



---

# Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE GRADO

DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE LEAN  
PRODUCTION Y SISTEMA JIT EN UNA EMPRESA



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**HÉCTOR GRANADO GÓMEZ**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

NOVIEMBRE, 2016





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE LEAN  
PRODUCTION Y SISTEMA JIT EN UNA  
EMPRESA**

**Autor:**

**Granado Gómez, Héctor**

**Tutor:**

**Pérez Vázquez, Elena**

**Departamento de Organización de Empresas y CIM**

**Valladolid, Noviembre 2016**





## • **PRESENTACIÓN**

Este trabajo de fin de grado propone la idea de poder dar una solución real, económica y viable a la optimización de una línea de proceso de una empresa en la ciudad de Valladolid, la cual está encargada de la fabricación en serie de un determinado producto mediante una línea de producción en serie.

Para ello nos basaremos en los estudios y prácticas del sistema Lean Production o Toyota Production, así como de los estudios y prácticas de la herramienta Just in Time o JIT.

Para ello haremos una breve introducción, descripción y análisis de dichas herramientas de ayuda a la producción para luego ver como nos basamos en todo lo descrito anteriormente para solucionar un problema real en la citada empresa mediante la implantación sistemática de dichos procesos.

## • **PALABRAS CLAVE**

- Lean Production
- Toyota Production
- Justo a Tiempo
- Sistema de producción
- Reducción del coste



# ÍNDICE



# ÍNDICE DE CONTENIDOS:

<i>Capítulo 1: INTRODUCCIÓN</i> .....	23
1.1 INTRODUCCIÓN .....	25
1.2 ANTECEDENTES.....	25
1.3 OBJETIVOS .....	26
1.4 CONTENIDOS .....	27
 <i>Capítulo 2: SISTEMA “LEAN PRODUCTION” O “TOYOTA PRODUCTION”</i> .....	 30
2.1 ANTECEDENTES.....	32
2.1.1 PRODUCCIÓN ARTESANAL.....	32
2.1.2 PRODUCCIÓN EN MASA .....	33
2.1.3 SISTEMA FORD .....	34
2.2 INTRODUCCIÓN AL SISTEMA “LEAN PRODUCTION” O “TOYOTA PRODUCTION” .....	37
2.3 DIFERENCIAS ENTRE EL SISTEMA “TOYOTA PRODUCTION” Y EL SISTEMA FORD.....	38

<b>2.4 PRINCIPIOS DEL SISTEMA “LEAN PRODUCTION”</b> .....	<b>39</b>
2.4.1 REDUCCIÓN DEL COSTE .....	39
2.4.2 “LEAN THINKING” .....	41
<b>2.5 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA “LEAN PRODUCTION”</b> .....	<b>42</b>
<b>2.6 EL OBJETIVO PRINCIPAL O “GOAL”</b> .....	<b>43</b>
2.6.1 LAS 3 MU´S .....	43
2.6.1.1 MURA .....	44
2.6.1.2 MURI .....	45
2.6.1.3 MUDA .....	46
<b>2.7 ESTABILIDAD</b> .....	<b>51</b>
2.7.1 LAS CUATRO M´S .....	51
2.7.1.1 MANO DE OBRA.....	52
2.7.1.2 MÁQUINAS .....	53
2.7.1.3 MATERIALES .....	53
2.7.1.4 MÉTODOS .....	54
2.7.2 GESTIÓN VISUAL.....	54

2.7.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	56
2.7.3.1 MEDIDAS CLAVE.....	57
2.7.3.2 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS .....	58
2.7.3.3 POSIBLES MÉTODOS DE SOLUCIÓN .....	60
2.7.4 SISTEMA 5S.....	60
2.7.4.1 SEIRI (SELECCIÓN).....	61
2.7.4.2 SEITON (ORDEN) .....	62
2.7.4.3 SEISO (LIMPIEZA) .....	63
2.7.4.4 SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN) .....	64
2.7.4.5 SHITSUKE (DISCIPLINA).....	64
<b>2.8 ESTANDARIZACIÓN.....</b>	<b>65</b>
2.8.1 LA GESTIÓN COMO PRINCIPAL RECURSO .....	66
2.8.1.1 MÁQUINAS VS PERSONAS .....	66
2.8.2 ELEMENTOS PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO .....	68
2.8.3 SISTEMAS PRINCIPALES PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO.....	69
2.8.3.1 GRÁFICO DE CAPACIDAD DE LA PRODUCCIÓN .....	69

2.8.3.2 TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTÁNDAR .....	70
2.8.3.3 GRÁFICO DE ANÁLISIS DE TRABAJO ESTÁNDAR .....	71
2.8.4 SISTEMAS AUXILIARES PARA LA ELABORACIÓN DE UN ESTÁNDAR.....	72
2.8.5 PRODUCCIÓN DE LA MANO DE OBRA.....	73
2.8.5.1 EFICIENCIA GLOBAL .....	74
2.8.6 GUÍAS PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO.....	75
2.8.6.1 GUÍA PARA ECONOMIZAR LOS MOVIMIENTOS.....	75
2.8.6.2 GUÍA PARA LA DISPOSICIÓN Y EL EQUIPAMIENTO...	76
2.8.6.3 GUÍA PARA HERRAMIENTAS Y PLANTILLAS.....	76
2.9 CONCLUSIONES.....	77
<b>Capítulo 3: SISTEMA “JUST IN TIME” O JUSTO A TIEMPO.....</b>	<b>79</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	81
3.2 OBJETIVOS Y PRINCIPIOS DEL SISTEMA JUSTO A TIEMPO .....	82
3.3 TEORÍA DE LOS CINCO CEROS .....	84
3.4 REGLAS BÁSICAS DEL SISTEMA JUST IN TIME.....	85



3.4.1 FLUJO CONTINUO Y ARRASTRE .....	86
3.4.1.1 FLUJO CONTINUO .....	86
3.4.1.2 ARRASTRE .....	86
<b>3.5 KANBAN .....</b>	<b>88</b>
3.5.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA KANBAN .....	89
3.5.2 VENTAJAS y DESVENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN.....	90
3.5.2.1 VENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN .....	90
3.5.2.2 DESVENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN .....	91
3.5.3 TIPOS DE KANBAN .....	91
3.5.3.1 TIPOS DE DISEÑO KANBAN .....	93
3.5.4 LAS SEIS REGLAS DEL KANBAN.....	94
3.5.4.1 PRIMERA REGLA: NUNCA ENVÍES PRODUCTOS DEFECTUOSOS.....	94
3.5.4.2 SEGUNDA REGLA: EL CLIENTE RETIRA SOLO LO QUE NECESITA .....	95
3.5.4.3 TERCERA REGLA: PRODUCIR SOLO LO QUE EL CLIENTE DEMANDE.....	96
3.5.4.4 CUARTA REGLA: NIVELES DE PRODUCCIÓN.....	96

3.5.4.5 QUINTA REGLA: USAR KANBAN PARA NIVELAR LA PRODUCCIÓN.....	97
3.5.4.6 SEXTA REGLA: ESTABLECER Y FORTALECER EL PROCESO .....	97
3.5.5 SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE .....	98
<b>3.6 REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN O HEIJUNKA .....</b>	<b>99</b>
3.6.1 NECESIDADES DEL HEIJUNKA.....	99
3.6.2 OBJETIVOS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HEIJUNKA .....	101
3.6.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	103
3.6.3.1 VENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	103
3.6.3.2 DESVENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	103
3.6.4 IMPLEMENTACIÓN PARA LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	104
3.6.4.1 CALCULAR EL TAKT TIME DE LA PRODUCCIÓN.....	104
3.6.4.2 CALCULAR EL PITCH DE CADA PRODUCTO.....	106
3.6.4.3 ESTABLECER EL RITMO DE LA PRODUCCIÓN .....	107

3.6.4.4 CAJAS HEIJUNKA O “HEIJUNKA BOX” .....	108
3.7 ENTENDIENDO LA DEMANDA DE LOS CLIENTES .....	109
3.8 CONCLUSIONES.....	109
<b>Capítulo 4: IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN UNA EMPRESA.....</b>	<b>112</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	114
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.....	116
4.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA ....	118
4.3.1 ZONA MDF .....	120
4.4 OBJETIVOS PRINCIPALES.....	122
4.4.1 HISTÓRICO DE FALLOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	122
4.4.1.1 MOTIVO E IDENTIFICACIÓN DE LA PARADA.....	123
4.4.1.2 TRATAMIENTO MENSUAL DE LOS DATOS .....	124
4.4.1.3 TRATAMIENTO ANUAL DE LOS DATOS .....	130
4.4.1.4 FUTURAS MEJORAS .....	133
4.4.2 CLASIFICACIÓN CONJUNTA DE LA EMPRESA .....	134

4.4.2.1 DEPARTAMENTOS ASOCIADOS A LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	134
4.4.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS ZONAS .....	135
4.4.3 INFORMATIZACIÓN EN LA PREVENCIÓN DE AVERÍAS MECÁNICAS .....	139
4.4.3.1 TRABAJO ANTIGUO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO MECÁNICO .....	140
4.4.3.2 TRABAJO NUEVO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO MECÁNICO .....	145
4.4.3.3 FUTURAS MEJORAS.....	152
4.5 CONCLUSIONES.....	152
<b>Capítulo 5: CONCLUSIONES .....</b>	<b>154</b>
5.1 INTRODUCCIÓN .....	156
5.2 CONCLUSIONES.....	156
5.2.1 CONCLUSIONES METODOLÓGICAS.....	156
5.2.2 CONCLUSIONES OPERATIVAS.....	157
5.3 LÍNEAS FUTURAS.....	157
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>160</b>

---

<b><i>LIBROS Y DOCUMENTACIÓN</i></b> .....	<b>161</b>
<b><i>PÁGINAS DE INTERNET</i></b> .....	<b>162</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

## *Capítulo 2: SISTEMA “LEAN PRODUCTION” O “TOYOTA PRODUCTION”*

FIGURA 2.1 CRECIMIENTO DE UNIDADES DEBIDO A LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE.....	35
FIGURA 2.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL FORD-T .....	36
FIGURA 2.3 EIJI TOYODA (IZQUIERDA) Y TAIICHI OHNO (DERECHA) .....	39
FIGURA 2.4 CÍRCULO DE REDUCCIÓN DE COSTES.....	40
FIGURA 2.5 CASA DEL SISTEMA “LEAN PRODUCTION” .....	42
FIGURA 2.6 GRÁFICO REPRESENTANDO LAS 3 MU´S .....	44
FIGURA 2.7 TRABAJO FRENTE A MUDA .....	46
FIGURA 2.8 TRIÁNGULO DE GESTIÓN VISUAL.....	55
FIGURA 2.9 CURVA DEL CICLO DE VIDA O DE LA “BAÑERA” .....	58
FIGURA 2.10 PIRÁMIDE DE PÉRDIDAS EN MÁQUINAS.....	59
FIGURA 2.11 VISTA GLOBAL DE NUESTRO SISTEMA .....	66
FIGURA 2.12 GRÁFICO DE CAPACIDAD DE LA PRODUCCIÓN.....	70

FIGURA 2.13 TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTÁNDAR .....	71
FIGURA 2.14 TABLA DE ANÁLISIS DE TRABAJO ESTÁNDAR.....	72
FIGURA 2.15 GRÁFICO DE HOJA DE ELEMENTO DE PROCESO .....	73

### ***Capítulo 3: SISTEMA “JUST IN TIME” O JUSTO A TIEMPO***

FIGURA 3.1 TEORÍA DE LOS CINCO CEROS.....	84
FIGURA 3.2 SISTEMA “PULL” .....	87
FIGURA 3.3 KANBAN DE PRODUCCIÓN.....	92
FIGURA 3.4 KANBAN DE SALIDA.....	92
FIGURA 3.5 KANBAN TRIANGULAR .....	93
FIGURA 3.6 TRIÁNGULO SOBRE EL QUE SE BASA EL HEIJUNKA.....	101
FIGURA 3.7 COMPARATIVA DE UTILIZACIÓN DE HEIJUNKA .....	102
FIGURA 3.8 EL PASO INTERMEDIO ES LO QUE VAMOS A DEFINIR COMO TAKT TIME .....	105
FIGURA 3.9 EJEMPLO DE UNA CAJA HEIJUNKA .....	108

## **Capítulo 4: IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN UNA EMPRESA**

FIGURA 4.1 LOGO DE TAFISA Y SONAE INDUSTRIA .....	116
FIGURA 4.2 ENTRADA EN LA FACTORÍA TABLEROS TRADEMA S.L EN VALLADOLID .....	117
FIGURA 4.3 VISTA AÉREA DE TABLEROS TRADEMA S.L.....	118
FIGURA 4.4 LÍNEA MDF DE PROCESADO DE TABLEROS.....	120
FIGURA 4.5 EJEMPLO DE TABLA DE PARADAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN .....	123
FIGURA 4.6 TABLA DE TRATAMIENTO DEL MES DE ENERO DE 2016 .....	126
FIGURA 4.7 GRÁFICO DE ÍNDICE DE UTILIZACIÓN .....	128
FIGURA 4.8 TABLA RESUMEN DE PARADAS POR AVERÍA .....	129
FIGURA 4.9 TABLA DE TRATAMIENTO DE DATOS ANUAL DEL AÑO 2015.....	131
FIGURA 4.10 TABLA VISUAL DE CUMPLIMIENTO DEL ÍNDICE OBJETIVO.....	132
FIGURA 4.11 EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN PARA CADA DEPARTAMENTO.....	136
FIGURA 4.12 NUEVA CLASIFICACIÓN CONJUNTA DE LOS SECTORES Y MÁQUINAS .....	138



FIGURA 4.13 EJEMPLO DE HOJA DE INSPECCIÓN DIARIA DE UNA PARTE DEL SECTOR DE LA LÍNEA.....	141
FIGURA 4.14 EJEMPLO DE HOJAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANTIGUO.....	144
FIGURA 4.15 DOCUMENTO DE PREVENTIVO DE LA ZONA DE FORMACIÓN .....	147
FIGURA 4.16 DOCUMENTO DE PREVENTIVO DE LA ZONA DE PRENSA ....	148
FIGURA 4.17 DOCUMENTO DE PREVENTIVO DE LA ZONA DE LA CALDERA (I) .....	149
FIGURA 4.18 DOCUMENTO DE PREVENTIVO DE LA ZONA DE LA CALDERA (II).....	150



# Capítulo 1: INTRODUCCIÓN



## 1.1 – INTRODUCCIÓN

La idea de este Trabajo de Fin de Grado es el de profundizar un poco más en la nueva implantación de un programa informático en la factoría Tableros Tradema S.L. situada en la ciudad de Valladolid. Dicho programa se basa en la mejora del sistema de prevención, análisis y mejora continua de la línea de producción y fabricación de dicha empresa, para lo cual nos apoyaremos en el sistema Lean Production (También llamado Toyota Production) y el sistema Justo a tiempo.

## 1.2 - ANTECEDENTES

A partir del siglo XX en donde la producción y la fabricación hasta esas fechas había sido esencialmente artesanal, los productos, así como las empresas y empresarios encargadas de ofrecerlos han vivido en una constante evolución tanto de dichos productos como en la manera de elaborarlos, en su sistema de producción y la manera de ofrecérselos al público. Dicha evolución ha provocado una competitividad entre empresas la cual se ha vuelto cada vez mas agresiva en los últimos años, buscando una manera de diferenciarse del resto de empresas del mismo sector. Los márgenes de beneficio se han ido estrechando y son los pequeños detalles los que marcan cada vez una brecha mas grande, detalles que aunque sean mínimos pueden llegar a ser muy significativos a la hora de elaborar un producto, y pueden marcar una gran diferencia a la hora de reducir costes y aumentar las ganancias.

El empresario debe de ser capaz de estar en una continua adaptación de sus capacidades y estudios, y ser capaz de ponerlas a disposición de la empresa para conseguir una constante evolución.

En esta evolución continua nosotros nos vamos a centrar en los estudios y sistemas basados en Lean Production o del Toyota Production, así como de los estudios y herramientas basados en Just in Time o JIT.

Estos sistemas, aunque en España están bastante integrados dentro de las grandes empresas, son un gran desconocido para la mayoría de las pequeñas y medianas empresas.

A modo de desarrollo de este trabajo de fin de grado explicaremos detenidamente cada uno de los sistemas que hemos descrito anteriormente para luego a modo práctico implantarlo en la empresa Tableros Tradema S.L.

## **1.3 – OBJETIVOS**

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado será el de desarrollar el sistema Lean Production o Toyota Production, así como el sistema Justo a Tiempo, para a partir de dichos sistemas ser capaces de implantar un programa informático capaz de mejorar la línea de producción y fabricación de la factoría Tableros Tradema S.L. situada en la ciudad de Valladolid.

Para ello es importante empezar describiendo detalladamente en que consisten dichas herramientas, en que bases se fundamentan y como ha sido la evolución de los sistemas de producción hasta llegar a dichos estudios.

Luego haremos una breve descripción de los procesos de producción y fabricación de la empresa Tableros Tradema S.L. para luego profundizar mas sobre como se estaban realizando las distintas tareas en la línea de producción, el proceso para empezar a regular los cambios necesarios y su implantación final en la línea de producción.

Terminaremos desarrollando unas propuestas de mejora, para ver las posibles vías de desarrollo a seguir a partir de los sistemas nuevos implantados.

## 1.4 – CONTENIDOS

Esta memoria recopila los estudios, trabajos y resultados obtenidos basados en la propuesta para la realización del Trabajo de Fin de Grado. Este se descompone en varios capítulos los cuales se expondrán a continuación de una manera resumida.

- **Capítulo 1: Introducción**

Este capítulo nos sirve como presentación de los temas que se van a desarrollar en el Trabajo de Fin de Grado. Se exponen las bases de los temas a tratar, así como los objetivos finales que se pretenden alcanzar.

- **Capítulo 2: Sistema Lean Production o Toyota Production**

Se sientan las bases del sistema Lean Production System o Toyota Production System, la historia de cómo se llegó hasta estos estudios, en que consisten y cual es el camino a seguir para alcanzar lo que este sistema pretende.

- **Capítulo 3: Sistema “Justo a Tiempo” o JIT**

Dentro del sistema expuesto anteriormente estudiaremos mas profundamente esta herramienta llamada Justo a Tiempo. Veremos sus bases y fundamentos, expondremos en que consiste, la manera de conseguirlos, así como los objetivos que pretende mejorar en las empresas.

- **Capítulo 4: Implantación de los sistemas en la factoría de producción**

Haremos un estudio de la empresa en la que queremos introducir la mejora en base a los nuevos sistemas, como trabajaban antes, los pasos y estudios previos que se han seguido para poder implantarlos, y como se han realizado en dos sectores de la línea de producción.

- **Capítulo 5: Conclusión de los resultados obtenidos y posibles vías futuras de desarrollo**

En este apartado expondremos nuestro punto de vista de los resultados obtenidos a partir de datos y de información de los propios trabajadores de la empresa. También desarrollaremos las vías futuras de desarrollo que tiene la empresa a partir de los sistemas seguidos.





# **Capítulo 2: Sistema “Lean Production” o “Toyota Production”**



## 2.1 - ANTECEDENTES

“Hay tantas posibilidades de mejorar el sistema de producción...” (Eiji Toyoda, 1950).

A continuación veremos una breve introducción a modo de explicación de la evolución que han tenido los sistemas de producción desde los inicios del siglo XX, en la que los productos se fabricaban de un modo artesanal, hasta las implantaciones mas modernas como son el sistema Lean Production o Toyota Production.

