede desarrollar la herramienta Diagrama de Pareto. Este gráfico nos muestra de forma visual y clara la importancia de cada una de las causas.

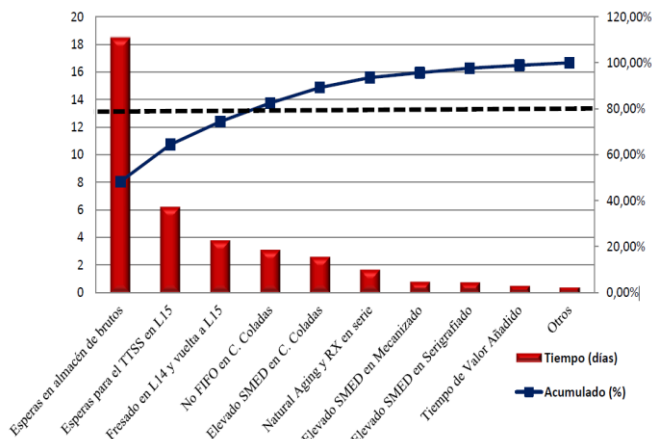


Fig. 2 – Diagrama de Pareto

La planta de MAHLE S.A. contempla 6 tiempos de pérdida utilizados para el cálculo del OEE. Estos tiempos se apilan sobre el tiempo teórico de producción hasta poder corroborar si los procesos son capaces de absorber el ritmo de demanda de cliente.

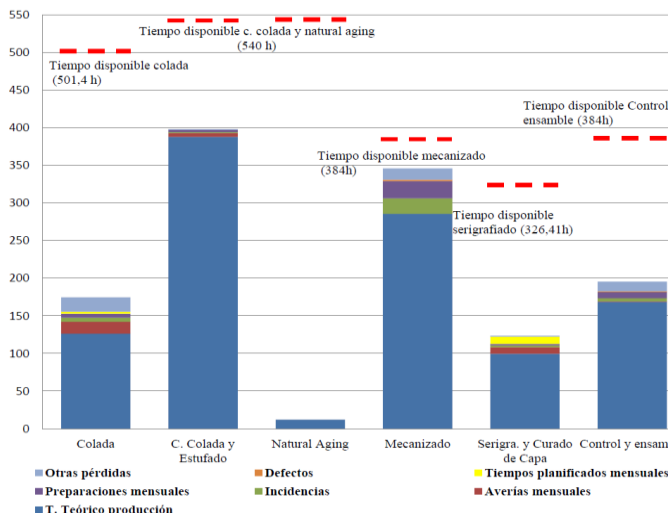


Fig. 3 – Diagrama Yamazumi

Algo positivo que se debe destacar es la gran diferencia entre los tiempos de pérdida y el tiempo teórico de producción. De igual forma cabe considerar una necesidad de análisis en el proceso de colada ya que este ratio es mucho menos que en el resto.

El tiempo de preparaciones mensuales es relativamente bajo, lo que nos hace entender o bien que hay pocas preparaciones, lo cual representa una baja flexibilidad de producción o un elevado tiempo de preparación. Esto necesitaría de un análisis de SMED.

Un punto negativo y destacable es el elevado tiempo denominado como otras pérdidas. Esto se entiende como una serie de pérdidas no catalogadas que, sin embargo, afectan notablemente a las operaciones a lo largo de toda la fabricación del producto. Actualmente se está trabajando para desglosar estas pérdidas sin denominación lo antes posible.

Observando la capacidad de proceso se conoce que MAHLE S.A. tiene bien gestionados los turnos necesarios de trabajo basado en la demanda de cliente. Esto permite optimizar al máximo las horas de los operarios sin necesidad de excederse en los costes.

### III. OBJETIVO

El objetivo principal de MAHLE S.A. es la reducción del Lead Time en un 67,65% para este año 2017. Se pretende alcanzar la cifra de 12 días a partir de la creación de flujo, eliminación de stocks, instalación de supermercados y creación de buffer, exclusivamente donde sea necesario. Este objetivo pretende cumplirse para este año, en el próximo año se ha marcado un objetivo de 8 días de Lead Time.

Alcanzando así el plazo de entrega de otras líneas de mecanizado de la misma planta, que no son líneas compactas. Reducir el plazo de entrega supone incrementar el ratio respecto el tiempo de valor añadido, lo que se traduce en una recuperación económica más rápida eliminando los desperdicios que no aportan valor añadido al producto. Los procesos y situaciones que no participan en la transformación de los pistones son pérdidas, hay que eliminarlos.