### 2.1.1 - PRODUCCIÓN ARTESANAL

Para obtener un producto que quisiéramos teníamos que hablar con un productor de nuestra zona. Por ejemplo en el caso de un coche hablaríamos con el empresario. Dicho empresario se encargaría de contratar a los mecánicos y operarios necesarios para fabricar el coche. Dicho fabricante es quien nos tomaría las especificaciones oportunas de diseño y a partir de ahí, unos meses mas tarde obtendrías tu coche, lo conducirías acompañado de un mecánico para modificar y revisar todo aquello que estuviese mal o que con lo que no estuvieses satisfecho, y una vez solucionados todos los problemas tendrías tu coche a tu disposición.

El coste sería alto, pero el coche sería único. Tenías la satisfacción de hablar con el empresario y con su equipo personalmente, comentarle tus dudas e intervenir en el diseño si querías algunas características diferentes (Dennis, 2016).

Algunas de las principales desventajas que nos podemos encontrar en este tipo de producción son:

- No todo el mundo podía permitírselo. Estaba solo reservado a personas de un alto poder adquisitivo.
- Test de calidad bajo unos determinados estándares no servían. Cada pieza era única ya que no eran diseñadas en línea.

- Cada empresa tenía su manera de trabajar de una manera muy concreta, con lo cual los cambios o mejoras en un proceso no eran generalmente bien vistos en la factoría, Los trabajadores tenían una forma de trabajar determinada y no eran receptivos a dichos cambios.
- Las máquinas y las herramientas que se utilizaban tenían un propósito general, se utilizaban para muchas partes de un mismo elemento, lo que provocaba grandes pérdidas de tiempo debido a las colas de espera.
- Los materiales no estaban siempre a disposición del fabricante, por lo que había que añadir esperas a veces muy largas hasta tener disponibles todos los materiales y piezas necesarios para la fabricación.

## 2.1.2 - PRODUCCIÓN EN MASA

El principal incursor de este nuevo sistema fue Frederick Winslow Taylor (Kanigel, 2015). El énfasis de este enfoque es en el de las tareas. Este sistema busca aplicar métodos científicos a los problemas de la producción y la administración (Taylor, 1908) con el fin de obtener una elevada eficiencia industrial. Los principales métodos científicos que aplicó Taylor fueron la planificación, la preparación, el control y la ejecución (1).

- Planificación: Intentar que cada obrero en el proceso de producción siga una tarea preestablecida mediante un método no dejando lugar a la improvisación. Se estudiaban todos los movimientos que implicaba su trabajo, simplificándolo y haciéndolo lo mas eficiente posible. También se cronometraba el tiempo útil para poder así reducir los tiempos muertos.
- Preparación: Seleccionar a cada trabajador acorde a sus aptitudes al puesto que pueda desarrollar de una manera mas eficiente. Además se deberá de disponer de una manera lógica tanto a los trabajadores como

a las máquinas y herramientas, para conseguir los objetivos en los tiempos establecidos.

- **Control:** Consiste en una supervisión continua para corroborar que el trabajo se hace bajo las especificaciones y estándares indicados.
- **Ejecución:** Saber distinguir de una manera correcta las funciones y responsabilidades de cada persona dentro de la jerarquía de la empresa para así poder realizar las distintas operaciones de una manera correcta acorde al método.

Este sistema es bastante criticado por muchas personas a lo largo del tiempo, debido a que los obreros únicamente se dedicaban a hacer tareas repetitivas durante un largo periodo de tiempo sin tener en cuenta nada más que la producción bajo los estándares establecidos. Esto produjo una total desmotivación y alienación de los obreros a trabajar en este tipo de plantas, ya que ellos solo se dedicaban a fabricar la misma pieza una y otra vez en un periodo de tiempo determinado con salarios muy bajos independientemente de las piezas fabricadas, en cambio el empresario les sometía a un trabajo constante para una mayor producción consiguiendo así un mayor beneficio.

Otra desventaja de este método es la pérdida de negociación por parte de los trabajadores, debido a que como sus tareas se han simplificado cada vez mas no tienen un poder para negociar por todo aquello que sabían hacer hasta hace poco de una manera artesanal, demostrando sus aptitudes y destrezas. Con esto el empresario conseguía mano de obra barata a un precio muy bajo.

### **2.1.3 - SISTEMA FORD**

Henry Ford observó que a la producción en masa le faltaba unos componentes básicos: la línea de ensamblaje y unos cambios en las condiciones de los trabajadores. Lo que Ford consiguió fue que mediante una línea de producción, la cual seguía un trabajo específico, y gracias a personal especializado en cada una de las tareas y a las innovaciones tecnológicas, producir piezas y componentes continuamente para que luego fueran ensambladas de una manera sencilla, consiguiendo una gran rapidez de producción, y reduciendo

mucho mas los tiempos de producción de lo que propuso Taylor. Con esto Ford podría reducir el precio de venta con lo que aumentaría la demanda, el mercado y las ganancias (2).

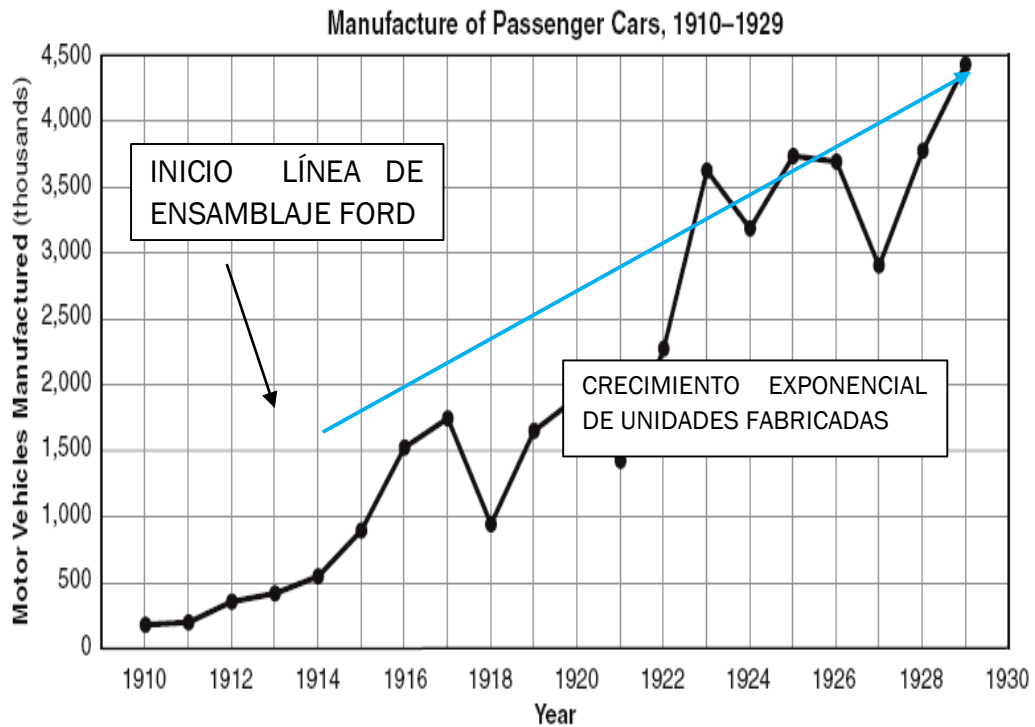
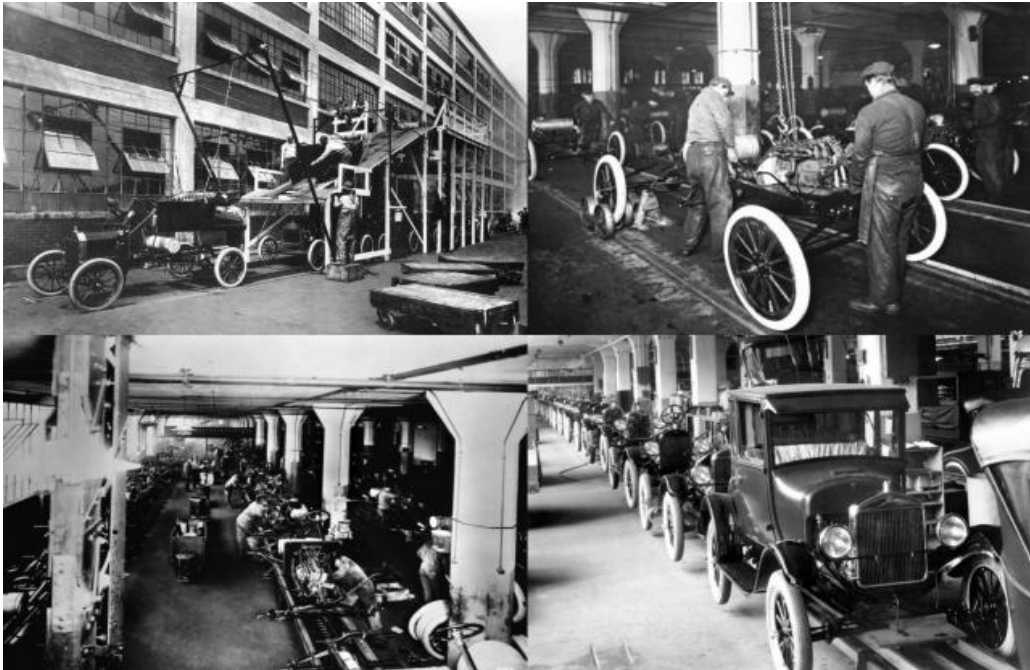


Figura 2.1 Crecimiento de unidades debido a la línea de ensamblaje (5)

Una vez que el proceso funcionaba Ford redujo el número de pasos a realizar en motores y otros sistemas críticos. Esto se tradujo en una enorme reducción tanto del tiempo de fabricación, (los tiempos de ciclo se redujeron de horas a minutos) como del dinero que costaba la fabricación de cada vehículo (Dennis, 2016) tal y como podemos ver en la figura 2.1.

Distinto de las ideas de Taylor, Ford no pensaba en reducir los costes de producción a costa de los trabajadores, si no a través de la expansión del mercado, de hecho el salario mínimo de los trabajadores en ese tiempo era de 2,34 dólares el día, con jornada de 9 horas diarias. Ford ofreció pagar 5 dólares el día con una jornada de 8 horas diarias. De esta manera se tendría a los trabajadores contentos, lo que se traduce en que desarrollarían su puesto de

una manera mas eficiente. Ford comentaba: “Es necesario que los trabajadores produzcan el máximo posible y reciban los salarios más altos posibles” (2). En la figura 2.2 se ven diferentes procesos de la línea de producción del Ford-T.



**Figura 2.2** Línea de producción y ensamblaje del Ford-T (6)

Ford basó todo su sistema en tres pilares básicos o principios (3):

- Principio de intensificación: Se basa en disminuir el tiempo de producción mediante el uso inmediato de los equipos, herramientas y de la materia prima, así como una rápida colocación en el mercado debido a una alta y constante demanda.
- Principio de la economicidad: Consiste en reducir al mínimo el volumen de materia prima en transformación.
- Principio de productividad: Se basa en aumentar la capacidad de producción de un hombre en un mismo periodo mediante la especialización y mediante la línea de montaje y ensamblaje.



## 2.2 - INTRODUCCIÓN AL SISTEMA “LEAN PRODUCTION” O “TOYOTA PRODUCTION”

Eiji Toyoda y su ingeniero jefe de producción Taiichi Ohno viajaron desde Japón hasta la planta Ford situada en Detroit, Estados Unidos, para comprobar su sistema y descubrir de que manera producían 7000 coches al día, cuando la producción en la factoría Toyota Motor era sólo de 2685 coches al día (Womack, 2000). Después de una larga y exhaustiva observación de la planta concluyeron que el sistema de producción en masa no se instauraría en su fábrica de Japón, ya que no daría los mismos resultados que en Estados Unidos debido a la mentalidad y condiciones actuales en Japón, pero les dio numerosos desafíos e ideas con las cuales aumentar la calidad y la productividad de su fábrica (Dennis, 2016).

En un país en el cual después de la guerra del Pacífico Estados Unidos había ocupado el país para hacer una total reforma económica y social (3), Japón estaba sumida en una profunda depresión y pobreza.

En el ámbito empresarial la decisión que tomó el presidente de Toyota Motor Kiichiro Toyoda para poder mantener su compañía a flote fue la de despedir a un cuarto del total de los trabajadores de la factoría Toyota Motor, pero debido a los diversos acuerdos laborales firmados con Estados Unidos esta medida no era posible en un principio.

Después de muchas negociaciones por cambiar dichos acuerdos se llegaron a unas directrices finales las cuales fueron la base para el sistema Toyota Production (Dennis, 2016):

- Se despediría finalmente a un cuarto del total de los trabajadores de la factoría Toyota Motor.
- El presidente de la compañía, Kiichiro Toyoda, dimitiría inmediatamente de su cargo.
- El resto de los trabajadores tendría un empleo de por vida dentro de la factoría Toyota Motor.

- Se pagaría según distintos escalones la antigüedad de los trabajadores en la empresa, premiando de esta manera la fidelidad de los trabajadores a una misma factoría. Parte de los beneficios de la compañía se repartirían mediante diferentes bonos a los propios trabajadores.

Esto dejó fuertes implicaciones para la industria Japonesa en general y la automovilística en particular, ya que básicamente te estaban diciendo “Nos llevaremos toda tu vida, pero a cambio tu tendrás un trabajo para siempre y nos ayudarás a mejorar continuamente la factoría y sus procesos con tus opiniones y aportaciones. Todo por el bien de la empresa”. Como después explicaremos esto tuvo unas importantes connotaciones dentro de la mentalidad Japonesa a la hora de trabajar, lo que les ha llevado a ser una de las principales potencias mundiales en este ámbito.

## **2.3 - DIFERENCIAS ENTRE EL SISTEMA TOYOTA PRODUCTION Y EL SISTEMA FORD**

Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno (Figura 2.3) no pudieron instaurar la línea Ford que observaron y estudiaron en Estados Unidos debido a las muchas diferencias, principalmente culturales y de mentalidad que en esa época separaban a los dos países, así como la diferencia que existía entre ambas compañías debido al tipo de servicios que cada una quería dar con sus modelos de coche.

El principal objetivo de Henry Ford era que cada Estadounidense pudiese tarde o temprano tener su propio vehículo. Para ello se basó en una única línea de ensamblaje con la que produciría el famoso Ford-T (consumo masificado). Ford gracias a su concepto de línea de ensamblaje dispuso de muchas ventajas con respecto a cualquier competidor debido principalmente a que tenía un amplio mercado que cubrir en esa época (muchos Estadounidenses de clase media los cuales hasta ese momento no se podían haber permitido comprarse un coche), así como una cadena de suministros completa, debido a que Estados Unidos no había acusado dentro de su propio país los estragos causados por una guerra.

En cambio Toyota Motor tenía que cubrir una demanda muy variada de modelos pero de un volumen muy bajo de unidades (objetivo principal muy diferente al de Ford), por lo que Toyota Motor no se podía permitir tener una línea de ensamblaje exclusiva para cada vehículo. Tampoco disponía del mismo capital ni de los mismos suministros de los que disponía Ford, por lo que tenía que hacer circular el dinero de una manera rápida y eficiente (calcular lo mas exacto posible las unidades que se tenían que fabricar para que no haya exceso de stock y las unidades fabricadas venderlas lo mas rápido posible).

## **2.4 - PRINCIPIOS DEL SISTEMA “LEAN PRODUCTION”**

### **2.4.1 - REDUCCIÓN DEL COSTE**

El sistema Lean Production System es un término acuñado por James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos (The Machine That Changed the World, 1990). Hace referencia también al sistema Toyota Production System, término acuñado por Eiji Toyoda y principalmente por Taiichi Ohno, el cual se basa en un total cambio de la manera de pensar que hasta esa época tenían las empresas a la hora de fabricar un determinado producto.



**Figura 2.3** Eiji Toyoda (izquierda) (7) y Taiichi Ohno (derecha) (8)

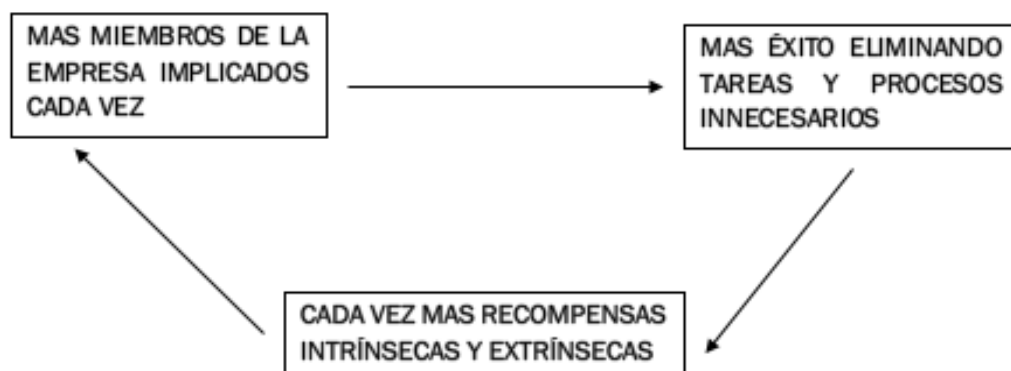
Como principio básico, las empresas a la hora de vender un producto basan su precio de venta al público según la fórmula generalizada:

$$\text{COSTE} + \text{MARGEN DE BENEFICIO} = \text{PRECIO DE VENTA}$$

Esta fórmula tan básica supone un gran reto para las empresas, debido a que al tener cada vez más competencia en el mercado deben de poder ajustar ese precio para ofrecer el más competitivo sin dejar de ofrecer la calidad que espera el cliente, lo que se traduce en una reducción del precio de venta teniendo que seguir sacando un determinado beneficio.

Eiji Toyoda y Taiichi Ohno decidieron que se debe de reducir el coste sin tratar de recortar en (Dennis, 2016):

- Diezmar los miembros de nuestro equipo.
- Eliminar o reducir al mínimo nuestro presupuesto de mantenimiento.
- Debilitar a nuestra compañía hablando en términos de largo plazo.



**Figura 2.4** Círculo de reducción de costes

La idea que tuvieron era la de implicar totalmente a los trabajadores de su empresa reuniéndose constantemente con ellos en equipos para eliminar lo

---

que denominarían “mura, muri y muda”, esto es todas las actividades dentro de la empresa que supusiesen un desperdicio a la hora de fabricar el producto. Esto se conseguiría mediante un círculo como el de la figura 2.4, en la cual cuanta mas gente de nuestra empresa se vea implicada en el proyecto mas éxito va a tener a largo plazo el producto que estemos fabricando, de tal manera que incrementemos constantemente su valor.

Siguiendo estos pasos llegaron a la conclusión que la clave para conseguir beneficios manteniendo la calidad en el producto era la de reducir el coste constantemente mediante la eliminación mura, muri y muda .

## 2.4.2 - “LEAN THINKING ”

Este término es el origen de toda gestión eficiente para poder aplicar el Lean Production. Este término nos invita a identificar cuales son las preguntas correctas que nos tenemos que hacer para llegar al objetivo común de todo el equipo.

Todo este sistema lo tenemos que basar en la manera de concebir un modelo mental para, una vez resuelto, poder aplicarlo a la realidad de nuestra factoría. Para ello debemos intentar pensar el principal objetivo y como llegar a él, todo ello pensando a largo plazo e intentando evitar las amenazas o impedimentos que se nos van a plantear a corto plazo y que no suponen un impedimento para la consecución de nuestro objetivo. Estas amenazas a corto plazo será fácil eliminarlas una vez tengamos bien identificado el objetivo principal.

Para ello y como adelantaremos mas adelante, uno de los mejores métodos es el de cuestionarnos todo continuamente, y ver si podemos mejorar o adaptar cualquier aspecto para mejorar el objetivo que estamos buscando. Métodos como el PDCA (plan, do, check, act) son muy útiles y versátiles a la hora de solucionar estos problemas. Preguntas del estilo:

- ¿Porqué se hace?
- ¿Porqué se hace de esa manera?
- ¿Se puede mejorar de alguna manera?

Nos ayudarán a seguir el camino del Lean Thinking, base para el desarrollo del Lean Production System (Senge, 1990).

## 2.5 - ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA “LEAN PRODUCTION”

Fundamentalmente Taiichi Ohno fue el padre del Toyota Production. Después de mucho estudio Taiichi Ohno decidió implementar todos sus conocimientos de tal manera que fuesen concebidos como una casa tal y como se muestra en la figura 2.5. Empezando por los cimientos, continuando por los pilares y llegando hasta el techo (el objetivo final), de tal manera que todo formase un conjunto que encajase perfectamente.

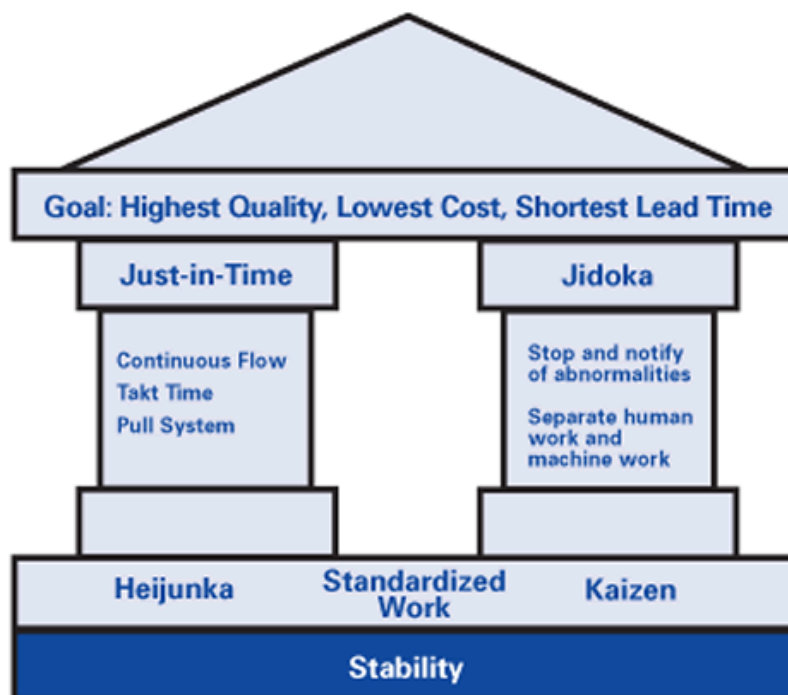


Figura 2.5 Casa del sistema “Lean Production” (9)

## 2.6 - EL OBJETIVO PRINCIPAL O “GOAL”

El objetivo principal de toda empresa es dar su producto de la mas alta calidad, al coste mas bajo posible y en el menor tiempo que se pueda. Aunque antes bastaba con eso, últimamente esos principios no son suficientes y se han ido añadiendo mas. Un acrónimo bastante acertado es el PQCDMS (Dennis, 2016):

- Productivity (Productividad)
- Quality (Calidad)
- Cost (Coste)
- Delivery time (Tiempo de entrega)
- Safety and environment (Seguridad y medio ambiente)
- Morale (Moral)

Es bastante importante comprobar cada cierto tiempo si estamos en el camino correcto a la hora de conseguir nuestro objetivo principal, si nos estamos desviando o no cumpliendo con los objetivos. Será laboral de todos los trabajadores el reunirse constantemente para evaluar que partes del proceso necesitan ser mejoradas para que el coste del producto siga disminuyendo y el beneficio siga aumentando. Para eso el principal objetivo será el eliminar continuamente las llamadas 3 MU´S.

### 2.6.1 - LAS 3 MU´S

Con este término vamos a referirnos a todo aquella acción que no influye o merma en la producción de nuestro producto. Es por lo que nuestro cliente no va a pagar. Literalmente es lo contrario a valor tal y como se muestra en la figura 2.6 las 3 MU´S son:

- MURA
- MURI
- MUDA

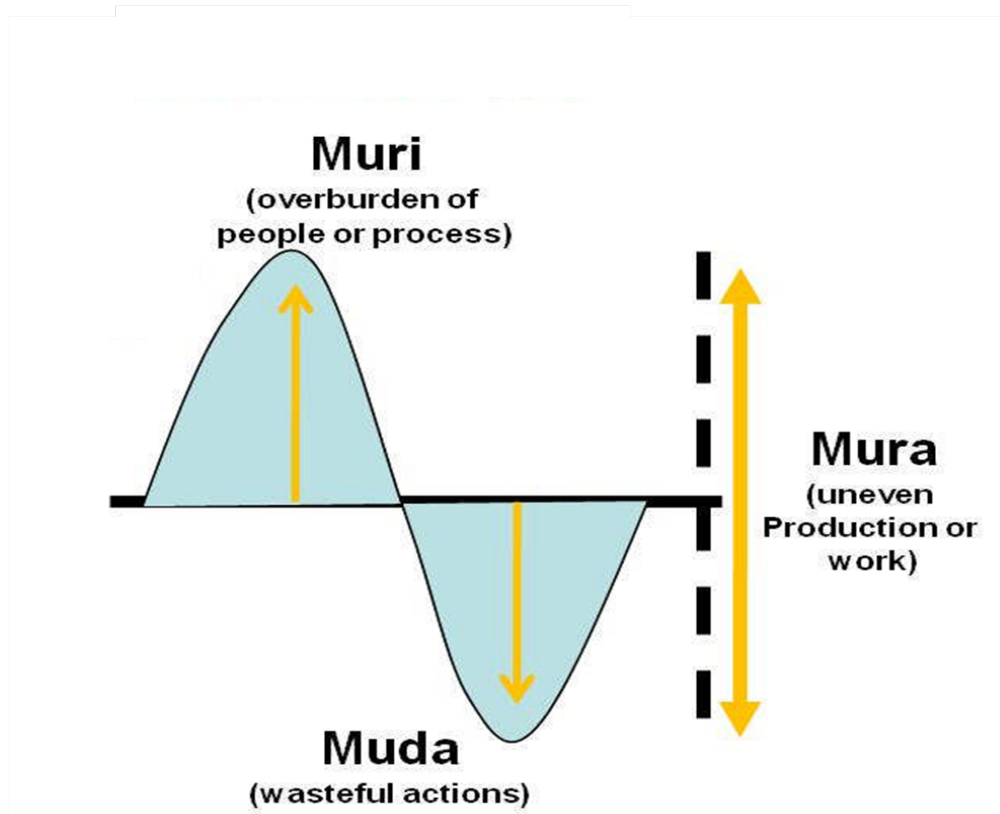


Figura 2.6 Gráfico representando a las 3 MU´S (10)

### 2.6.1.1 - MURA

Con el término mura nos referimos a cualquier irregularidad, variación o cambio no previsto dado en el proceso. Corresponde a la falta de tener perfectamente establecidos los procesos y los productos a fabricar. Todo esto va a representar un desequilibrio en el proceso de producción los cuales se pueden evitar, como veremos mas adelante, bajo los principios del método Just In Time.

Por otro lado, mura requiere de una visión sistémica de la organización y de los procesos, para identificar fallos, defectos, no conformidades e incumplimientos, y se combate con una cultura orientada a la calidad y la mejora continua, con estrategias del tipo “cero defectos” y un enfoque preventivo que se instale a todo lo largo y ancho de la compañía (11).



## 2.6.1.2 - MURI

Con el término muri nos referimos a la sobrecarga, a altos niveles de estrés causados por el sobreesfuerzo de los trabajadores. Esto puede ser debido a un ritmo demasiado acelerado de producción, a unas condiciones ergonómicas de los trabajadores que son ineficientes o que no existen. También vamos a considerar muri a todos aquellos procesos que bajo un mismo puesto de trabajo se realicen de manera diferente, así como cuando la demanda excede a la producción.

Los principales efectos negativos son:

- Baja productividad de los trabajadores: Debido al sobreesfuerzo que tienen que hacer para producir en unos tiempos incorrectos.
- Riesgos en la salud de los trabajadores: Debido al estrés o a una mala ergonomía en su puesto de trabajo.
- Mala calidad del producto terminado: Dado que se fabrican productos a una velocidad mas alta de la normal, los productos tendrán defectos asociados a esa falta de tiempo necesaria de observación.
- Paradas en la línea de producción: Si la demanda excede a la producción normal de la fábrica se producirán cuellos de botella y paradas continuas dada la falta de materiales o a unos tiempos mal establecidos entre diferentes puestos de trabajo.

Para resolver los problemas denominados muri algunas de las posibles soluciones pueden ser:

- Atender a las mejores condiciones ergonómicas para los trabajadores.
- Gente situada en puestos específicos en planta capaces de tomar las decisiones adecuadas en los momentos en los que se planteen problemas inmediatos.

- Una adecuada disposición en planta acorde a las distintas operaciones a realizar.
- Constante participación por parte de los trabajadores para mejorar el proceso productivo continuamente.

### 2.6.1.3 - MUDA

El término muda es el sinónimo en Inglés de “waste” o desperdicio. Se va a utilizar para hacer referencia a todo aquello que en nuestro proceso no aporte ningún valor al producto que fabricamos, por lo que el cliente no va a pagar. También vamos a poder considerar como muda todo aquel talento o aptitudes que tengan los trabajadores y las cuales no estamos aprovechando.

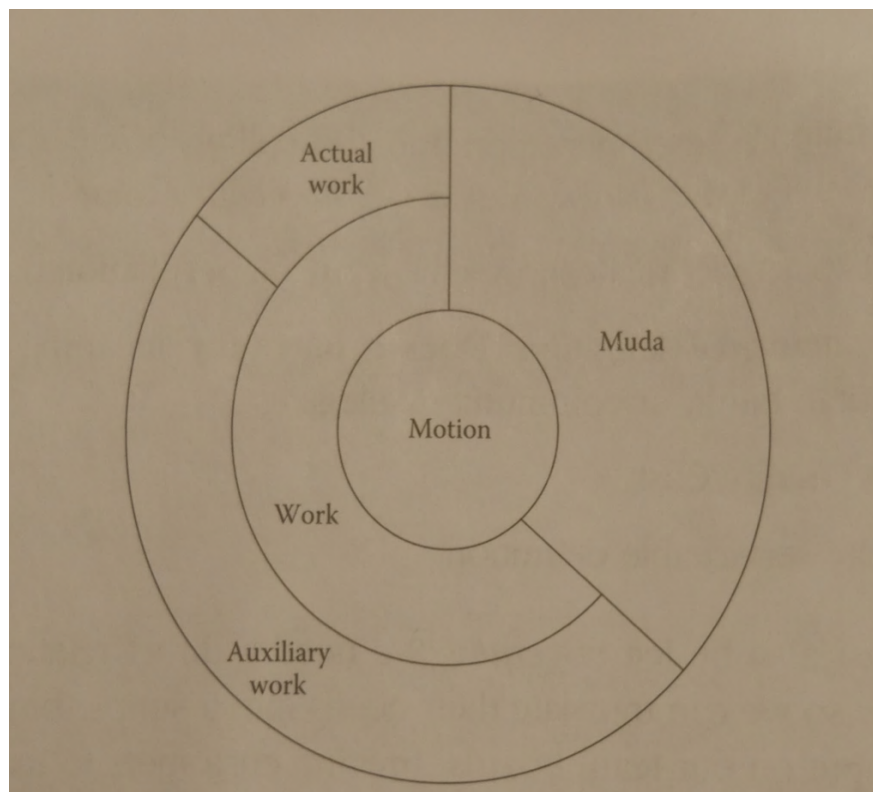


Figura 2.7 Trabajo frente a muda

Los movimientos humanos pueden ser divididos en tres categorías principales tal y como muestra la figura 2.7 (Toyota, 1995):

- Trabajo actual: Referido a cualquier movimiento que añada valor al producto que ofrecemos.
- Trabajo auxiliar: Movimientos que ayudan y soportan al trabajo actual. Generalmente ocurren antes o después del trabajo actual.
- Muda: Desperdicio, aquello que no va a dar ningún tipo de valor a nuestro producto.

Taiichi Ohno consiguió identificar ocho tipos principales de muda que se pueden dar dentro del entorno de una empresa. La “guerra” para eliminar muda aportando valor es lo que comúnmente se denomina el ratio 95/5, en el que el 95% corresponde a muda, mientras el 5% restante corresponde al valor que podemos añadir al producto.

Los ocho tipos de muda que identificamos son:

- Muda de retrasos y esperas: Este tipo de muda ocurre cuando el trabajador tiene que esperar para poder realizar su correspondiente operación dentro de la planta. Esto puede ser debido a que el anterior trabajador tarda demasiado tiempo en realizar su operación, a un tiempo de espera demasiado largo debido a que una máquina está realizando un proceso, a que no hay materiales suficientes para que pueda iniciar su tarea, o por cualquier otra situación que hace que el operario esté parado sin trabajo que realizar.

Un aspecto importante de este tipo de muda es lo que se denomina “Lead Time” (Dennis, 2016), que es el tiempo que el cliente espera en recibir su producto desde que lo ha pedido. Entendiendo este concepto como:

**LEAD TIME = TIEMPO DE PROCESO + TIEMPO DE RETENCIÓN**

Este tipo de muda va a afectar principalmente a ese tiempo de retención afectando considerablemente al tiempo de entrega.

- Muda de desplazamientos y movimientos: En este tipo de muda vamos a englobar:
  - Los movimientos innecesarios que tiene que realizar un trabajador a la hora de ir a una máquina que esté fuera de su entorno de trabajo, o al tener que ir a buscar una herramienta o hacer cualquier desplazamiento innecesario en su entorno de trabajo.
  - La ergonomía de los trabajadores dentro de su puesto de trabajo. Que el operario esté bajo unas adecuadas condiciones dentro de su puesto de trabajo va a ser muy importante a la hora de reducir este tipo de muda. Ya sea a la hora de fabricar piezas, de que estas estén bajo unos determinados estándares de tiempo y calidad, así como por la propia seguridad y salud del trabajador, tendremos que disminuir los principales riesgos ergonómicos los cuales podemos clasificar en: Postura, fuerza y repetición.
- Muda de transporte: Este tipo de muda va a tener lugar cuando tenemos que transportar diferentes lotes de un sitio a otro de la factoría. Aunque esta muda es inherente al proceso de producción ya que siempre vamos a tener que estar transportando materiales de un lugar a otro, la clave esta en reducir este tiempo lo máximo posible.

Para ello algunos posibles soluciones pueden ser:

- Reducir el tamaño de los lotes que tenemos que mover, dando una mayor flexibilidad al transporte.
- Reducir al máximo las distancias entre operaciones conjuntas

Las mudas correspondientes a retrasos y esperas, desplazamientos y movimientos y transporte están muy estrechamente relacionadas entre sí.

- Muda de corrección del producto: Engloba todo lo relacionado con arreglar un producto que ha salido defectuoso. Factores como el tiempo,

materiales, mano de obra y costes añadidos van a formar parte de este tipo de muda.

- Muda de exceso de proceso: Este tipo de muda está relacionado con algo que nosotros producimos, pero que tiene demasiados factores añadidos para lo que el cliente espera. Literalmente significa dar más de lo que el cliente espera. Un ejemplo claro es un exceso de tecnología en un producto que ofrecemos cuando el cliente no lo ve necesario o no lo va a saber utilizar.

Existe una delgada línea entre ofrecer al cliente algo novedoso y ofrecerle algo que esté cargado de excesos. Empresas punteras en tecnología tienen que debatir diariamente este dilema para intentar diferenciar lo que va a aportar valor, de lo que va a ser muda.

- Muda de inventario: Está relacionado con el mantenimiento innecesario de materiales o partes de algún conjunto. Esto es debido a que existe una mala gestión entre la demanda de productos y los suministros que llegan a los almacenes. Va a producir un gasto extra de recursos tales como energía, devaluación de los materiales, dinero que no está circulando constantemente, personal innecesario, etc. Una manera muy eficaz de solventar este problema es el sistema Just in Time como veremos más adelante.
- Muda de sobreproducción: Considerada la peor de las mudas por Taiichi Ohno. Consiste en producir más cantidad que la que demanda el cliente. Se le considera la peor de las mudas debido a que implica a distintas mudas para que se produzca esta. Estas son:
  - Muda de movimiento: Principalmente se trata de que los trabajadores están ocupados fabricando cosas que de momento nadie necesita.
  - Muda de retrasos y esperas: Debido a lotes de gran tamaño.
  - Muda de transporte: Transporte de producto finalizado innecesario por el momento hacia los distintos almacenes.
  - Muda de corrección de producto: Con una sobreproducción el poder detectar distintos errores o defectos según los estándares se vuelve mucho más difícil.
  - Muda de inventario: Un exceso de producción también implica un exceso de materiales que por el momento no vamos a

necesitar, pudiendo destinar esos recursos a otras partes de la planta.

Este tipo de muda es muy perjudicial para nuestra empresa suponiendo un gasto innecesario de energía, mano de obra, materiales, almacenaje, dinero, etc.

- Muda de conocimiento: Esta muda se da cuando no existe una comunicación ya sea entre el cliente y la empresa, entre diversos departamentos de la empresa o entre un jefe y sus empleados.

Este tipo de muda es muy perjudicial en una empresa ya que:

- Si no existe una comunicación entre la empresa y el cliente, la empresa nunca sabrá las necesidades que tienen los clientes ni como crear un producto adecuado a sus necesidades.
- Si no hay comunicación entre los diversos departamentos de la empresa no se van a poner nunca en conocimiento ideas, sugerencias o necesidades que puedan ayudar al funcionamiento global de la empresa.
- Si no existe comunicación entre un jefe y sus empleados no vamos a ser capaces de desarrollar la creatividad de los propios trabajadores. Esto puede crear frustración cuando pueden surgir ideas de las personas que están en contacto con el producto en cuanto a mejoras del mismo o de sus condiciones para mejorar el proceso.

En esta muda es importante el término “macro value steam” (Womack y Jones, 1996), por el cual se establece una corriente continua de mejoras entre el proveedor, la empresa y los clientes de forma que se elimina mucha muda, centrándose sólo en el valor.

## 2.7 - ESTABILIDAD

### 2.7.1 LAS CUATRO M´S

El principal cimiento sobre el que Taiichi Ohno desarrolló el sistema Toyota Production es la estabilidad. Para ello primeramente nos vamos a centrar en el estudio de las cuatro M´S:

- Mano de obra
- Máquinas
- Materiales
- Métodos

Este sistema nos va a dar de una forma general, una manera de predecir todo aquello que va a pasar en nuestro entorno y dentro de nuestra empresa, así como la inmediata disponibilidad de la mano de obra, máquinas, materiales y métodos.

La razón de que la estabilidad se base en el estudio de las cuatro M´S es sencillo, si no somos capaces de saber las distintas situaciones que se pueden presentar en nuestra empresa, ni somos capaces de saber la disposición o la capacidad de los diferentes elementos de nuestra empresa, no vamos a ser capaces de establecer un flujo lo mas ideal posible ya sea en la misma línea de producción o entre diferentes departamentos de la factoría.

Este será el paso básico para poder seguir avanzando en el proceso del Lean Production. Preguntas del tipo:

- ¿Se hace un correcto trabajo preventivo en las diferentes máquinas?
- ¿Se dispone del material necesario todos los días para producir correctamente?
- ¿El personal está debidamente cualificado y formado para realizar las tareas que se les requieren?

- ¿Se dispone de unos métodos de trabajo establecidos para cada proceso?