Se considera otro objetivo mejorar el control interno de la cantidad de pistones, reduciendo el tamaño de los lotes. Además de realizar un correcto FIFO a partir de sistemas de almacenaje en lote a prueba de error. La limitación del lote aumentará el flujo de material, lo cual en el proceso de envejecimiento natural (o Natural Aging en adelante) es una gran ventaja a tener en cuenta.

Se pretende reducir el SMED (Single-Minute Exchange of Die), o tiempo de preparación, de la máquina de Corte de Coladas (TR-17) en un 75% pasando de 1h a 15 minutos. El objetivo de reducción se debe a la comparativa con otras plantas del Grupo MAHLE en la misma máquina.

### IV. ANÁLISIS DE CAUSAS

Los “5 Porqués” es una técnica de análisis sistemático a través de la que estudiamos un problema, de forma que se alcanza su causa raíz. Consiste en un sistema continuo de preguntas “¿Por qué?” a un problema. Conocida una causa se cuestiona nuevamente el por qué de ésta, una y otra vez, hasta que se muestra evidente el origen del problema.

La fábrica de Vilanova i la Geltrú ha decidido el uso de esta herramienta para analizar en profundidad las distintas causas, definidas en el Diagrama de Pareto, que afectan al problema de análisis de este proyecto, el elevado plazo de entrega. Para ello se han seleccionado las 3 acciones que más afectan y, además, se ha considerado oportuno analizar las causas del actual tiempo de preparación para la máquina de corte de coladas y la falta de dedicación a este trabajo.

Tabla III  
5 Porqués del elevado lead time

Problema: Lead Time Elevado				
1. ¿Por qué?	2. ¿Por qué?	3. ¿Por qué?	4. ¿Por qué?	5. ¿Por qué?
Esperas en almacén de brutos.	Mala planificación de la demanda.	Logística no controla y gestiona correctamente la demanda.	Falta de implicación, firmeza o conocimiento.	No se da el valor correspondiente a la manufactura esbelta.
	Fundición no hace cambio de producto cuando es necesario.	Evitar preparaciones.	Mayor productividad.	
		Lotes grandes.	Evitar transportes.	Evitar las roturas de stock.
		Cobran un plus de productividad.	No detener la producción.	
Rotura del flujo. Fresado en L14 y devolver a L15.	Solo hay una máquina que permite ese fresado específico.	Elevado coste de inversión.		
No FIFO en C. Coladas	Descontrol en los lotes.	Lotes grandes.	Evitar transportes.	Evitar roturas de stock.
		Pistones no contabilizados.	Contenedor no permite cantidad concreta de pistones.	Sistema de tradicional de transporte.
Elevado SMED en C. Coladas	No implementación de las 5S y gestión.	No dedicación completa por parte del departamento MPS.	Desconocimiento de SMED en otras plantas del Grupo MAHLE	
	No implementación de ideas de mejora.	Ideas difíciles o costosas de aplicar.	Mentalidad enfocada a la mejora automatizada.	

La primera causa del problema son las esperas en almacén. Estas esperas se deben a la planificación de la demanda por parte del departamento de logística. Prioriza la demanda de cliente pero no ajusta su producción. Analizando las causas, se ha hallado que viene dado por la mentalidad tradicional de tener un elevado stock para prevenir desviaciones y la falta de flexibilidad por trabajar con lotes grandes. Esto evita el flujo continuo en el proceso y dispara el lead time.

Se produce otra rotura de flujo cuando se habla del pistón BMW 101L50. Este pistón necesita un fresado que únicamente puede operar una de las máquinas de la planta. Esta máquina se encuentra en la línea de mecanizado L14. La causa principal, y evidente, es la falta de maquinaria para realizar la actividad. Causa de ello, es el elevado coste de inversión que supone una nueva fresa con esta especificación.

El no realizar un FIFO en C. Coladas provoca esperas en los pistones, que pueden conllevar hasta un turno de trabajo. Esto se debe a la falta de control de los lotes. El origen de este mal es la falta de estandarización de la cantidad en un lote en función de la referencia de pistón que contiene. La forma de transportar el producto internamente es por contenedores que pueden abarcar entre 500 y 800 pistones, dependiendo del diámetro de estos.

El elevado tiempo de preparación en corte de coladas es la última causa estudiada. Las causas que provocan este problema es la falta de un análisis SMED en esta máquina. Esto se debe a la falta de formación a los operarios y la poca gestión empleada por el departamento de Mahle Production System para la mejora continua de estos tiempos. Las ideas surgidas para su mejora se focalizan notablemente en la inversión de robots u otros sistemas caros de procesamiento.

## V. CONTRAMEDIDAS PROPUESTAS

### A. Soluciones propuestas

Se parte del VSM actual para identificar las áreas que requerirán la dedicación e inversión por parte de la empresa. Si se logra controlar el stock entre las actividades y limitar la espera del producto se obtendrá una mejora notable en el plazo de entrega. Identificando la situación ideal y contraponiéndola con el Value Stream Mapping actual se pueden definir una estrategia de implementación. Para ello se consideran las soluciones necesarias para poder reducir este problema y prevenir futuras situaciones.

A continuación se muestran las diferentes soluciones propuestas en la implementación del proyecto del VSM.

Tabla IV  
Soluciones propuestas

Nº	Soluciones propuestas
1	Buffer frente a C. Coladas y Supermercado entre Estufado y L15.
2	Nueva máquina de fresado en L14. Aumento demanda L14.
3	Sistema de lote controlado con FIFO instaurado en contenedor.
4	Control SMED en C. Coladas. 5S, mejoras y "Diagrama spaghetti".
5	No fundir el pistón con referencia 92L159.
6	SMED en serigrafiado y mecanizado.
7	Integrar sistema de serigrafiado en L15.
8	Ensamblado automático de los segmentos para los pistones 72L65 y 101L50.

Conocidas las distintas acciones posibles de mejora debe considerarse su relevancia y efectividad.

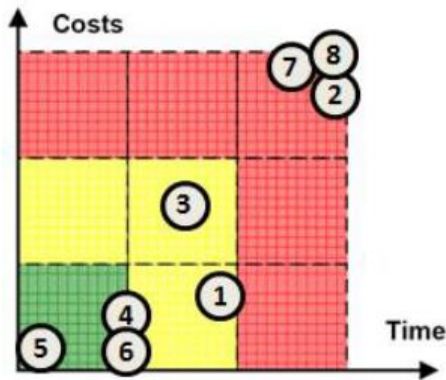


Fig. 4 – Diagrama Coste-Tiempo

### B. Cálculo del SPMKT (o Supermercado)

El exceso de inventario que se halla entre los procesos de estufado y mecanizado supone el problema principal en cuanto al elevado plazo de entrega a cliente. La situación actual expone que los días de stock en este almacén es de 18,5 días a lo que hay que sumarle los 2,7 días frente a corte de coladas y los 4,7 días en el almacén de distribución.

A continuación se desarrollan las ecuaciones necesarias para el cálculo del supermercado.

$$SPMKT = Stock\ ciclo(C) + Buffer(B) + Safety(S) \quad (1)$$

$$Stock_{max} = SPMKT + Lote\ de\ producción \quad (2)$$

Dónde:

$$Stock\ ciclo\ (C) = Demanda\ media(\mu) \cdot Tiempo\ reposición \quad (3)$$

$$Buffer\ (B) = \frac{3 \cdot desviación\ estándar\ (\sigma)}{Demanda\ media\ (\mu)} \cdot Stock\ ciclo\ (C) \quad (4)$$

$$Safety\ (S) = Rechazo\ (\%) \cdot Stock\ ciclo\ (C) \quad (5)$$

En la siguiente tabla se muestran todos los datos necesarios para los siguientes cálculos. Las ecuaciones necesarias para los valores de la demanda media y desviación estándar no se presentan en este proyecto por considerarse conocidas.

Tabla V  
Datos para el cálculo del stock

Refer.	T.repos [días]	( $\mu$ ) [un.]	( $\sigma$ ) [un.]	$\sigma$	Rechazo [%]
72L65	1,5	1.123,90	79,6	3	7
83L150	2	1.304,44	138,0	3	7
92L159	2	808,33	49,2	3	7
98L94	2	1.066,91	34,5	3	7
101L50	1,5	868,79	113,7	3	7

Se puede proceder al cálculo del stock de ciclo o consumo.