Este tipo de preguntas habrá que hacerse continuamente para saber si vamos en la dirección correcta, ya que si a alguna de las preguntas que nos hagamos su respuesta es “no”, tendremos que solucionarlo antes de poder seguir avanzando.

### 2.7.1.1 – MANO DE OBRA

La estabilidad básica comienza con una adecuada formación de cada trabajador para el puesto que va a desarrollar. Toyota aprendió de los Estados Unidos lo que se conoce como el “Training Within Industry” o TWI. Se basa en unas técnicas de supervisión y de mejora continua de los trabajadores en sus aptitudes y capacidades en una línea de producción. El TWI tenía tres cursos específicos:

- Job Instruction (Instrucción de trabajo): Este curso enseñaba a los supervisores a disponer de los trabajadores necesarios para desarrollar el trabajo que se requería, así como orientarles en materia de seguridad dentro del puesto que iban a desempeñar.
- Job Methods (Métodos de trabajo): Bajo este curso los supervisores aprendían a introducir pequeñas mejoras dentro de su área. Se les enseñaba a cuestionar todos los procesos y buscar la forma de mejora en cada uno de ellos.
- Job Relations (Relaciones de trabajo): Este curso ayudó a los supervisores a saber escuchar y entender a sus trabajadores. Les enseñaban a no ignorarles y atender e intentar resolver sus problemas.



### 2.7.1.2 – MÁQUINAS

Deberemos conocer de una forma bastante aproximada la capacidad de producción de cada máquina, así como las especificaciones principales a la hora de realizar el trabajo preventivo ya sea de revisión o mediante el cambio de piezas que llegan al final de su vida útil.

En el caso de que una máquina no este produciendo de acuerdo a sus especificaciones habrá que hacer un diagnóstico mediante reuniones con los distintos trabajadores y operarios que están en contacto con dicha máquina para identificar los posibles errores así como sus soluciones.

En estos casos Taiichi Ohno, de hecho, hacía que la gente observase al pie de máquina los problemas durante las ocho horas que tiene el turno y anotaran el plan de producción versus la cantidad real en pequeños períodos, de quince minutos a una hora. Al final del turno, todas las pérdidas y sus motivos reales eran identificados en un diagrama de Pareto. Si era necesario se hacían reuniones sencillas y rápidas, y se ponían en marcha mejoras. Esta es la quintaesencia del respeto por “Gemba”, la palabra japonesa para nombrar el sitio real de trabajo en Toyota (12).

### 2.7.1.3 - MATERIALES

Como hemos citado anteriormente uno de los objetivos principales del Lean Production System es el del máximo aprovechamiento de los materiales así como el de que estén almacenados el mínimo tiempo necesario hasta que entren en producción.

Uno de los métodos de estabilidad adoptados por Toyota son:

- Stock de ciclo: En el cual se tiene almacenado la demanda media así como el tiempo necesario para poder reponerlo.
- Stock de contención: Se tiene almacenado una cantidad suficiente como para cubrir ligeras variaciones en la demanda.

- Stock de seguridad: En el cual se tiene almacenado inventario por si se produce algún tipo de pérdida, defecto o por inactividad.

### **2.7.1.4 – MÉTODOS**

En este apartado nos vamos a referir a los métodos estandarizados que tenemos que tener en una empresa para tener estabilidad. Según el sistema Lean Production en el cual se pretende eliminar la muda mediante un método de mejora continua, que un método esté completamente estandarizado sin permitir ningún tipo de cambio en su aplicación sería contraproducente y por lo tanto un grave error.

Deberemos referir un estándar para realizar las diferentes tareas para el desarrollo del producto, pero siempre utilizando ese estándar como una referencia y comparación. Algo que se puede cambiar siempre y cuando las propuestas de mejora de dicho método superen a las que están establecidas.

### **2.7.2 - GESTIÓN VISUAL**

Uno de los aspectos más importantes para lograr una correcta estabilidad bajo el Toyota Production System es la gestión visual. Se trata de seguir unos determinados pasos a la hora de implantar dentro de la propia planta de producción una serie de elementos visuales, los cuales son indispensables para una continua colaboración y mejora entre los trabajadores. Generalmente sustituimos estos elementos visuales tales como tablas, hojas de control o programas por computadoras y elementos informáticos, cometiendo un error, ya que las tablas y programas son la base sobre la que se sostiene el triángulo de manejo visual, que envuelve al equipo y compila todas las acciones a tomar. Es un elemento que funciona, como vemos en la figura 2.8, como un círculo, de tal manera que debemos ver, conocer y actuar como grupo.

Lean es un sistema de mejora continua mediante la identificación de errores y la manera más eficiente de detectar un error es visualmente. A continuación mostramos cuatro niveles de gestión visual a cada cual tiene un poder mayor (Dennis, 2016):

- Nivel 1. Señales fijas: Este tipo de nivel es el que tienen la mayoría de las empresas junto con el nivel 2. Una señal le va a decir a los trabajadores lo que tienen que hacer, por donde tienen que ir, a donde tienen que prestar atención, etc. Deben de ser claras y concisas y no debe de haber un número excesivo. Solo tienen que ser situadas donde sean necesarias.
- Nivel 2. Algo cambia, lo que nos hace prestar atención: En este nivel nos referimos a las señales luminosas. Tienen un efecto mayor que las anteriores ya que al efectuarse un cambio nos hacen fijarnos en ellas.
- Nivel 3. Acostumbrarse a la organización: Una correcta organización en todo momento y acostumbrarnos a ella será de mucha importancia en este nivel, ya que si algo no está en su lugar nos daremos cuenta inmediatamente de ello, procediendo a su arreglo o colocación.
- Nivel 4. El defecto es imposible: Relacionado con el concepto “poka-yoke”. Se trata de un proceso dividido en dos etapas:
  - Paso 1: Desarrollar minuciosamente nuestro proceso así como los posibles fallos que pueden ocurrir.
  - Paso 2: Instalar señales, alarmas o prácticas que hagan que el fallo sea imposible.

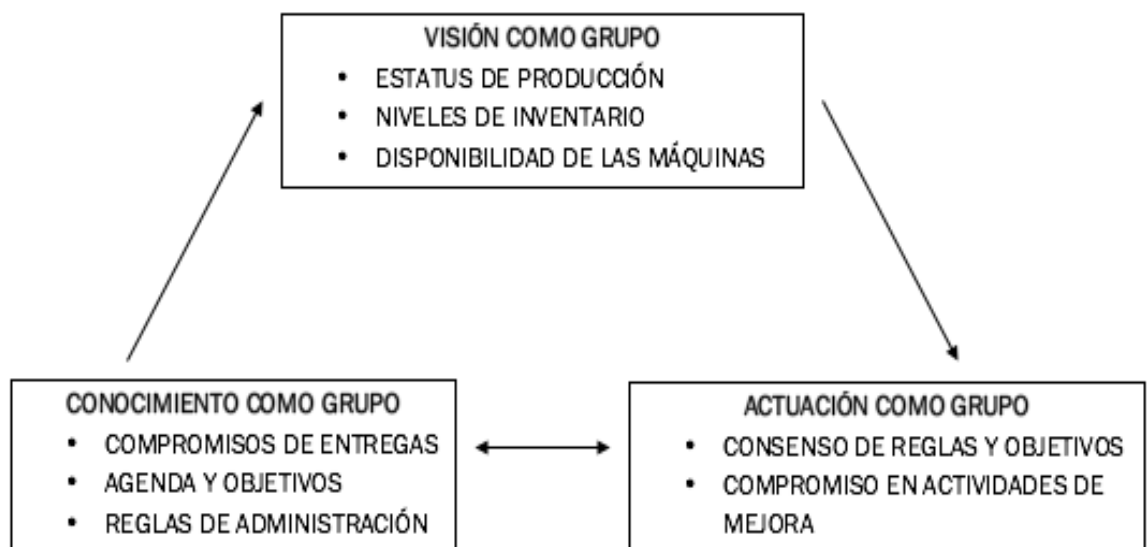


Figura 2.8 Triángulo de gestión visual (Greif, 1991)

Lo general es empezar con los niveles uno y dos. Cuando se empiece a visualizar el mismo error repetido varias veces veremos necesario implantar los niveles tres y cuatro, aunque como hemos dicho anteriormente la mayoría de las empresa se quedan en los niveles uno y dos acusando una y otra vez los mismo fallos cuando con un nivel un poco mas profundo se podrían arreglar muchos problemas.

### **2.7.3 – MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

El mantenimiento productivo total o TPM es la llave para la efectividad y estabilidad en las máquinas (Nakajima, 1988). El TPM va asignar las diferentes tareas de mantenimiento tales como la limpieza, inspección, sustitución, arreglos, etc. de las diferentes máquinas a los miembros del equipo que les corresponda.

Generalmente vamos a poder diferenciar tres tipos de mantenimiento en una máquina (Béranger, 1988):

- Mantenimiento curativo: No efectuamos ningún tipo de mantenimiento hasta que no se manifiesta algún problema. Una vez que surge actuamos sobre el.
- Mantenimiento preventivo: Se efectúan revisiones periódicas en función al tiempo en que la máquina o alguna parte de ella empieza a dar un fallo. Lo que hacemos es intentar arreglar el problema antes de que suceda.
- Mantenimiento predictivo: Se actúa sobre el problema antes de que suceda debido a algún comportamiento anormal en la máquina que nos indica que no funciona correctamente.

Lo que pretende el TPM es hacer una mezcla del mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, para no tener que utilizar el mantenimiento curativo y conseguir el objetivo de “cero averías” o “cero defectos”. Intenta representar un principio de estabilidad en el que todos los miembros de la planta son responsables del equipo, de la limpieza, de su futuro y del de la empresa.

### 2.7.3.1 MEDIDAS CLAVE

Las medidas clave para conseguir la efectividad máxima en el TPM son (Hartmann, 1992):

- Disponibilidad: Para medir el tiempo de actividad.

$$\frac{(\textit{Tiempo de carga} - \textit{Tiempo de inactividad})}{\textit{Tiempo de carga}}$$

- Eficiencia del rendimiento: Medida de la eficiencia de la máquinas mientras está funcionando.

$$\frac{(\textit{Tiempo de operación} - \textit{Tiempo perdido})}{\textit{Tiempo de operación}}$$

- Efectividad de los equipos: Medida de la eficiencia en conjunto de los equipos.

$$(\textit{Disponibilidad} \times \textit{Eficiencia del rendimiento} \times \textit{Tasa de calidad})$$

### 2.7.3.2 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS

El sistema TPM conlleva involucrar a todos los miembros del equipo para llegar a una producción sin pérdidas ni defectos y para ello englobamos seis grandes pérdidas para intentar abarcar todo el problema y llegar a una solución.

- Tiempo de inactividad
  - Averías de los equipos
  - Reestablecer y ajustar los retrasos de producción
- Velocidad o pérdidas ocultas
  - Paradas pequeñas y ralentización de la producción (La máquina está funcionando pero ningún producto está siendo procesado).
  - Velocidad reducida en la máquina acorde a la que debería llevar (La velocidad de la máquina es menor que la que debería de llevar según las especificaciones)
- Defectos
  - Defectos en el proceso (defectos que requieran reparación)
  - Reducción del rendimiento de una máquina (desde el arranque hasta alcanzar una producción estable).

De acuerdo a lo expuesto nuestra empresa debería de organizar el mantenimiento de las máquinas de acuerdo a su ciclo de vida, el cual sigue la denominada “curva de la bañera” (figura 2.9):

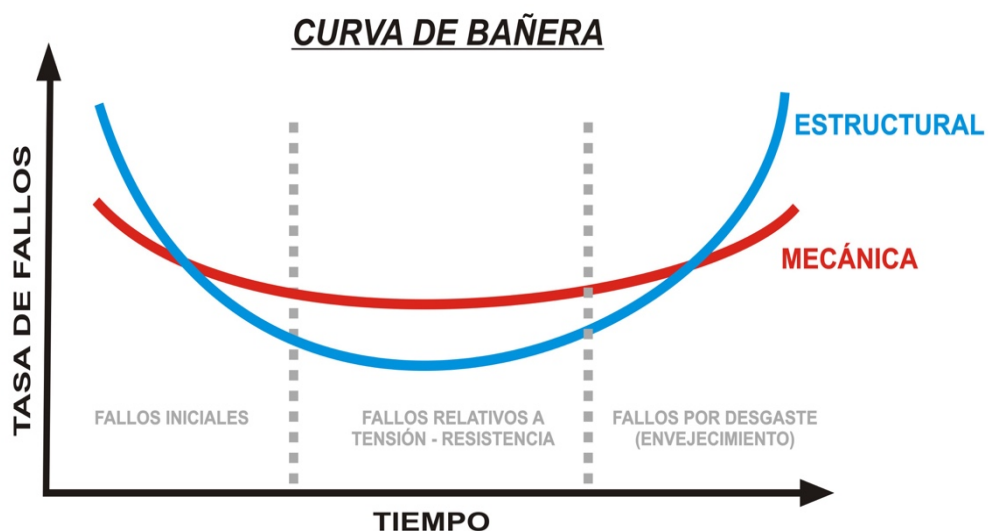
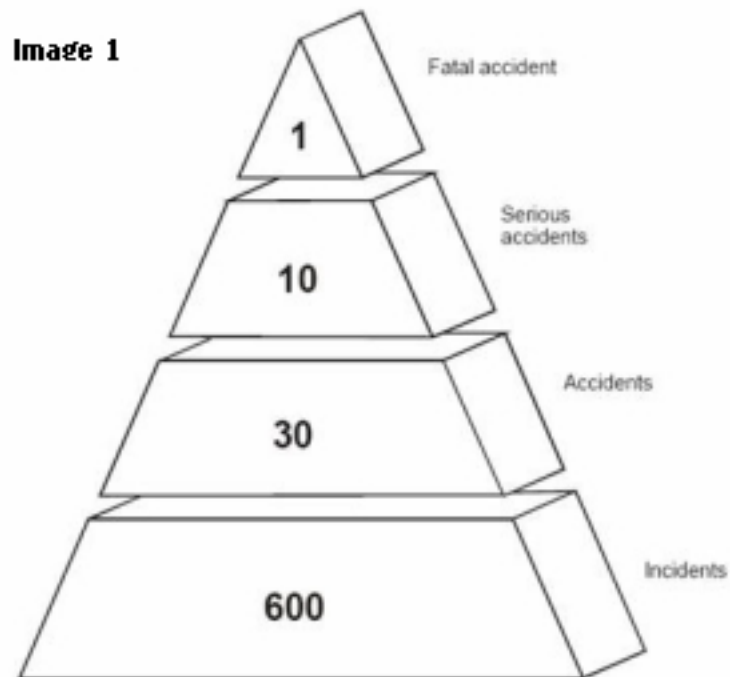


Figura 2.9 Curva del ciclo de vida o de la “bañera”

El punto más crítico a la hora de detectar errores es el apartado de velocidad o pérdidas ocultas, ya que generalmente las causas pueden ser muy variadas y no tienen porque seguir una lógica, por lo que conseguir solucionarlas puede resultar en algunas ocasiones casi imposible. Para hacernos una idea de la importancia que tienen en la imagen tenemos la pirámide de pérdidas en máquinas (Heinrich, 1931):



**Figura 2.10** Pirámide de pérdidas en máquinas (14)

Como muestra la figura 2.10, el primer punto, la cúspide, corresponde a las averías, fáciles de identificar y aunque nos pueden parar la producción, una vez arreglados no tendrían que volver a surgir.

El segundo punto corresponde a paradas menores que suponen un deterioro en la producción, los cuales suelen ser mas importantes que las averías.

El tercer punto corresponde a los fallos menores, los cuales son mas numerosos y mas difíciles de identificar y arreglar que las averías.

El cuarto y último punto de la pirámide, la base, corresponde a las velocidad y pérdidas ocultas, son fallos al principio inapreciables y muy numerosos, los cuales sin un adecuado mantenimiento preventivo nos pueden causar graves

problemas en la producción final. Son con los que mas cuidado debemos de tener.

### **2.7.3.3 – POSIBLES MÉTODOS DE SOLUCIÓN**

Para intentar solucionar los errores que hemos detallado es fundamental que se involucren el mayor número de personas que estén relacionadas con las diferentes máquinas a estudiar. Dichas personas, las cuales son las que están en un mayor contacto con las diferentes máquinas tienen que ser las encargadas de revisar, advertir y cuando sea posible, corregir los fallos ocultos y las paradas (segundo, tercer y cuarto punto de las bases de la pirámide).

Para ello es algo ideal crear hojas tipo en las cuales se identifiquen las anomalías de la máquina, la fecha de revisión, así como cualquier detalle para lograr el objetivo deseado: “cero fallos”.

A modo de resumen podemos identificar las diferentes etapas en el proceso de TPM (Dennis, 2016):

1. Estabilización y restauración de todos los equipos.
2. Medición de las seis grandes pérdidas.
3. Eliminar dichas pérdidas.
4. Mejora continua.

### **2.7.4 - SISTEMA 5S**

Este sistema es el último paso junto con el TPM para conseguir la adecuada estabilidad en nuestra empresa y poder seguir avanzando en la construcción de nuestra “casa”. Una vez estudiados y conseguido las cuatro M´s, de tener una correcta gestión visual de toda la empresa, así como una eficiencia casi total de nuestras máquinas y herramientas, necesitaremos seguir avanzando, y para ello tenemos que recurrir al sistema 5S.



El sistema de las 5S está estrechamente vinculado al TPM, ya que si uno está relacionado con las máquinas, este sistema está relacionado con los trabajadores. Son las caras de una misma moneda, ya que si instauramos solo uno de los sistemas en nuestra empresa lo único que haremos sería empeorar las cosas.

Se le denomina sistema 5S debido a las cinco palabras Japonesas que definen esta herramienta:

- SEIRI (SELECCIÓN)
- SEITON (ORDEN)
- SEISO (LIMPIEZA)
- SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)
- SHITSUKE (DISCIPLINA)

### **2.7.4.1 – SEIRI (SELECCIÓN)**

En este primer paso vamos a tener que definir todo aquello en nuestra empresa que es necesario de lo que no lo es. Este paso parece sencillo pero muchas veces es difícil clasificar si algo nos es útil o ya es obsoleto. Deshacernos de todo aquello que no nos vale es un paso esencial ya que si no lo hacemos regularmente puede convertirse en algo crónico que puede derivar en problemas mucho mas importantes.

Una herramienta bastante útil en este aspecto es el sistema de poner una etiqueta roja a todos aquellos objetos que creemos que no valen o que no tienen ninguna utilidad. En dicha tarjeta indicaremos (Galsworth, 1997):

- Clasificación de lo que nos queremos deshacer.
- Su número de identificación y la cantidad.
- Razón por la que ya no es útil.
- Sección de la planta del lugar que ocupaba en la factoría.
- Fecha.

Luego podemos establecer un lugar de recogida de los objetos con las etiquetas, periodos de recogida, opciones de reciclaje directa, hacer estudios del espacio que liberamos, etc. Ante la duda se puede crear un grupo que decidirá si ese objeto puede ser todavía útil o es desechado finalmente.

### **2.7.4.2 – SEITON (ORDEN)**

Una vez que nos hemos desecho de todo lo innecesario, llega el momento de clasificarlo mediante un determinado patrón el cual será igual para todos los miembros de la empresa. El tener clasificados todos los objetos, materiales y herramientas nos va a ser de gran ayuda, ya que con ello conseguiremos las siguientes ventajas (Sosa, 2014):

- Un mejor acceso a los diferentes elementos de trabajo del operario.
- Una mejor información y conocimiento de los útiles y herramientas de los que dispone cada operario.
- Al existir un orden cada espacio de la planta estará mejor aprovechado y dispondremos de mas sitio disponible.
- Una mayor seguridad a la hora de evitar posibles accidentes.