$$C_{72} = \mu_{72} \cdot T.reposición_{72} = 1.123,90 \cdot 1,5 = \mathbf{1.686\ piston.} \quad (6)$$

$$C_{83} = \mu_{83} \cdot T.reposición_{83} = 1.304,44 \cdot 2 = \mathbf{2.609\ piston.} \quad (7)$$

$$C_{92} = \mu_{92} \cdot T.reposición_{92} = 808,33 \cdot 2 = \mathbf{1.617\ piston.} \quad (8)$$

$$C_{98} = \mu_{98} \cdot T.reposición_{98} = 1.066,91 \cdot 2 = \mathbf{2.134\ piston.} \quad (9)$$

$$C_{101} = \mu_{101} \cdot T.reposición_{101} = 868,79 \cdot 1,5 = \mathbf{1.304\ piston.} \quad (10)$$

El buffer stock protege a la empresa de la variación de la demanda, por lo que se necesita conocer la desviación estándar de ésta además de un nivel de sigma para cubrir esta desviación.

$$B_{72} = \frac{3\sigma_{72}}{\mu_{72}} \cdot C_{72} = \frac{3 \cdot 79,6}{1.123,90} \cdot 1.686 = \mathbf{359\ pistones} \quad (11)$$

$$B_{83} = \frac{3\sigma_{83}}{\mu_{83}} \cdot C_{83} = \frac{3 \cdot 138,0}{1.304,44} \cdot 2.609 = \mathbf{829\ pistones} \quad (12)$$

$$B_{92} = \frac{3\sigma_{92}}{\mu_{92}} \cdot C_{92} = \frac{(3 \cdot 49,2)}{808,33} \cdot 1.617 = \mathbf{296\ pistones} \quad (13)$$

$$B_{98} = \frac{3\sigma_{98}}{\mu_{98}} \cdot C_{98} = \frac{3 \cdot 34,5}{1.066,91} \cdot 2.134 = \mathbf{207\ pistones} \quad (14)$$

$$B_{101} = \frac{3\sigma_{101}}{\mu_{101}} \cdot C_{101} = \frac{3 \cdot 113,7}{868,79} \cdot 1.304 = \mathbf{512\ pistones} \quad (15)$$

El último paso necesario para tener un cálculo completo del supermercado pasa por el safety stock.

$$S_{72} = Rechazo_{72} \cdot C_{72} = 0,07 \cdot 1.686 = \mathbf{119\ pistones} \quad (16)$$

$$S_{83} = Rechazo_{83} \cdot C_{83} = 0,07 \cdot 2.609 = \mathbf{183\ pistones} \quad (17)$$

$$S_{92} = Rechazo_{92} \cdot C_{92} = 0,07 \cdot 1.617 = \mathbf{114 \text{ pistones}} \quad (18)$$

$$S_{98} = Rechazo_{98} \cdot C_{98} = 0,07 \cdot 2.134 = \mathbf{150 \text{ pistones}} \quad (19)$$

$$S_{101} = Rechazo_{101} \cdot C_{101} = 0,07 \cdot 1.304 = \mathbf{92 \text{ pistones}} \quad (20)$$

Se han calculado los términos C, B y S correspondientes a las distintas variaciones de la demanda. A continuación, se detalla el cálculo del supermercado necesario.

$$SPMKT_{72} = 1.686 + 359 + 119 = \mathbf{2.164 \text{ pistones}} \quad (21)$$

$$SPMKT_{83} = 2.609 + 829 + 183 = \mathbf{3.621 \text{ pistones}} \quad (22)$$

$$SPMKT_{92} = 1.617 + 296 + 114 = \mathbf{2.027 \text{ pistones}} \quad (23)$$

$$SPMKT_{98} = 2.134 + 207 + 150 = \mathbf{2.491 \text{ pistones}} \quad (24)$$

$$SPMKT_{101} = 1.304 + 512 + 92 = \mathbf{1.908 \text{ pistones}} \quad (25)$$

Los cálculos se representan en la tabla siguiente a modo de resumen para facilitar la presentación y comprensión de éstos.

Tabla VI  
Stock en cantidad de pistones

Ref.	Stock ciclo [pistons]	Buffer [pistons]	Safety [pistons]	SPMKT [pistons]
72L65	1.686	359	119	2.164
83L150	2.609	829	183	3.621
92L159	1.617	296	114	2.027
98L94	2.134	207	150	2.491
101L50	1.304	512	92	1.908
<b>TOTAL</b>	<b>9.350</b>	<b>2.203</b>	<b>658</b>	<b>12.211</b>

días, de 5,3 días que resulta de los 12.211 pistones almacenados para el takt time de 2.309 piezas que nos exige cliente. Se considera un stock relativamente elevado para tenerlo frente a las líneas de mecanizado, por lo que se analiza la posibilidad de mantener la demanda de dos turnos. Y el resto del buffer se almacenará previo al corte de coladas, durante el proceso de envejecimiento.

El lote se compone de 500 unidades, por lo que el inventario total de buffer y supermercado asciende a los 5,8 días. Distribuyendo 3,0 días en el buffer frente a corte de coladas y 2,8 días en el supermercado frente a la línea de mecanizado, lo cual equivale a un turno y medio de trabajo. Una vez la L15 envía la señal Kanban a C. de Coladas, este tarda 8h para para el estufado en todas las referencias a excepción de las de moto.

### C. VSM Futuro

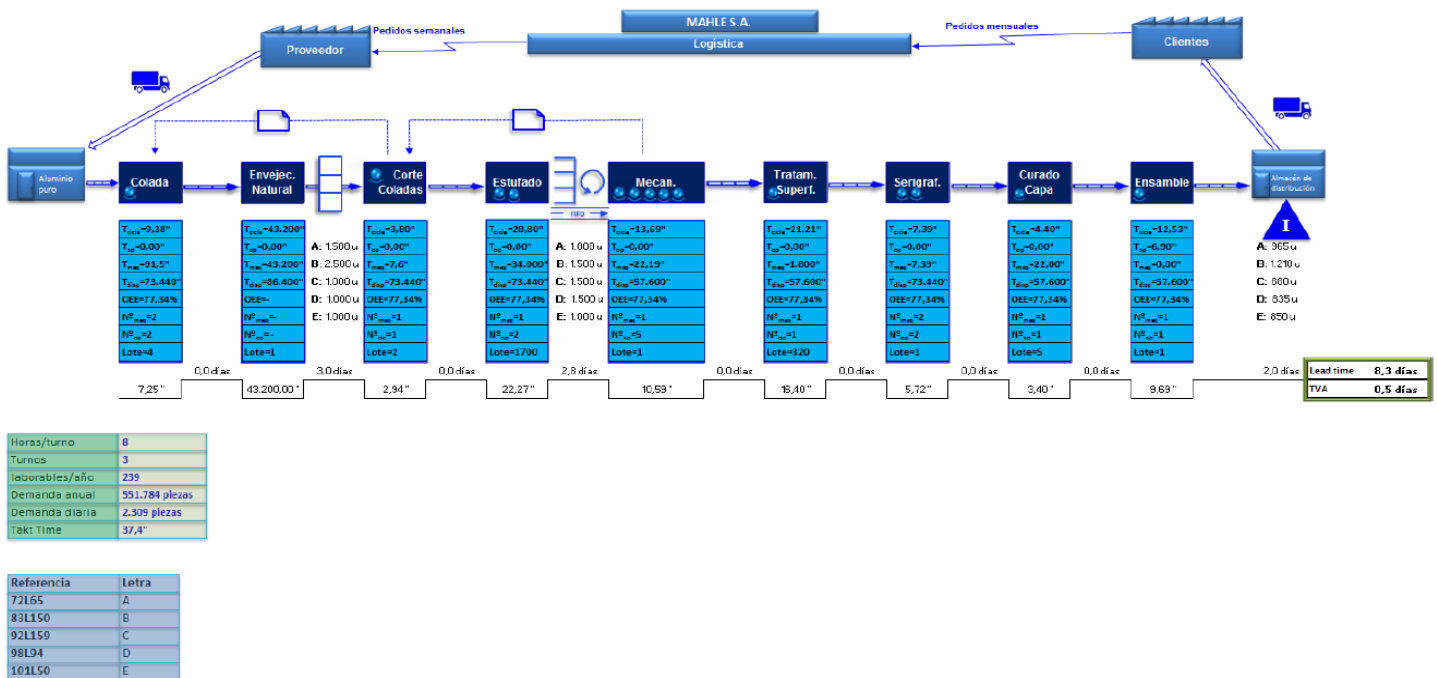


Fig. 5 – VSM Futuro de MAHLE S.A.