En cuanto a la manera de ordenar nos debemos hacer tres preguntas básicas (Hirano, 1993): ¿Donde?, ¿Que? y ¿Cuanto?.

Deberemos establecer un estándar de colocación de tal manera que:

- Cualquiera pueda encontrar cualquier cosa en cualquier momento.
- Las situaciones y disposiciones en la que estén situados y ordenados debe de ser obvia e intuitiva.

Para ello una buena solución es debatirlo entre diferentes grupos según la sección para llegar a un consenso de clasificación y llevarlo a cabo.

### 2.7.4.3 – SEISO (LIMPIEZA)

Este concepto está íntimamente ligado al sistema TPM descrito antes. La limpieza en cualquier empresa es esencial. Una empresa limpia es sinónimo de orden, de disciplina y de eficacia. En particular una correcta limpieza de todas las máquinas y dispositivos de nuestra empresa nos va a ayudar a la prevención de errores y fallos en las mismas. Seiso referido a las máquinas no se va a referir solo a la limpieza de estas, sino también a su inspección tanto por dentro como por fuera, así como a su correcto funcionamiento.

Las ventajas que nos puede aportar Seiso unido al TPM son (Sosa, 2014):

- Conocimiento profundo del trabajador que está a cargo de la máquina, ya que de él depende su limpieza e inspección.
- Mejor aprovechamiento del equipo. Al estar limpio tendrá menos tendencia a producir averías.
- Una mayor vida útil de los equipos, lo que se traduce en un importante ahorro de dinero a la empresa.
- Mayor calidad de los productos fabricados. Al tener las máquinas debidamente limpias e inspeccionadas los productos se fabricarán bajo las mejores condiciones.

Preguntas del tipo:

- ¿Qué limpiar e inspeccionar?
- ¿Cómo limpiarlo e inspeccionarlo?
- ¿Quién limpiara e inspeccionará?
- ¿A que llamamos limpio?

Nos ayudará a resolver este importante paso.

#### **2.7.4.4 – SEIKETSU (ESTANDARIZACIÓN)**

Una vez alcanzadas las tres primeras “s” el siguiente paso a seguir es el de cómo mantener estas condiciones a lo largo del tiempo. En este paso deberemos de implantar unos procedimientos a seguir para lograr conservar la situación que hemos conseguido. Para ello deberemos de desarrollar unos estándares que sean sencillos, visuales así como de fácil y rápida comprensión. Una buena estandarización es la que sigue a continuación (Dennis,2016):

- SEIRI (SELECCIÓN)
  - Que necesitamos y que no.
  - Etiquetas rojas, frecuencia y responsabilidades.
  - Procedimientos de eliminación.
  
- SEITON (ORDEN)
  - Como deberían aparecer los letreros.
  - Por donde la gente puede caminar.
  - Áreas peligrosas y que ropa es requerida en cada zona.
  
- SEISO (LIMPIEZA)
  - Que limpiar e inspeccionar.
  - Como limpiar e inspeccionar.
  - Quien lo debe de hacer.

#### **2.7.4.5 – SHITSUKE (DISCIPLINA)**

La última “s” es la encargada de asegurarse de que se cumplen las cuatro “s” anteriores. Es obligación de todos los miembros de la empresa que se cumpla lo que anteriormente se ha descrito, ya que de otra manera, con el paso del tiempo, se terminaría perdiendo y volveríamos de nuevo a partir de cero.

Este sistema no debe de ser impuesto, sino que debe de asumirse natural por todos los trabajadores de la empresa. Todos los trabajadores tienen que entender el proceso a seguir e ir adoptándolo poco a poco hasta que sea algo normal para todos ellos.

Algunas de las ventajas que nos aporta la disciplina van a ser:

- Conservar todo el esfuerzo invertido en las etapas anteriores.
- Estar en sintonía con el resto del equipo de trabajo debido a que todos siguen el mismo proceso.
- Confianza en que lo que se está haciendo es por el bien de la empresa y de los trabajadores.
- Constancia la cual nos asegura una adecuada producción y beneficios.

## 2.8 – ESTANDARIZACIÓN

La estandarización del trabajo es el siguiente cimiento que tenemos que poner en la construcción de nuestra casa según el Toyota Productio. Debemos elaborar una serie de reglas para realizar de la manera mas efectiva posible las diferentes tareas que se planteen en el trabajo. Aunque lo desarrollaremos mas adelante tenemos que tener claros los principios a la hora de efectuar la estandarización de una tarea o proceso:

- No existe un único camino a la hora de realizar un trabajo.
- Los propios trabajadores que están efectuando la tarea son quienes deberían de proponer la estandarización, ya que son quienes mejor la conocen.
- El principal propósito de estandarizar un trabajo es el de proponer unas bases a partir de la cual efectuar una mejora continua de dicho proceso.

Un error muy común en la mayoría de las empresas es que los diferentes estándares que existen son documentos hechos por personas que no han tenido un contacto directo con el puesto de trabajo, son fijos, inamovibles y que el trabajador debe cumplir estrictamente, sin opción de ir efectuando mejoras de tal documento. Esto según el Lean Production es un grave error que hace que las empresas vayan acumulando cada vez mas muda y aumentando costes y procesos innecesariamente.

## 2.8.1 – LA GESTIÓN COMO PRINCIPAL RECURSO

Debemos partir de un principio básico: Que tenemos y que es lo que queremos producir. En principio nuestra empresa dispone de las cuatro M's (mano de obra, máquinas, materiales y métodos), las cuales vamos a aprovechar para producir un bien o un servicio según el acrónimo PQCDSM (productividad, calidad, coste, tiempo de entrega, seguridad y medio ambiente y moral), con el objetivo de incrementar el valor, como vemos en la figura 2.11.

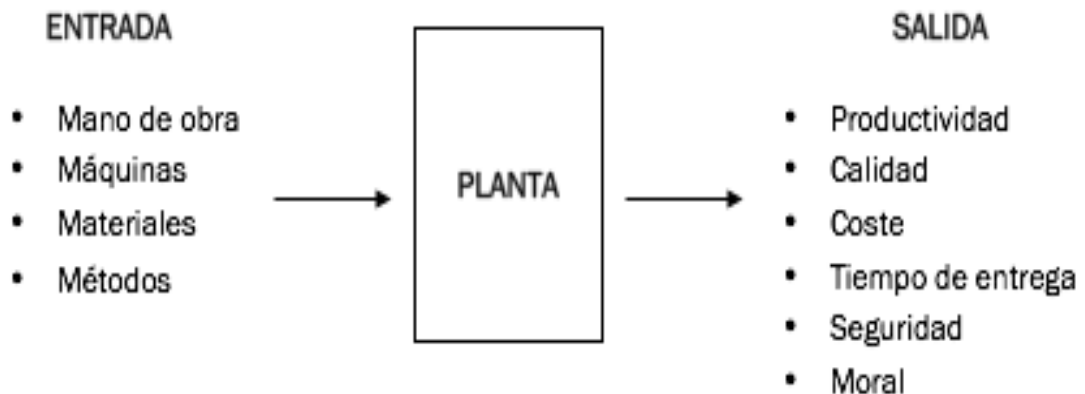


Figura 2.11 Vista global de nuestro sistema

### 2.8.1.1 – MÁQUINAS VS PERSONAS

Uno de los primeros dilemas que se nos plantea a la hora de gestionar un proceso es si para sacar el máximo rendimiento vamos a priorizar la utilización de máquinas o de personas. Según el Toyota Production deberemos de incidir en la utilización de gente en vez de máquinas, ya que las máquinas presentan (Dennis, 2016):

- Aunque trabajen a una velocidad máxima y constante nos va a crear muda por sobreproducción.

- Tendremos que contratar a gente que limpie y mantenga dichas máquinas (doble gasto).
- Una máquina tiene un proceso determinado y fijo, sin posibilidad de mejorar el proceso ni de cambiarlo, es decir no nos produce flexibilidad.

En cambio al contratar personas obtenemos las siguientes ventajas:

- Ganamos en flexibilidad, un hombre puede hacer diferentes procesos y de diferentes formas.
- Las personas están aprendiendo constantemente, mientras que una máquina está destinada solo para un propósito sin opción de mejora.
- En cuanto el transporte de materiales las máquinas suponen un coste elevadísimo, mientras que las personas tienen el mismo coste.
- Las personas se adaptan mucho mejor a las diferentes variaciones en la producción que se pueden dar.

En cuanto a la contratación de máquinas será mucho mejor cuanto mas pequeñas y flexibles sean, ya que tendrán un coste menos elevado, son menos robustas y se pueden adaptar mejor a las variaciones de producción.

Una vez priorizada la contratación de personas frente a la de máquinas la medida de eficiencia la vamos a tratar como (Toyota, 1989):

$$\text{DENSIDAD DE TRABAJO} = \frac{\text{TRABAJO}}{\text{MOVIMIENTO}}$$

En donde la demanda determina el numerador, mientras que según el Toyota Production nuestra principal tarea es reducir el denominador.

## 2.8.2 - ELEMENTOS PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO

Antes de estandarizar un proceso debemos de comprobar que no hay continuas paradas de línea así como una reducción constante de la velocidad que debe de llevar la línea debido a diversas causas. Como ya hemos descrito anteriormente el sistema Lean Production provee de una estabilidad para conseguir que esto no suceda y que podamos seguir avanzando pasos con el fin de completar todo el sistema.

El trabajo estandarizado va a emplear fundamentalmente tres conceptos básicos (Toyota, 1989):

- Tiempo de procesamiento: Nos va a indicar a la frecuencia que debemos producir un determinado producto. Hay una diferencia entre el tiempo de procesamiento y el tiempo de ciclo aunque parezcan la misma definición. El tiempo de ciclo es lo que actualmente tarda el sistema en procesar y nuestro objetivo será el de sincronizar ambos. El tiempo de procesamiento puede ser calculado:

$$\text{TIEMPO DE PROCESAMIENTO} = \frac{\text{TIEMPO DIARIO DE OPERACIÓN}}{\text{CANTIDAD REQUERIDA POR DÍA}}$$

- Secuencia de trabajo: Nos indica el orden en el que debe realizarse el trabajo para un determinado proceso. Es importante definir el mejor camino posible para realizar el trabajo de una manera clara y concisa. Se pueden utilizar desde manuales a dibujos o colores, pero cuanto mas simples e intuitivos sean, mucho mejor.
- Stock en proceso: Se define el stock en proceso como el número de piezas no terminadas mínimo que debe de haber en producción para que esta funcione de una manera normal. Se contarán todas las piezas dentro de la línea de producción, incluyendo las que estén dentro de una máquina o efectuando un proceso fuera de la línea.



## 2.8.3 – SISTEMAS PRINCIPALES PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO

Los ingenieros de Toyota a la hora de elaborar los estándares de trabajo dentro de la factoría Toyota Motor desarrollaron principalmente tres sistemas basados en diferentes tablas para agrupar y definir los trabajos, con la opción de mejorarlos continuamente. Estos son (Toyota, 1989):

- Gráfico de capacidad de la producción.
- Tabla de combinación de trabajo estándar.
- Gráfico de análisis de trabajo estándar.

### 2.8.3.1 – GRÁFICO DE CAPACIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Este gráfico nos determina la capacidad que tienen las diferentes máquinas en un proceso. Con este gráfico vamos a poder comprobar la producción de la máquina, cuando está funcionando incorrectamente y sus principales especificaciones. La capacidad de la producción se puede calcular sencillamente de la siguiente manera:

$$\text{CAPACIDAD} = \frac{\text{TIEMPO DE OPERACIÓN POR TURNO}}{(\text{TIEMPO DE PROCESO} + \frac{\text{TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO}}{\text{INTERVALO}})}$$

Donde el tiempo de establecimiento se refiere a al tiempo requerido en cambiar los ajustes de una máquina a otra y el intervalo se refiere a la frecuencia de establecimiento referida al número de partes. Un ejemplo lo podemos ver en la figura 2.12.

Manager	Foreman	Standardized Production Capacity Sheet	Part No. 17111-38010		Unit Type 22R		Section		Name Suzuki Sato			
			Part Name Intake Manifold		No. of Units 1		532 542					
Process No.	Process Name	M/C No.	Basic Operation Time						Tool Changes		Capacity	Comments
			Manual Time		Auto Time		Time to Complete		Interval Between Changes	Time Taken		
1	Machining of Attaching Face	MIL 1764	Min	Sec	Min	Sec	Min	Sec	100	1'00"	965	
2	Drilling Bolt Hole	DR 2424		3		21		24	1000	30"	1148	
3	Tapping of Threads	TP 1101		3		11		14	1000	30"	'967	
4	Quality Check (Thread Pitch)			5				5			5520	
		Total			14							

Figura 2.12 Gráfico de capacidad de la producción (15)

### 2.8.3.2 – TABLA DE COMBINACIÓN DE TRABAJO ESTÁNDAR

En esta tabla vamos a mostrar tal y como se ve en la figura 2.13 (15):

- Los diferentes elementos de los que se compone el proceso, así como la secuencia en la que deben de ser utilizados.
- Tiempo de trabajo de cada elemento.
- Operario y tiempo necesario de máquina según una producción normal.
- Las interacciones entre el operador y la máquina o entre distintos operadores.

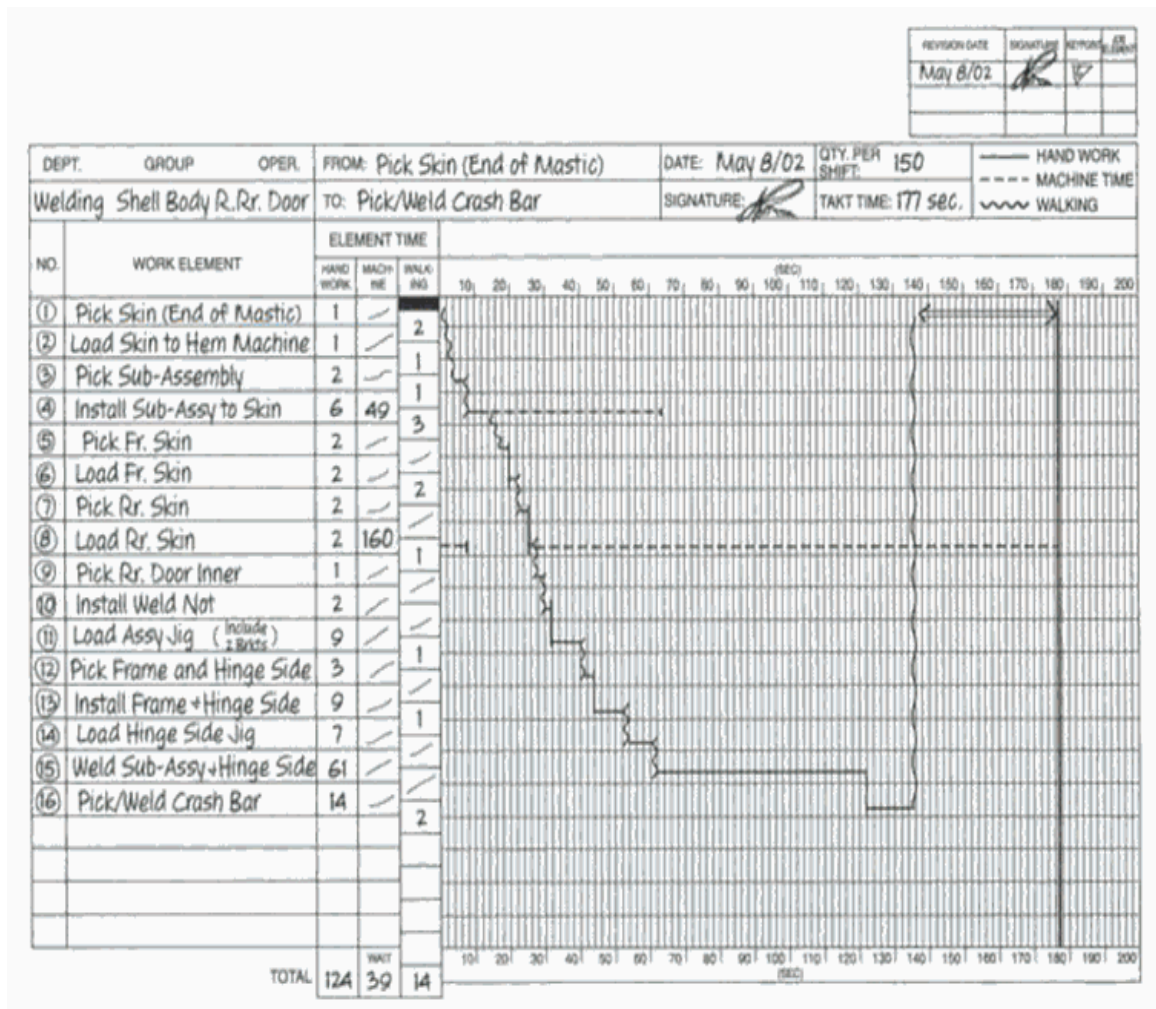


Figura 2.13 Tabla de combinación de trabajo estándar

### 2.8.3.3 – GRÁFICO DE ANÁLISIS DE TRABAJO ESTÁNDAR

Este cuadro nos va a mostrar como en el ejemplo de la figura 2.14 (15):

- Disposición en la que se va a efectuar el trabajo.
- Tiempos de proceso así como los pasos que se deben dar.



Job Element Sheet No.		Page 1 of 1	
2316		Base <input checked="" type="radio"/>	
Model	V/A Time	Option <input type="radio"/>	
W164	12	Rev.	Rev. Date
Symbols: Safety <input type="checkbox"/> Quality Check <input type="checkbox"/> Critical <input type="checkbox"/> Environmental <input type="checkbox"/> Significant <input type="checkbox"/>		2	2/20/2007
Element Name: A/C Pipe Installation			
Sketch:	Sym	No	Major Step
			Key Point
	◇	1	Pick AC line
			Reason
			Check bar code / match to broadcast sheet
			Assures proper AC line installed. Reduces rework replacing wrong AC pipe.
	⊙	2	Install pipe into compressor
			Do not hold under base plate
			Pinch point between parts could result in injury.
	◇		Push pipe straight into compressor
			O-ring gets pinched if pushed in at angle resulting in leak in AC system.
JES Approval Block:			
Team Leader (A/B)			
Group Leader (A/B)			
Engineer			

FIGURA 2.15 Gráfico de hoja de elemento de proceso

- Medida del tiempo: Supone despiezar un proceso en los elementos o pasos que lo componen y medir cuanto tiempo dura cada paso individualmente. Este sistema nos dará de una manera exacta el tiempo en lo que se tarda en realizar cada parte de producto o servicio que estamos ofreciendo, y nos va a dar una idea bastante real de si los recursos (trabajadores y maquinaria) se están empleando de acuerdo a como habíamos planteado.

## 2.8.5 – PRODUCCIÓN DE LA MANO DE OBRA

El principal motivo por el que desarrollamos el trabajo estandarizado en el Lean Production System es el de no desmarcarnos de nuestro objetivo final: Mejorar continuamente el valor eliminando la muda. Uno de los mejores indicadores

del valor de nuestro producto es la eficiencia, la cual se puede definir como hacer el trabajo indicado en el mínimo tiempo disponible. Una fórmula muy aproximada a esta definición es la siguiente:

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{SALIDA}}{\text{MANO DE OBRA}}$$

En donde la salida la va a marcar el cliente, por lo que la única manera de mejorar la eficiencia es actuando sobre la mano de obra. Aquí es donde el Toyota Production destaca notablemente sobre otros sistemas. Al tener los trabajadores la seguridad de que no serán despedidos pueden hacer cualquier aportación para mejorar el proceso. Estas aportaciones pueden influir en:

- Fluctuaciones: Problemas que surgen en el proceso y que causen inestabilidad.
- Cambios: Referidos a cambios de un producto a otro o de diferentes partes de un mismo producto.
- Trabajo periódico: Todo lo relacionado con el proceso y que ayuda en su mejora continua (limpieza y revisión).
- Tiempo: Toda reducción de tiempo manteniendo las condiciones seguirán dando un mayor valor al producto.