El lead time calculado en el VSM futuro considerado reduciría los 37,1 días a 8,3 días, lo que supone una reducción del 77,63%. Esta situación es una reducción superior al objetivo marcado por MAHLE S.A. que se estimó en los 12 días para 2018. Por lo tanto, la reducción del 67,65% en el plazo de entrega que se ha definido en este proyecto es una meta alcanzable.

El envejecimiento natural del pistón se inicia en el instante en que solidifica, colocando el buffer tras este proceso, se consigue reducir el tiempo de entrega a la L15. Limitando la cantidad de pistones en este punto incrementamos el inventario de 2,7 días a los 3,5 días, sin embargo, reducimos el almacén intermedio entre mecanizado y fundición de los 18,5 días a la suma del buffer y el supermercado. Esto supone una reducción del 64,87% la cantidad de pistones antes del proceso de mecanizado.

## VI. PLAN DE ACCIÓN

### A. Buffer y Supermercado

La responsabilidad de esta solución propuesta corresponde a Jordi Ruiz, actual jefe del departamento de logística de MAHLE S.A. por su condición laboral. En este estudio la dedicación y fechas son orientativas, impuestas por la dirección de MAHLE S.A. junto con el departamento Mahle Production System.

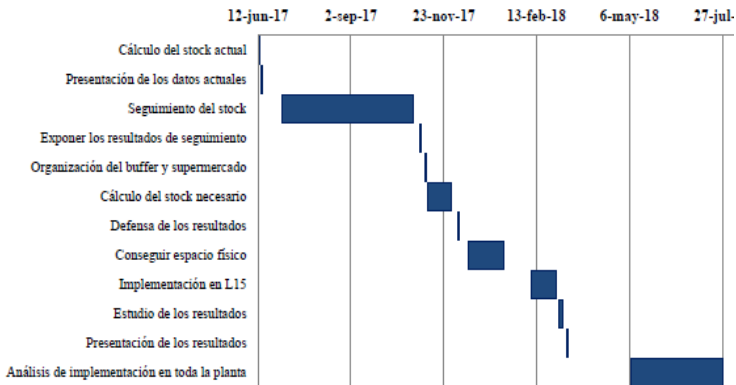


Fig. 6 – Diagrama de Gantt. Buffer y SPMKT

### B. Máquina de fresado

La responsabilidad de la instalación de la nueva máquina de fresado compete al equipo directivo, departamento de ingeniería y departamento MPS. Sin embargo se ha asignado la responsabilidad del proyecto Thorsten Rauschopf por su puesto en la planta como jefe del departamento de ingeniería.

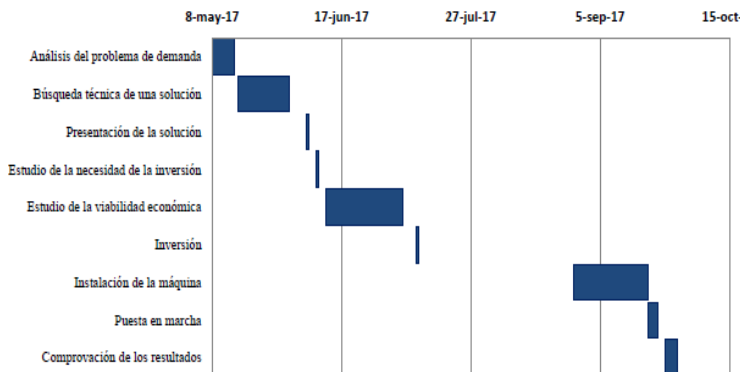


Fig. 7 – Diagrama de Gantt. Máquina de fresado

### C. Reducción del lote de producción

El responsable directo es Manuel Pineda, jefe del departamento Mahle Production System y con apoyo del departamento de operaciones y logística.

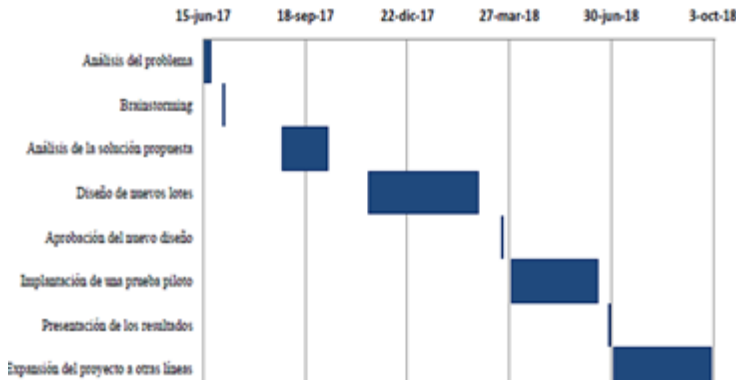


Fig. 8 – Diagrama de Gantt. Reducción del lote de producción

### D. SMED en Corte de Coladas

El responsable de este proyecto es Jaume Vilalta, responsable a su vez del área de Corte de Coladas.

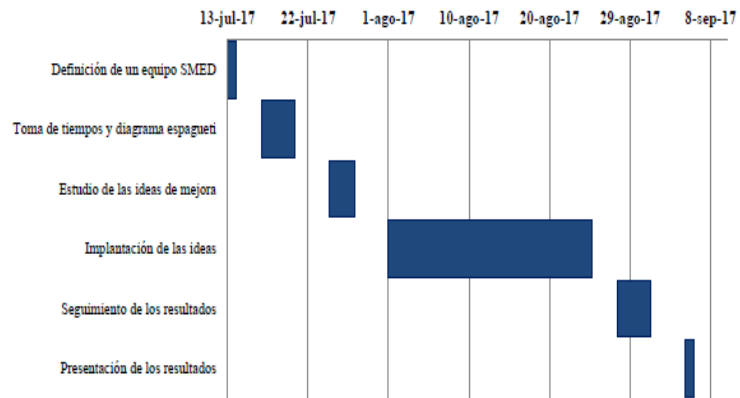


Fig. 9 –Diagrama de Gantt. SMED en C. de Coladas

## VII. SEGUIMIENTO

### A. Buffer y Supermercado

La acción correspondiente a la instalación de un buffer y un supermercado requiere una justificación muy clara para la empresa. Esto se ha logrado a través de un seguimiento mensual desde el mes de julio hasta octubre del mismo año.

Observamos en el siguiente gráfico que todos los meses el lead time ronda los 40 días. A excepción del mes de agosto de 2017, debido al cierre de la planta lo cual reduce la demanda y con él, la necesidad de fabricación. Por ello se ajusta el lead time entorno a los 30 días para ese mes y se dobla el tiempo de Valor Añadido hasta el 2,79%.

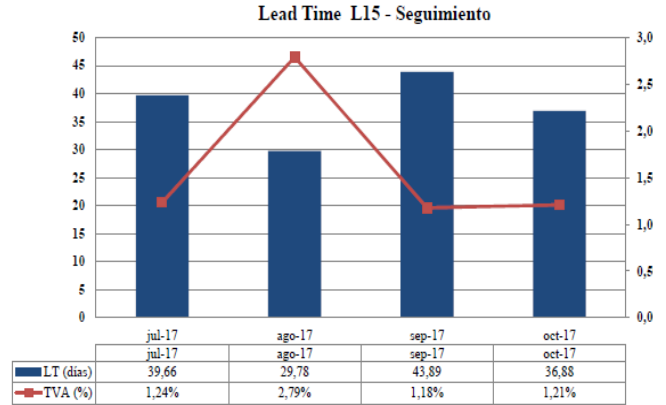


Fig. 10 – Seguimiento del Lead Time L15

La acción de este proyecto más actual consiste en retirar material innecesario de la planta como son máquinas en desuso y obsoletas para obtener el espacio que se utilizará a partir del 2018 para instalar el buffer.

### B. Máquina de fresado

La baja demanda del 101L50 junto a la instalación de una segunda máquina de fresado, reducimos hasta un 71,05% el stock almacenado en la L14 a la espera de ser mecanizado. Para el cálculo del stock mensual se utiliza siempre el viernes de la primera semana de fabricación del pistón de estudio. El mes de octubre no se fabricó este tipo de pistón, se cubrió con la demanda de septiembre.

## VIII. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden extraer de este proyecto son, lo primero, que no hemos alcanzado nuestro objetivo marcado de implementar todas las acciones antes del plazo de entrega de este proyecto.

La demanda de cliente y el cambio del director de logística requieren de un período de adaptación y control. Sin embargo, las acciones hasta ahora implementadas y el futuro supermercado dejan entrever que el objetivo definido de 12 días es alcanzable y realista, permitiéndonos un lead time teórico de un máximo de 8,3 días sin reducir el tamaño del lote, además de poder controlar los lotes y limitar las cantidades.

La reducción del tiempo de preparación para el corte de coladas ha pasado de 45 minutos a 21,9 minutos, doblando la capacidad de reacción en caso de necesidad de un cambio de preparación.