### 2.8.5.1 – EFICIENCIA GLOBAL

Uno de los aspectos mas importantes y que tenemos que tratar es el de la eficiencia global. Hasta ahora solo hemos hablado de estandarizar cada proceso que tengamos en nuestra empresa de la mejor manera posible estando siempre abiertos a una mejora. Pero puede suceder que aunque tengamos perfectamente estandarizado cada trabajo individualmente, luego a la hora de juntar todo el proceso para sacar el producto o servicio final (nuestro objetivo principal), no funcione como esperábamos. De esta manera deberemos de identificar que procesos son los mas sencillos y cuales requieren de mas etapas, cuales requieren mas o menos tiempo, donde se producen los

cuellos de botella, cuales requieren mas o menos transporte o movimientos de piezas, etc. juntar todo eso y disponer otra vez de todo este proceso pero de una manera conjunta, de tal manera que toda la factoría encaje igual de bien y esté sometida a continuas mejoras igual que cada trabajo individualmente.

## **2.8.6 – GUÍAS PARA ESTANDARIZAR UN PROCESO**

A modo de una guía rápida vamos a detallar algunos de los estándares que podemos usar para una empresa dependiendo de a que proceso estén destinadas (Toyota, 1989), (Toyota, 1995).

### **2.8.6.1 – GUÍA PARA ECONOMIZAR LOS MOVIMIENTOS**

- Los movimientos de la mano deben de ser simétricos y concurrentes.
- Los movimientos de las dos manos deben de ser tan compactos como sea posible.
- La mayor luz posible deberá de ser dada sobre las manos y los antebrazos en trabajos manuales.
- El movimiento debe de fluir libremente, no ser mecánico o forzado.
- Las manos tienen que estar libres tanto tiempo como sea posible.
- El movimiento y la postura debe de ser ergonómicamente hablando lo mas cómodo y natural posible.



### **2.8.6.2 – GUÍA PARA LA DISPOSICIÓN Y EL EQUIPAMIENTO**

- Identificar las posiciones en las que se van a situar los materiales y las herramientas.
- Situar los materiales y las herramientas de la mejor forma posible.
- Disponer los sitios de trabajo de una manera flexible, para que se puedan manejar sin problema los posibles cambios de producción.
- Mover las diferentes partes horizontalmente, evitar moverlas de forma vertical.
- Usar colores para identificar diferentes zonas importantes.
- Asegurarse en todo momento de una adecuada iluminación.

### **2.8.6.3 – GUÍA PARA HERRAMIENTAS Y PLANTILLAS**

- Desarrollar plantillas y moldes para eliminar procesos manuales.
- Usar herramientas ergonómicas así como utilizarlas de un modo ergonómico.
- Combinar herramientas donde sea posible, esto será mejor que usar una herramienta pesada.
- Colocar siempre las herramientas y las plantillas en el lugar donde estaban antes de cogerlas.



## 2.9 – CONCLUSIONES

En este capítulo hemos desarrollado los principios básicos del sistema Lean Production o Toyota Production. Desde que Taylor y Ford instauraran la línea de producción y ensamblaje hasta el sistema creado por Taiichi Ohno siempre se ha intentado buscar una solución para diferentes problemas que han ido surgiendo, principalmente debido a la demanda de los clientes. En este caso centrándonos en el Toyota Production podemos ver que su filosofía es la de satisfacer las necesidades del cliente cumpliendo con sus objetivos, pero que eso no es suficiente. Necesitamos involucrar a toda la plantilla para conseguir una mejora continua, lo que va a provocar disminuir el coste del producto mientras seguimos cumpliendo con lo que el cliente exige.

Hemos sentado las bases y principios de este sistema y como llegar a conseguirlos para poder seguir creciendo en esta manera de concebir una factoría. Es un sistema que las grandes empresas suelen tener pero que las medianas y pequeñas desconocen su existencia, perdiendo una forma nueva de avanzar y desarrollar este sistema que tantas posibilidades nos ofrece.



# **Capítulo 3:**

## **Sistema “Just in time” o**

### **Justo a tiempo**



## 3.1 INTRODUCCIÓN

“En un periodo de bajo crecimiento económico, la sobreproducción es un crimen” (Taiichi Ohno)

Una vez que hemos puesto los cimientos de nuestra casa del Lean Production System nos toca seguir avanzando con los pilares. En este sistema nos basamos en dos pilares fundamentales: Jidoka y Just in time Production. Nosotros vamos a desarrollar este último, el cual es el que seguiremos en el este capítulo para instaurar las mejoras de nuestra empresa.

Básicamente el fundamento del sistema Justo a Tiempo es el de fabricar el producto o servicio que se nos demanda, en el tiempo establecido y en la cantidad exacta. Todo lo que se desvíe de este punto va a ser solo muda.

Esta herramienta, unida al pensamiento Japonés de aquella época, el cual se ha mantenido hasta la fecha y ha ayudado a desarrollar el Lean Production y en este caso, el sistema Just in Time, dieron lugar a todo este gran sistema. Esta manera de actuar se basa principalmente en la mentalidad empresarial Japonesa la cual se caracteriza principalmente por (Cheng, 1993):

- Búsqueda continua de mejorar: Es uno de los principios de la mentalidad Japonesa. Buscar siempre la manera de mejorar ya sea un producto o la manera de realizarlo es una de las vías gracias a las que se han llegado a convertir en una potencia mundial.
- Trabajo en equipo: Siempre han sobrepuesto el equipo al individuo en las empresas. Compartir conocimientos así como valorar las cosas desde distintos puntos de vista ha ayudado a mejorar y evolucionar significativamente.
- Lealtad: Tanto por parte de la empresa como del trabajador. Con esto el trabajador conseguía una tranquilidad y estabilidad económica mientras podía crecer conjuntamente con la empresa.

La herramienta Justo a Tiempo no se llega a entender como algo que funcione solo, es necesario que vaya acompañado del resto del sistema Lean Production para formar un conjunto que permita desarrollar esta nueva vertiente de pensamiento empresarial y productivo.

Toyota Motor terminó de introducir el sistema Justo a Tiempo en su factoría debido a diversos problemas y retos que ya tenían presentes, o que se les vendrían en un corto periodo de tiempo:

- La sociedad Japonesa demandaba muchos tipos de vehículos pero en bajas cantidades.
- Después de la guerra se abrió un mercado de oportunidades lo que incluyó una fuerte competencia, siendo determinante el saber posicionarse mediante algo diferenciador.
- Los precios no podían ser elevados debido a la crisis en la que estaba inmersa Japón, por lo que había que buscar métodos alternativos para seguir obteniendo un margen de beneficio.
- La tecnología se estaba desarrollando a una velocidad nunca vista, por lo que los trabajadores cualificados exigían una mayor vinculación a modo de reconocimiento en la empresa en la que estuvieran trabajando.

## 3.2 – OBJETIVOS Y PRINCIPIOS DEL SISTEMA JUSTO A TIEMPO

A modo de entender como este sistema nos resulta tan útil podemos partir de la ecuación (Hopp y Spearman, 2000):

$$\text{TIEMPO DE CICLO} = \frac{\text{TRABAJO EN PROCESO}}{\text{RENDIMIENTO}}$$

En el cual podemos definir:

- Rendimiento: Es el resultante de la producción media por unidad de tiempo.
- Tiempo de ciclo: Es el tiempo que tarda en fabricarse el producto, desde que entra la primera pieza a ser procesada hasta que se completa el proceso.
- Trabajo en proceso: Es el inventario acumulado entre la entrada a producción y la salida de la misma.

Para una capacidad determinada el tiempo de ciclo y el trabajo en proceso son proporcionales. Esto no es beneficioso para la empresa ya que si incrementamos el trabajo en proceso va a aumentar el tiempo de ciclo, y exponencialmente los gastos asociados, haciendo que no sea rentable. Por lo tanto tendremos dos maneras de aumentar el rendimiento:

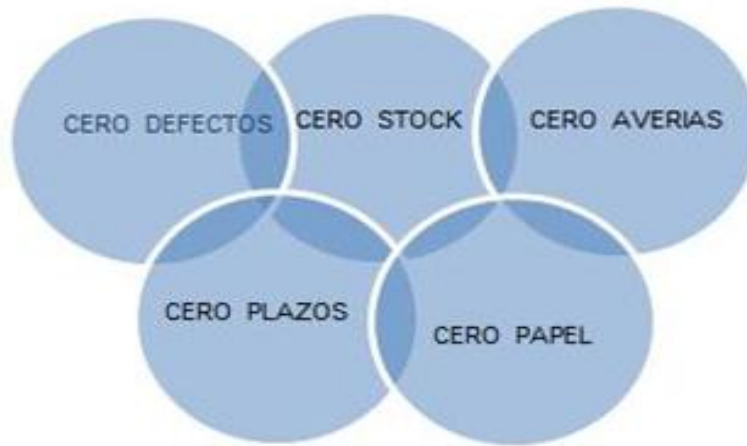
1. Aumentar el trabajo en proceso (costes muy elevados).
2. Reducir el tiempo de ciclo reduciendo el gasto del trabajo en proceso (Toyota System Production).

Cogiendo la segunda opción tendremos que reducir constantemente muda. Tendremos trabajando en proceso el material justo y necesario, sin que por ello se vean implicados los inventarios de tal forma que lo que se produzca sea la demanda exacta que el cliente quiere. Este es el principio básico sobre el que trabajaremos con el sistema Just in Time.

Definir el inventario justo para que la capacidad de producción que el cliente quiera en cada momento no se vea mermada es una tarea muy compleja. Desde apuntes y cuadros manuales en la década de los setenta, hasta los mas modernos problemas informáticos de la actualidad, se han pasado por múltiples etapas las cuales solucionaban problemas anteriores pero creaban unos nuevos, haciendo que para que el inventario funcione correctamente necesitemos de otros sistemas y rutinas auxiliares como el Just in Time que nos ayuden de alguna manera, a calcular o prever y poder hacer los cálculos mas exactos posibles.

### 3.3 – TEORÍA DE LOS CINCO CEROS

Cabe destacar un complemento a los principios del sistema Just in Time desarrollado por Georges Archier y Hervé Seryex llamado teoría de los cinco ceros (figura 3.1), por el cual amplían y sintetizan los conceptos del sistema elaborado por Taiichi Ohno.



**Imagen 3.1** Teoría de los cinco ceros (16)

- Cero defectos: Como hemos comentado anteriormente un defecto en el producto que estamos fabricando va a suponer un incremento en el coste innecesario en nuestra empresa como mano de obra, tiempo y materiales.
- Cero averías: Conseguir un eficiente trabajo preventivo para que las máquinas y herramientas funcionen correctamente es de vital importancia si queremos evitar constantes averías y paradas en la producción.
- Cero stocks: Tener un exceso de inventario nos va a suponer un coste de almacén y mano de obra que no necesitamos. Saber donde está el



punto intermedio de tener almacenado lo necesario para una producción normal es importante si queremos llegar a eliminar este tipo de muda.

- Cero retrasos: Un retraso es el equivalente de ineficiencia en una empresa. Esto va a provocar desde defectos en el producto que fabriquemos debido a las prisas, hasta un exceso de stock, el cual también queremos eliminar. Tener una buena planificación acorde a nuestras capacidades de producción y suministro es importante si queremos eliminar los retrasos.
- Cero papel: Disponer de los documentos justos y no añadir y mantener cosas que no necesitamos o que ya no tienen utilidad es prioritario para un correcto funcionamiento de nuestra empresa. Todo aquello que sobre se debe de eliminar quedándonos solo con lo realmente útil, para que no haya problemas como retrasos o información innecesaria.

### **3.4 - REGLAS BÁSICAS DEL SISTEMA JUST IN TIME**

El sistema Just in Time Production sigue unas reglas básicas que, aunque en un principio son de fácil entendimiento, desde su creación en la década de los cincuenta, todavía se siguen mejorando.

Estas reglas son:

- No produzcas nada a menos que el cliente lo haya ordenado.
- La demanda de nivel de la empresa para producir un producto que el cliente a pedido debe de ser tal que se realice de una manera fluida en todas las partes de la planta.
- Debemos de enlazar todas las demandas del cliente a través de herramientas visuales simples y de fácil comprensión, llamados kanbans.

- Hay que maximizar y flexibilizar tanto como sea posible los trabajadores, las máquinas y las herramientas.

### **3.4.1. – FLUJO CONTINUO Y ARRASTRE**

Estos dos términos fueron definidos por Womack y Jones (Womack y Jones, 1996) para dar un apoyo a las reglas básicas del sistema Just in Time.

#### **3.4.1.1 - FLUJO CONTINUO**

Nos referimos a este término para demandar que nuestra empresa tiene que estar constantemente produciendo valor. Todo el resto del tiempo que no estemos produciendo valor va a ser muda. Para ello podemos definir dos sencillas reglas que nos harán mas fácil esta tarea:

1. Siempre tendremos que definir que es valor desde el punto de vista del cliente.
2. Siempre tendremos que tener una disposición de trabajadores, máquinas y herramientas lo mas correcta posible para que se esté produciendo valor continuamente.

#### **3.4.1.2 - ARRASTRE**

También llamado sistema “Pull”. Este es un concepto cuyo principio es que nadie en la factoría debería de producir un bien o un servicio hasta que el cliente no demande uno. Como vemos en la figura 3.2 comprende un sistema entero por ello mismo, ya que hay que saber encontrar un adecuado equilibrio entre las piezas o servicios de los que disponemos y los que tendríamos que fabricar a parte de la producción normal. Debe de existir un alto y adecuado flujo de información entre los distintos centros o empresas. Es un método muy usado y versátil en cual el principal factor que caracteriza a este sistema son las tarjetas kanban, las cuales describiremos mas adelante.

Lo podríamos asimilar a un almacén que dependa de nuestra empresa y hasta que ese almacén no se desprenda de una pieza, nosotros no deberíamos de empezar a fabricar otra para enviarla al almacén.

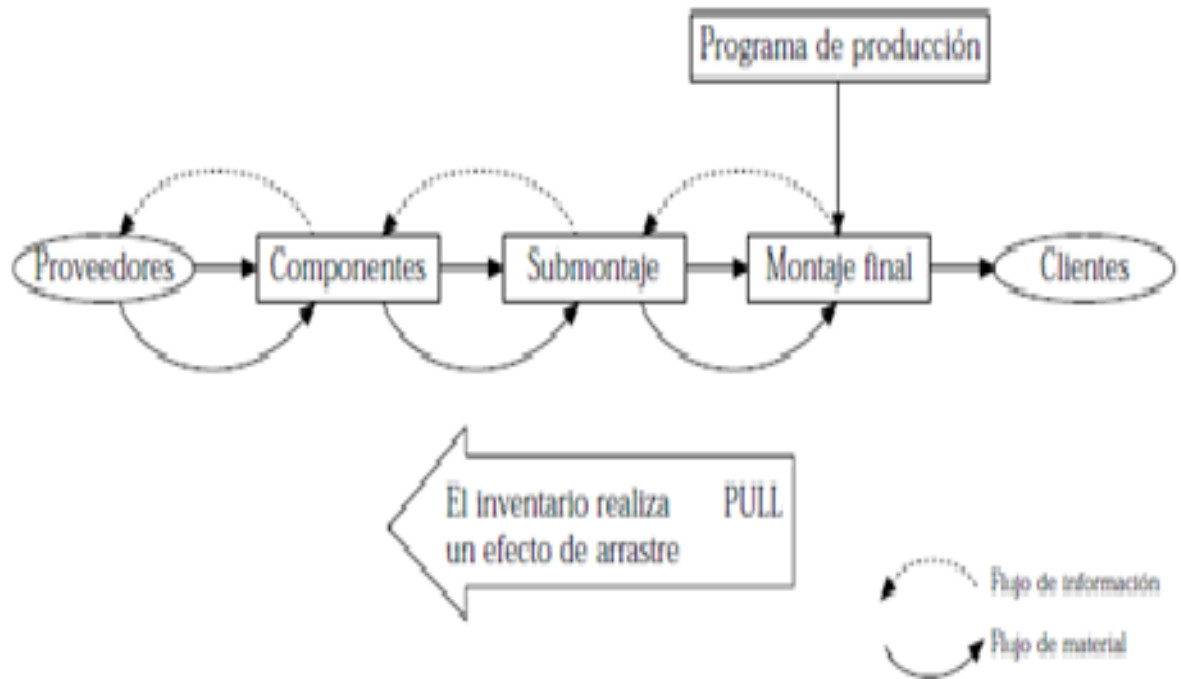


Figura 3.2 Sistema "Pull" (17)

Básicamente podemos tener tres tipos de arrastre o sistemas "Pull":

1. **Tipo A:** Es el mas común de estos sistemas. Requiere de un sistema kanban que autoriza la producción en la empresa de una pieza o una parte de ella, la cual el cliente o la tienda han usado previamente, existiendo un vacío en ese suministro.

Algo importante a tener en cuenta en la empresa es el tamaño que tiene que tener el lote a producir para que efectuemos la señal kanban, y la secuencia a través de una caja heijunka (mas adelante explicamos este concepto). Dependerá mucho del ratio de producción que tengamos en

ese momento y de la cantidad de salidas que se hayan producido de las piezas o partes de las mismas.

Este es el mejor sistema si el cliente pide piezas de una manera frecuente con pocas variaciones respecto a cantidades. Aquí el principal reto será el de reducir constantemente el inventario y encontrar el equilibrio para que todo funcione sin retrasos.

2. Tipo B: Este tipo de sistemas se utiliza cuando la frecuencia de pedidos es baja y espaciada en el tiempo. Las tarjetas kanban van a dar la autorización y la secuencia del proceso se hará a través de cajas heijunka (generalmente se sigue un proceso FIFO en el almacén).

Para poder mantener un flujo continuo en este tipo de proceso debemos de tener un proceso FIFO constante, regulando la cantidad de trabajo que se realiza para que se mantenga constante en el tiempo.

Generalmente en este tipo de sistemas si se tienen que reponer piezas pequeñas estas se producirán en una línea paralela, no siendo frecuentes en este tipo el repuesto de piezas grandes (al menos en su totalidad) para mantener lo mas bajos posibles los inventarios.

3. Tipo C: Este tipo de sistemas son una combinación de los tipos A y B, los cuales discurren en paralelo. Las ordenes que tienen una alta frecuencia transcurren por la línea del tipo A, mientras que las ordenes cuya frecuencia es mas baja, transcurrirán por la línea B.

Las tarjetas kanban darán o no autorización de producir en una línea o en otra, mientras que las cajas heijunka nos dirán la secuencia de la producción.

## 3.5 – KANBAN

El kanban es una de las dos herramientas principales del sistema Just in Time. Es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas. Esta basado en la demanda y el consumo del

cliente. Se puede entender también como un sistema de producción el cual determina el flujo de materiales a través de señales que indican cuando debe de producirse un producto o un servicio, así como cuando debe reabastecerse de materias primas entre dos puestos de trabajo que no son consecutivos (18). Alguna de las principales informaciones que se detallan mediante tarjetas kanban son: (Dennis,2016):

- El proveedor de una parte del producto.
- El cliente al cual va dirigido.
- El lugar donde tiene que ir almacenado.
- El método mas adecuado para el transporte del producto.