En resumen, de este trabajo se concluye la viabilidad del sistema de gestión Lean a partir de la herramienta de Value Stream Mapping, permitiendo una reducción en los plazos de entrega en un 77,63%. Esta cifra puede verse incrementada en el futuro con la aplicación total de las acciones y gracias a la mentalidad Kaizen de la planta.

## AGRADECIMIENTOS

Como autor de este proyecto deseo agradecer a la empresa MAHLE S.A. por haberme brindado la oportunidad de realizar el trabajo final de grado con ellos.

Particularmente, quiero dar mi agradecimiento a Manuel Pineda como jefe e instructor del departamento Mahle Production System por facilitarme la formación necesaria, no solo para el desarrollo del trabajo sino para mi crecimiento laboral. También quisiera destacar la fácil integración a los proyectos que me ha brindado, dejándome ser uno más en cada uno de ellos.

Haciendo mención a mi tutor del proyecto por parte de la empresa y director de operaciones, Wilfried Rendler, deseo agradecerle su confianza depositada en mi persona y en mi capacidad para este estudio.

Quisiera dar las gracias a la universidad EPSEVG (Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú) por haberme otorgado las capacidades y conocimientos necesarios para realizar este proyecto

Deseo agradecer en especial a mi tutor del trabajo por parte de la universidad, Severino Abad, por enseñarme el camino a seguir dándome unas pautas que han servido para dar cuerpo a este proyecto.

Para terminar, deseo dar las gracias como no puede ser menos, son mi familia y mis amigos. Por darme la oportunidad de realizar los estudios que he deseado además de otorgarme su apoyo incondicional todos ellos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cuatrecasas, L. (2010). "Lean Management: La gestión competitiva por excelencia". Ed. Profit Editorial.
- [2] Guerrero, J. (2016). "Lean es Lean: Principios y herramientas del Lean Manufacturing simples, claros y prácticos".
- [3] Rother M.; Shook, J. (1999). "Observar para crear valor". Ed. Lean Enterprise Institute.
- [4] Chase R.B.; Jacobs F.R. (2011). "Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros". Ed. McGraw-Hill.
- [5] Shingo, S. (1990). "Una revolución en la producción: el sistema SMED". Ed. Productivity, Inc.

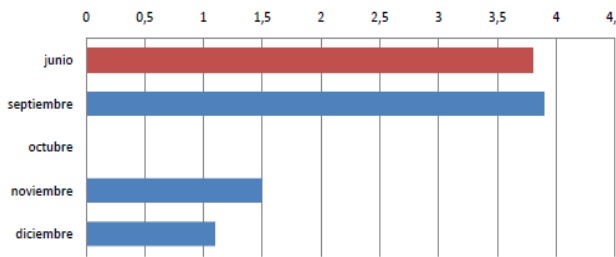


Fig. 11 – Stock del pistón 101L50 en L14

### C. Reducción del lote de producción

Debido a la planificación acordada entre la dirección, el departamento de logística, MPS e ingeniería, no se podrá implementar esta solución hasta la última semana de marzo de 2018 como se indica en el Diagrama de Gantt (Fig. 8).

A pesar del beneficio directo que supone un aumento notable del flujo, es necesaria una justificación notarial para poder implementar el sistema. La prueba piloto tendrá una duración de 81 días con la intención de garantizar y justificar que la solución es viable para disponerse a implementarla en otras áreas de la fábrica.

Hasta la fecha, ingeniería está trabajando en nuevos diseños de transporte de los lotes que permitan garantizar una cantidad estándar de pistones. Por otro lado, el departamento MPS busca modelos normalizados en catálogos, que puedan ajustarse a las necesidades de la planta.

### D. SMED en Corte de Coladas

Para MAHLE S.A. esta es la base necesaria para controlar el tiempo de dedicación para cada acción en las situaciones de cambio de producto en la TR-17. Con la ayuda del departamento MPS se obtiene un tiempo máximo de 44,65 minutos. Lo cual limita notable los cambios de producto diarios.

Mediante los datos obtenidos en el seguimiento de las preparaciones y una vez se han aplicado las acciones propuestas, el resultado obtenido ha sido una reducción de 44,65 minutos a los 21,9 minutos para las preparaciones más costosas. Esto implica una reducción del 50,95% del tiempo.



Fig. 11 – Comparativa SMED actual e inicial