Las principales características de la herramienta kanban es que debe de tener un alto impacto visual, es decir, los trabajadores a los que va dirigido deben de fijarse en este aviso de una manera inmediata. El otro punto importante es la información que debe de contener. Debe de ser breve, clara y concisa. Los trabajadores en cuanto lo lean deben de ser capaces de interpretar la información que transmite rápidamente, de esa manera no se pierde tiempo innecesario preguntando o equivocándose con la información.

### 3.5.1 – OBJETIVOS DEL SISTEMA KANBAN

Los principales objetivos que queremos conseguir implantando este sistema son:

- Disminución de la cantidad de stock: Este es el principal objetivo al implantar este sistema. Disponer de los materiales imprescindibles para que la producción vaya acorde a la demanda del cliente es el principal objetivo para eliminar la muda de inventario. Como hemos comentado este tipo de muda es bastante grave porque suele ocultar problemas que gracias a un exceso de inventario se consiguen ocultar.

- Simplicidad en el proceso: Al ser un sistema visual y fácil lo que buscamos es mejorar la eficiencia y la producción haciéndolo todo mas intuitivo y sencillo, de esta manera los trabajadores se pueden concentrar en otros aspectos mas importantes que si tuviesen que interpretar órdenes o directrices mas complicadas cada poco tiempo.
- Disminuir los tiempos muertos: Con el sistema kanban buscamos una rápida interpretación de lo que se tiene que hacer, y realizarlo en un menor periodo de tiempo, con lo que ganamos en eficiencia, ya que reducimos los tiempo muertos. De otra manera también conseguimos reducir tiempos al tener un adecuado control y orden del stock de nuestra empresa.
- Incrementar la productividad: Es una consecuencia directa de reducir los tiempos muertos. Al realizar el paso anterior aumentamos la productividad del trabajador y por tanto de la empresa, con lo que conseguimos una mejora y un aumento de valor, ya que de esta manera estamos consiguiendo reducir muda.
- Mejora de servicio a los clientes: Mediante unos adecuados sistemas de visualización podremos entregar los diferentes productos o servicios al tiempo justo ya no solo a los clientes, si no de una empresa a otra en la que se realice un proceso diferente y requiera transporte. El tiempo que ganemos se va a traducir en un aumento de valor del producto.

## **3.5.2 – VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN**

### **3.5.2.1 – VENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN**

Las principales ventajas del sistema kanban son (19):

- Disminuir o eliminar los stock intermedios entre procesos.
- Cumplir con los tiempo de entrega que el cliente demanda.
- Mejorar la calidad del producto debido a una mejor detección de los defectos del mismo.

- Evitar el manejo excesivo de materiales.
- Facilitar el control de la producción.
- Obtener un sistema de producción flexible dependiendo de la demanda.
- Reducir los inventarios y obsolescencia de los productos.
- Reducir desperdicios y generación de basuras.
- Reducción de la muda de sobreproducción, crítica en una empresa.
- Reducción del costo total del producto (incremento de valor).

### 3.5.2.2 – DESVENTAJAS DEL SISTEMA KANBAN

Las principales desventajas del sistema kanban son (19):

- Si tenemos un plazo de abastecimiento bastante grande es imposible la realización de este método.
- El sistema es flexible hasta determinado punto. Un cambio muy brusco en la demanda podría producir importantes problemas en la empresa. Este sistema podría anticiparse a ellas solo hasta cierto punto.
- Es difícil de imponer este método a los proveedores ya que solo es aplicable a producciones “en masa” para las cuales el número de referencias no es muy elevado, y las peticiones son regulares o con variaciones muy reducidas.
- Reducir el número de kanban sin el aporte de mejoras continuas al sistema de producción provocará retrasos en la entregas, así como esperas y tiempos muertos entre diferentes operaciones, ocasionando grandes pérdidas.

### 3.5.3 – TIPOS DE KANBAN

Principalmente vamos a tener dos tipos de kanban:

1. Kanban de producción (figura 3.3): El cual nos va a mostrar tanto el tipo como la cantidad de producto que tenemos que producir. Si no disponemos de esta tarjeta, la empresa no puede empezar a

producir, ya que si lo hiciese estaríamos creando muda debido a que estaríamos llenando el almacén sin ningún motivo.

ÁREA DE ALMACÉN _____	<b><u>PROCESO</u></b>
PARTE No. _____ TIPO DE CAJA _____	
NOMBRE DEL ITEM _____	
TIPO DE PRODUCTO _____	
CANTIDAD / CONTENEDOR _____	
ÁREA DE ENTREGA _____	
NÚMERO DE TARJETA _____	

Figura 3.3 Kanban de producción

2. **Kanban de salida (figura 3.4):** El cual nos va a mostrar tanto el tipo como la cantidad de producto que el cliente u otra empresa o centro de trabajo nos podría demandar. Al igual que con el kanban de producción, sin una tarjeta kanban de salida no está permitida la salida de ningún producto de la empresa.

ESTANTERIA No. _____	<b><u>PROCESO QUE PRECEDE</u></b>
NOMBRE DEL ITEM _____	
TIPO DE PRODUCTO _____	<b><u>PROCESO SIGUIENTE</u></b>
CAPACIDAD DE LA CAJA _____	
NÚMERO DE TARJETA _____	
TIPO DE CAJA _____	

Figura 3.4 Kanban de salida



### 3.5.3.1 – TIPOS DE DISEÑO DE KANBAN

- Kanban de ubicación: Este kanban se utiliza para indicar la necesidad de cubrir un hueco que acaba de dejar un material.
- Kanban disparador: Este tipo de kanban va a utilizar una seña que va avanzando progresivamente, la cual autoriza o pide que se fabrique o entregue un determinado producto o servicio.
- Kanban de tarjeta: Es el mas común y habitual debido a su flexibilidad. Consiste en una tarjeta rectangular plastificada en la que según el tipo se indican las distintas especificaciones.
- Kanban triangular (figura 3.5): Igual que el anterior pero de forma triangular. Suele utilizarse mas en el exterior por lo que suele se metálico y con cierto peso.

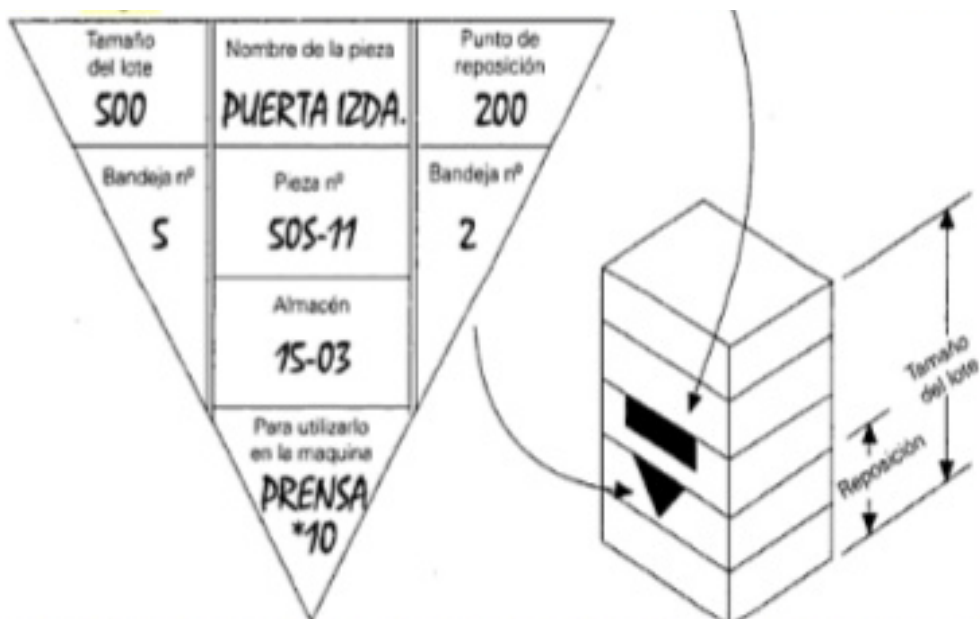


Figura 3.5 Kanban triangular (20)

- Kanban electrónico: Son los mas nuevos y se están implementando cada vez mas en las empresas. Tiene la ventaja de estar actualizada la información casi al instante, pero su principal inconveniente es el reclamo visual que caracteriza a este sistema.

### **3.5.4 – LAS SEIS REGLAS DEL KANBAN**

Estas seis reglas son básicas y de obligado cumplimiento para un sistema kanban. Todos los miembros del equipo, así como los supervisores deberán conocerlas perfectamente (Kanban, 1986).

#### **3.5.4.1 – PRIMERA REGLA: NUNCA ENVIES PRODUCTOS DEFECTUOSOS**

El que se produzcan defectos en las piezas que estamos fabricando significa un gasto a mayores innecesario en mano de obra, materiales y tiempo, por lo que no se ve aumentado el valor, sino reducido, lo que es un gran problema para nuestra empresa. Es necesario para la primera regla:

- Una rápida detección de los defectos si estos se están produciendo y apartar las piezas que los tengan rápidamente, esta zona es llamada “zona de control o comprobación”.
- Automatización de las máquinas que estamos utilizando para que si detectan un defecto en alguna de las piezas, la máquina se pare automáticamente.
- Resolver lo mas rápido posible el problema que haya surgido. Ganar tiempo resolviendo este tipo de problemas gracias a una rápida detección del defecto nos ayudará a ahorrar costes.
- Un problema que tenemos que tener en cuenta es cuando en un lote las piezas defectuosas se mezclan con las piezas normales. Una vez mas nos tocará actuar lo mas rápido posible y sustituir lo antes posible

dichas piezas defectuosas ganando tiempo para que la producción se pare el menor tiempo posible.

### **3.5.4.2 – SEGUNDA REGLA: EL CLIENTE RETIRA SOLO LO QUE NECESITA**

Este tema ya le hemos tratado anteriormente. Tenemos que saber exactamente lo que el cliente necesita en el tiempo que necesita y en la cantidad que necesita. De esta manera nosotros evitaremos la muda por producir mucho o demasiado tiempo.

Esta regla nos va a servir para responder a preguntas del tipo:

- ¿Qué tenemos que hacer?
- ¿Cuánto tenemos que fabricar?
- ¿Cuándo tenemos que fabricarlo?

Algunas de las reglas que podemos seguir para seguir esta regla son:

- No se tiene que producir ninguna salida de cualquier producto de nuestra empresa mientras no exista un kanban que así lo pida.
- Será obligatorio que cada lote de productos que vayan a salir de nuestra empresa vayan acompañados de su correspondiente kanban.
- En el kanban de salida se tendrá que especificar la cantidad exacta de productos que van a salir de nuestra factoría.

### **3.5.4.3 – TERCERA REGLA: PRODUCIR SOLO LO QUE EL CLIENTE DEMANDE**

Esta regla deriva de la segunda regla y va a permitir funcionar a nuestra compañía al unísono, buscando el flujo continuo. Los diferentes kanbans son los conectores entre el cliente, la fábrica y los proveedores.

Algunas de las reglas que podemos seguir para seguir esta regla son:

- No producir mas que el kanban que en ese momento tengamos disponible.
- Siempre producir en la secuencia de llegada de los diferentes kanbans. (Este aspecto lo trataremos mas tarde con las cajas heijunka).

### **3.5.4.4 – CUARTA REGLA: NIVELES DE PRODUCCIÓN**

Para permitir que nuestra empresa produzca según las demandas del cliente, con la cantidad exacta y en el tiempo mínimo, debemos de proveer de una determinada estabilidad a nuestra factoría, y principalmente a nuestra línea de producción.

La producción debe de seguir una línea normal la cual admita ligeros cambios en la producción. Un cambio brusco hará que la línea se colapse y empezarán a surgir problemas en todas las zonas. Esto requeriría producir adelantándonos a los pedidos o un exceso de capacidad, pero hemos comentado que esto generaría diferentes mudas. Una manera de solucionarlo puede ser un término medio, es decir, adecuar la capacidad de producción a unos niveles mas altos si vemos que los pedidos van en aumento o reducirlos si vemos que van disminuyendo. Todo este proceso es llamado heijunka (el cual desarrollaremos mas adelante).

### **3.5.4.5 – QUINTA REGLA: USAR KANBAN PARA NIVELAR LA PRODUCCIÓN**

Si bien el método kanban no es el indicado para poder predecir las variaciones de producciones futuras (de este tema se encargará el departamento de producción), si que nos va a servir para saber administrar los diferentes lotes que tengamos de producción, de tal forma que podamos homogeneizar todos los lotes y producirlos de una manera mas uniforme, así solo en un caso extremo, deberíamos de utilizar un exceso de recursos (mano de obra y maquinaria), pudiendo ahorrar costes solo con el hecho de utilizar los kanbans adecuadamente.

### **3.5.4.6 – SEXTA REGLA: ESTABILIZAR Y FORTALECER EL PROCESO**

Nosotros no podemos aplicar las anteriores reglas si no disponemos de un proceso estable y robusto. Por eso nosotros debemos de aplicar los conceptos del jidoka (el otro pilar de la casa del sistema Lean Production) para poder potenciar y aumentar la capacidad de nuestros procesos. Buscaremos continuamente reducir muda, muri y mura de tal manera que:

- Implementar el trabajo en grupo para poder detectar errores que puedan producir defectos en nuestra fabricación.
- Reducir tiempos entre operaciones, disminuyendo los trayectos de los trabajadores entre procesos, así como proporcionarles una adecuada postura ergonómica de trabajo.
- Racionalizar y disponer los procesos de la mejor manera posible, de tal manera que los trabajadores puedan seguir la mayor parte del proceso.
- Implementar sistemas visuales que refuercen la rápida comprensión del proceso por parte de los trabajadores.

### 3.5.5 – SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE

El ritmo de producción es el punto de sintonía entre el cliente y la fábrica, por lo que el proceso debe ir completamente programado. Si una demanda de producción es continua en el tiempo esta solo necesitará de un sistema kanban para que se fabrique el lote programado. Esto representa una enorme ventaja ya que ligeras variaciones en la producción así como otras inestabilidades que se pueden producir se asumen mas fácilmente. Con otro tipo de sistemas (por ejemplo el sistema “Push”) debemos de reprogramar cada punto del proceso de producción, alargando mucho en el tiempo dicha tarea.

La fácil visualización e interpretación del sistema kanban es otra de las principales ventajas en la línea de producción. Kanbans acumulados en la tabla de producción significa que no estamos produciendo lo suficientemente deprisa, por el contrario si vemos menos kanbans de lo normal significa que deberemos ir parando la producción.

Para que todo pueda funcionar de una manera mas o menos organizada alguna de las preguntas que nos podemos hacer es:

- ¿Cómo de grande debe de ser el lote de piezas a pedir?
- ¿Cada cuanto tiempo debería de pedir el lote?

Aunque nuestro objetivo principal es el de reducir tiempo aumentando el valor, uno de los objetivos secundarios debe de ser el ir disminuyendo cada vez mas el tamaño de lote a producir. Esto nos va a reportar numerosas ventajas como puede ser (Dennis, 2016):

- Rápido ajuste a los cambios en la producción: Con tamaños reducidos de lote, si lo tenemos que aumentar por un cambio de producción nos ahorraremos mas costes que si producimos lotes grandes y se nos demanda uno pequeño.

- Mejor sensación del tiempo de proceso: Tener un control sobre la producción de lotes pequeños nos va facilitar el descubrir fallos o defectos en las piezas o cualquier aspecto inusual en la producción.
- Menos crestas y valles: El producir pequeños lotes requiere menos ajustes, esto es muy importante en nuestras máquinas, herramientas y sobretodo en nuestros trabajadores.

En un sistema basado en Just in Time el transporte de información tiene que ser igual de eficiente que el transporte de materiales. Muchas empresas ensamblan las piezas finales provenientes de distintos sitios o factorías y mediante el sistema kanban todas las piezas deberían de llegar al mismo tiempo (ser entregadas Justo a Tiempo) según un método estandarizado.

Podemos distinguir dos tipos de transporte en el sistema Kanban:

1. Transporte de cantidad variable y tiempo fijo ( Preferible si el proceso no es continuo y las distancias son muy largas).
2. Transporte de cantidad fija y tiempo variable ( Preferible si el proceso es continuo y las distancias son cortas)

## **3.6 – REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN O HEIJUNKA**

### **3.6.1 – NECESIDAD DEL HEIJUNKA**

La mayoría de las empresas que tienen que alternar los productos en su línea de producción creen que programando largos tamaños de un mismo lote, evitando continuos cambios se ahorrarán costes. Este es un grave error que no hará otra cosa que aumentar el gasto de una manera constante. Va a ser difícil acertar que todos los clientes vayan a querer el lote exacto que se está produciendo. Esto va a derivar en:

- Aumento innecesario de inventario, donde dicho lote será almacenado hasta que un determinado cliente lo demande. Con este error incumplimos una de las reglas principales del sistema Just in Time.
- Producción totalmente innecesaria de productos, con lo que habremos perdido tiempo, materiales, dinero y mano de obra en fabricar otro producto que sí estaríamos vendiendo, y no produciendo uno cuyo destino es el almacén. Recordemos que una de las cosas que buscamos en nuestra empresa es que el dinero se esté moviendo constantemente.
- Pérdidas y retrasos con respecto al cliente. Recordemos que el sistema Just in Time busca la cantidad exacta en el mínimo tiempo. Si no cumplimos alguno de estos requisitos básicos perderemos clientes, y por tanto dinero, por lo que no estaremos aumentando el valor, sino que aumentaremos el coste.
- Pérdida de calidad y de dinero, ya que si producimos grandes lotes de una misma serie y existe un defecto que no localizamos al principio, todo el lote será defectuoso, con todos los gastos que eso conlleva. No hay peor noticia para una línea de producción que tener que repetir un lote entero por culpa de un defecto.

A todo lo descrito anteriormente le podemos añadir el caso de que si nuestra factoría se dedica a producir grandes lotes en una misma serie, puede ocasionar diversos síntomas a nuestros trabajadores debido a la monotonía del trabajo como puede ser:

- Fatiga y cansancio: Debido a estar realizando el mismo proceso sin cambiar una y otra vez.
- Falta de atención: Ocasionada por la realización de tareas repetitivas, a las cuales dejamos de prestar atención rápidamente.

Por eso una herramienta básica del sistema Just in Time es la regulación de la producción o heijunka, el cual trata de distribuir la producción en diferentes



lotes de una manera equitativa del mejor modo posible. Como vemos en la figura 3.6 se basa en un equilibrio entre previsibilidad, flexibilidad y estabilidad.

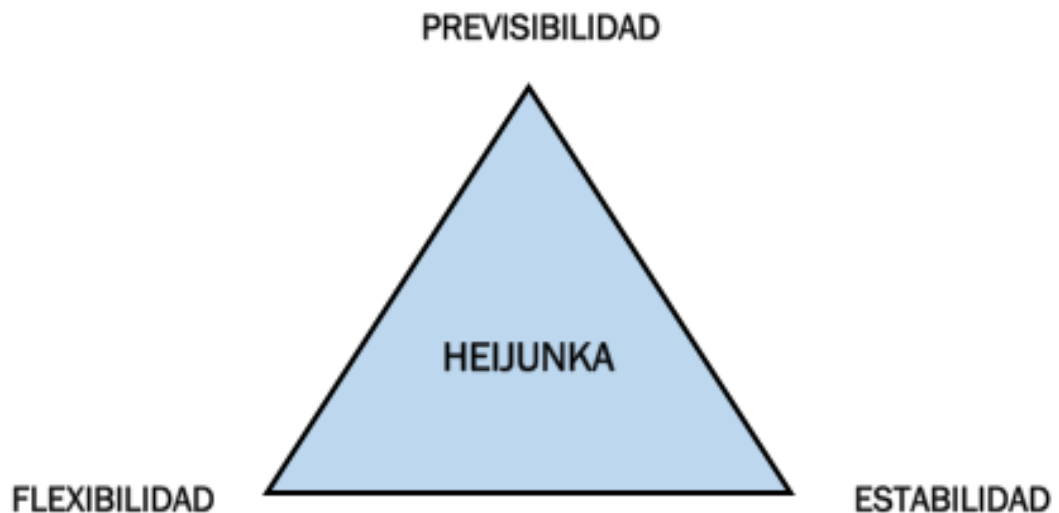


Figura 3.6 Triángulo sobre el que se basa el heijunka

### 3.6.2 – OBJETIVOS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN O HEIJUNKA

Los principales objetivos que queremos obtener con la regulación de la producción son (21):

- Conseguir amortiguar las variaciones y demandas que nos pide el cliente mediante la producción de pequeños lotes de varias piezas o servicios, todos ellos en la misma línea de producción.
- Reducir tanto el gasto monetario como la optimización de las máquinas, herramientas y de la mano de obra. También al tener una producción nivelada estabilizaremos la plantilla en nuestra empresa, la cual no se tendrá que acostumbrar a continuos cambios según sea la producción.

- Entregar a tiempo lo que el cliente demanda sin tener que sufrir retrasos y esperas.
- Reducción de todos los inventarios, desde el de materia prima hasta el de producto terminado, ya que con la regulación de la producción reducimos los tiempos de producción desde que un producto o servicio es demandado hasta que lo fabricamos.
- Incrementar notablemente la flexibilidad de la empresa. Una empresa acostumbrada a fabricar continuamente pequeños lotes de distintos productos tendrá que disponer de las máquinas y la mano de obra necesarias para efectuar estos cambios con la mayor brevedad posible, lo que hace que ganemos en eficiencia tal y como muestra la figura 3.7.

LÍNEA SIN REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN



LÍNEA CON REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

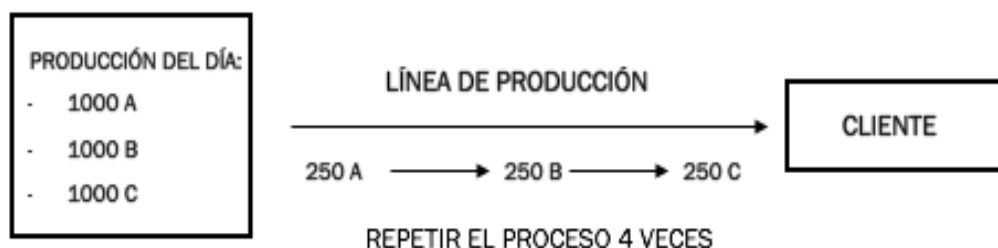


Figura 3.7 Comparativa de utilización de heijunka

### **3.6.3 – VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

#### **3.6.3.1 – VENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Entre las principales ventajas podemos encontrar (Giralt, 2006):

- Mejor continuidad en el flujo.
- Manejar lotes reducidos conlleva una mayor facilidad.
- Reducción de stocks e inventarios.
- Mejora de la calidad final del producto, menos problemas para arreglar un defecto.
- Mayor flexibilidad de toda la empresa en general y de la línea de producción en particular.
- Puesto de trabajo mas ordenado y limpio (gracias al cumplimiento de las 5S).
- Evitamos en gran medida la muda de sobreproducción.
- Mayor facilidad para fabricar sobre pedido en un tiempo dado.

#### **3.6.3.2 – DESVENTAJAS DE LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

- Frecuentes cambios de referencia entre los distintos productos que pueden dar lugar a errores.
- Hay que tener trabajadores cualificados para producir diferentes partes cada poco tiempo.
- La producción no funciona estrictamente bajo pedido.
- Podemos tener unos productos terminados mas elevados que si solo trabajásemos sobre pedido (sacrificamos inventario por tiempo).

### **3.6.4 – IMPLEMENTACIÓN PARA LA REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Para implementar este nivelado en la producción tenemos que seguir secuencialmente unos pasos hasta su implantación final. Estos pasos son:

1. Calcular el takt time de la producción.
2. Calcular el pitch para cada producto.
3. Establecer el ritmo al que se va a efectuar la producción.
4. Crear las “heijunka Box” o cajas heijunka.

#### **3.6.4.1 – CALCULAR EL TAKT TIME DE LA PRODUCCIÓN**

Básicamente podemos definir takt time como “la cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente” (22).

Si por ejemplo tuviésemos una línea de producción que fabrica un producto a una cadencia inferior a la que el cliente demanda, o se van a producir constantes retrasos en las entregas, o se tienen que hacer horas extra para poder sacar la producción correctamente. Al igual que ocurre si nuestra línea de producción fabrica productos a un ritmo superior a los que el cliente demanda. En este caso se va a producir una sobreproducción igual de problemática que el anterior caso. Nuestro objetivo va a ser el establecer un paso intermedio entre estos dos como indica la figura 3.8, intentando que coincida al máximo posible la demanda del cliente con el producto fabricado.

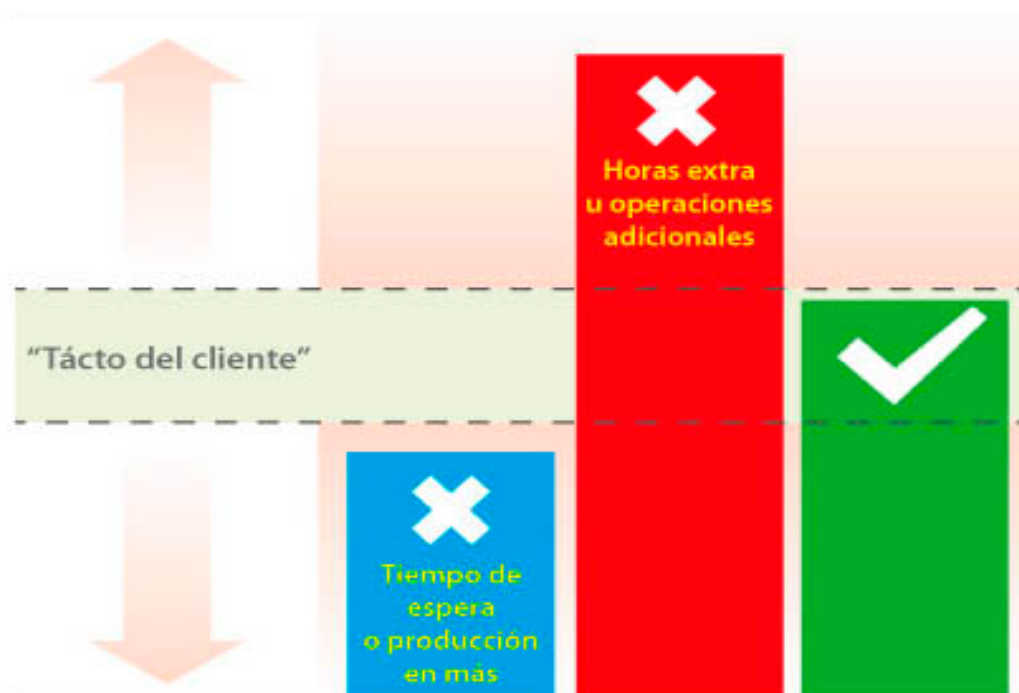


Figura 3.8 El paso intermedio es lo que vamos a definir como takt time

Para calcular este punto intermedio, podemos calcular el takt time como:

$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{TIEMPO DE PRODUCCIÓN DISPONIBLE}}{\text{CANTIDAD QUE EL CLIENTE DEMANDA}}$$

De tal manera que el resultado obtenido será el tiempo que tenemos para fabricar cada unidad.

Generalmente las empresas suelen hacer una previsión de la demanda mensual acudiendo a históricos y a otros métodos estadísticos para poder sacar dicha fórmula. Luego las variaciones que tengamos en la demanda se pueden asumir ya que la mayoría representan ligeros cambios en la producción.

Algunos de las principales ventajas del takt time son (23):

- Se pueden identificar con anticipación donde se van a producir cuellos de botella.
- Mayor conocimiento de los ritmos de producción en nuestra empresa, lo que permite absorber variaciones de la producción.
- Nos ayuda a una vez que tenemos identificado el tiempo de producción, eliminar mudas.

### **3.6.4.2 – CALCULAR EL PITCH DE CADA PRODUCTO**

Según la empresa que tengamos el cliente pedirá una pieza de fabricación, o un lote completo de piezas. El pitch va a ser el tiempo que tarda en producirse dicho lote de piezas que demanda el cliente calculándose:

$$\text{PITCH} = \text{TAKT TIME} \times \text{CANTIDAD DE UNIDADES DEL LOTE}$$

Algunos puntos clave que debemos de tener en cuenta a la hora de elaborar el pitch son:

- Siempre tener controladas las cantidades que van a salir, por eso el uso de tarjetas kanban es muy recomendable.
- Siempre tener en cuenta los sistemas de transporte de los que disponemos, y si el tamaño del lote se adecua a ellos.
- Tenemos que crear pitch de acuerdo a la organización en la producción que hayamos tenido. Recordemos que es mejor producir en pequeños lotes, luego habrá que reunir lotes determinados de acuerdo a lo que pida el cliente.

### **3.6.4.3 – ESTABLECER EL RITMO DE LA PRODUCCIÓN**

Una vez establecido el takt time y el pitch, tomaremos el valor mas bajo de este último (la producción que menos tiempo tendría que tardar por unidad) distribuiremos en el total del tiempo que tengamos de producción. En este tiempo también tendremos que tener en cuenta las posibles variaciones en la producción.

Hay que tener en cuenta un aspecto importante y es que en el tiempo disponible de producción tenemos que tener en cuenta no solo las piezas que se producen sino también darse cuenta de determinados aspectos:

- Determinar si nuestra capacidad de fabricación es capaz de asumir ese ritmo de producción respetando los tiempos normales de máquinas, herramientas y trabajadores, sin tener que contratar mas personal o hacer horas extra. Si esto es necesario habría que replantar totalmente el sistema de producción.
- Procurar que ese ritmo de producción no afecte a los trabajadores de una manera negativa, es decir, que para conseguir ese ritmo de producción tengan que hacer un sobreesfuerzo, causando lesiones debido a malas posturas, defectos en las piezas debido a la falta de atención, así como otras causas asociadas a no disponer del tiempo suficiente.
- Comprobar que el ritmo determinado de producción no pone en peligro el uso de las máquinas que tenemos en la factoría. Someterlas a unos esfuerzos y rendimientos constantes superiores a lo que marcan las especificaciones nos puede costar muchas pérdidas económicas, así como no estar realizando el trabajo preventivo que habíamos realizado previamente (5S).

### 3.6.4.4 – CAJAS HEIJUNKA O “HEIJUNKA BOX”

Las cajas heijunka son una herramienta que planifica la producción y nos dice visualmente que, cuando y como producir (Dennis, 2016). Fue inventado por la factoría Toyota para reducir gastos y tiempo, aumentando la eficacia de la línea de producción. El encargado de la producción tiene la labor de colocar los diferentes kanbans de salida en las cajas heijunka para los pedidos que tengamos que fabricar.

Básicamente consiste en unas filas horizontales las cuales representan los diferentes lotes de producto que tenemos que fabricar y unas filas verticales que van a representar el tiempo de producción de cada lote, generalmente referenciado al takt time o al pitch. Luego, en diferentes espacios o ranuras de la caja heijunka colocaremos las tarjetas kanban, donde cada tarjeta corresponderá a un lote distinto de pedido que tendrá que salir de la factoría (ver ejemplo en la figura 3.9).

Con esto conseguimos de una manera eficaz el poder fabricar pequeños lotes de diferentes productos constantemente y de una manera regular, donde luego, al final, se juntará cada pequeño lote con el resto de los correspondientes, conformando el lote final pedido por el cliente.

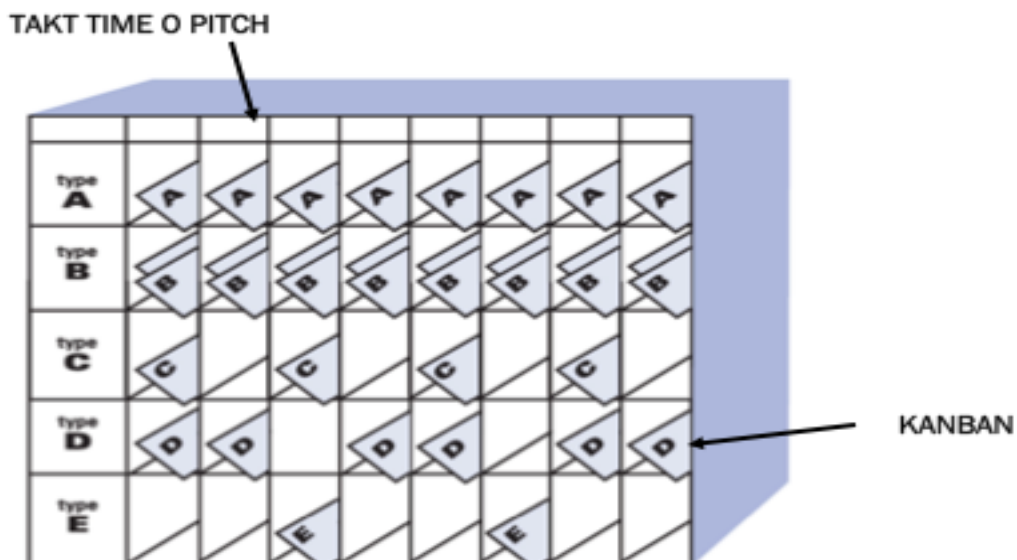


Figura 3.9 Ejemplo de una caja heijunka (24)



Aunque generalmente las cajas heijunka se corresponden con lo anteriormente descrito, pueden diferir si tenemos un sistema “pull” u otro (Dennis, 2016):

- Tipo A: Será igual que el descrito anteriormente, con las filas representando el tipo de producto, y las columnas con el takt time o el pitch.
- Tipo B: Generalmente solo tendrá una fila, y corresponde con la secuencia de producción de los componentes de las partes requeridas.
- Tipo C: Como este tipo es una mezcla de los tipos A y B, las cajas heijunka también corresponden con una mezcla de ambos.

### 3.7 – ENTENDIENDO LA DEMANDA DE LOS CLIENTES

Para conseguir entender la demanda de los clientes, primeramente nosotros tenemos que entender los siguientes aspectos (Dennis, 2016):

- Volumen: No siempre será el mismo, y dependiendo de a lo que se dedique nuestra empresa tendremos unas fechas en las que el volumen de la producción alcanza sus cotas mas altas. Diagramas de comportamiento en nuestro sector, así como medias móviles van a ser de muchas utilidad para establecer los cambios en el volumen.
- Mezcla: Hay que saber identificar que lotes de productos que fabricamos comprometen el volumen. Hacer un gráfico de barras de la cantidad que vendemos de cada tipo de producto nos puede resultar una herramienta muy útil. Según muchas empresas el 20% de los productos que venden comprometen el 80% de la producción total (principio de Pareto).
- Variación: Conocer como de variable es la demanda de cada tipo de producto es muy importante para entender la demanda de los clientes. Trazar la varianza de la demanda de cada producto puede resultar un elemento muy eficiente.

Una vez que usamos estas tres herramientas podemos clasificar los tipos de productos que fabricamos de la siguiente manera (Dennis, 2016):

- Corredores o “Runners”: Altos volúmenes con una alta frecuencia de pedido y una baja variación son los que caracterizan estos productos.
- Repetidores o “Repeaters”: Un moderado volumen así como una moderada frecuencia y una moderada variación en la demanda.
- Extraños o “Strangers”: Corresponden a un bajo volumen, bajas frecuencias y una alta variación en la demanda.

### 3.8 - CONCLUSIONES

En este capítulo nos hemos introducido en uno de los pilares del Lean Production como es el Just in Time. Podemos definir este sistema como saber producir la cantidad necesaria, con el menor inventario posible y en el tiempo justo que demanda nuestro cliente. Para ello vamos a disponer de dos herramientas básicas como son el kanban y el heijunka o la nivelación de la producción.

Mediante el kanban vamos a poder gestionar de una manera rápida y visual las órdenes de producción y de salida de producto acabado, lo que nos resolverá muchos problemas en la línea de producción , evitando confusiones ya que emitimos un mensaje claro, visual y directo.

Con el método heijunka lo que queremos conseguir en nuestra línea de producción es una regulación de los diferentes tipos de producto que tenemos que fabricar. En vez de fabricar grandes lotes de un producto fabricaremos pequeñas cantidades de varios de una manera constante. Con esto evitaremos retrasos, defectos y otros tipos de muda, a la vez que disminuimos el inventario.



# **Capítulo 4:**

## **Implantación del sistema en una empresa**



## 4.1 – INTRODUCCIÓN

Una vez desarrollados en los temas dos y tres tanto el Lean Production, como la herramienta Just in Time, el siguiente paso es poner en práctica todo lo explicado para adaptarlo en una empresa real.

Lo explicado en los anteriores capítulos parece fácil en el sentido de que únicamente se trata de seguir unos determinados pasos, y según vayamos alcanzando cada objetivo, podemos seguir avanzando hasta tener implantando el sistema Lean Production.

A la hora de trasladar esto a la vida real se nos ponen de manifiesto diversos problemas que nos hacen muy difíciles a veces, la consecución de dichos objetivos. Algunas de las principales causas por las que es tan difícil las explicamos mas adelante, pero a modo de resumen las podemos clasificar en:

- Miedo al cambio: La implantación de un nuevo sistema puede, al principio, provocar reticencia por parte de los trabajadores para cambiar una actividad que llevan desarrollando sin apenas cambios durante mucho tiempo. También supone un problema explicar a los gerentes y jefes de la factoría un nuevo método que va a suponer un gasto importante de dinero y tiempo, cuando ellos pueden ver que la empresa funciona de una manera “correcta”.
- Inversiones muy altas de capital: Cambiar, mover o sustituir máquinas, edificios o puestos de trabajo va a suponer una importante inversión de dinero. Si bien a largo plazo puede resultar rentable, muchas empresas no disponen del capital necesario para acometer dichas remodelaciones.
- Problemas con la producción: Para efectuar cambios puede ser necesario parar muchas veces la producción al principio, esto provoca retrasos en los pedidos que ya tienen demandados por los clientes, no estando la empresa dispuesta a perder dinero, ni a clientes por una mejora que al principio, pueden no ver necesaria.

- Explicación del nuevo sistema a todos los mandos: Esto va a exigir mucho tiempo y dedicación por parte de los mandos intermedios y superiores a la hora de implantar el nuevo sistema, ya que tienen que llegar a tener un profundo conocimiento del Lean Production para poder resolver las dudas que les planteen los trabajadores en el menor tiempo posible. Muchas veces esto se vuelve difícil ya que se puede ver como una inversión inútil de dinero y tiempo cambiar un sistema que “funciona” por otro totalmente desconocido.

Si bien la total implantación del Lean Production es muy complicado de establecer en una empresa ya montada, sí que podemos ayudarnos de algunas de sus herramientas principales para mejorar el proceso, e ir poco a poco cambiando aspectos que hagan de nuestra factoría un lugar mas eficiente traduciéndose en un aumento de valor de lo que produzcamos.

Explicado de este modo y mediante la inclusión de pequeños cambios progresivos que hagan mejorar los resultados de nuestra empresa podemos convencer a los distintos jefes, sectores y trabajadores de la empresa para que puedan ir poco a poco adaptándose a estos cambios. Un aspecto importante es incluir a trabajadores de distintos departamentos, según las mejoras que queramos hacer, desde el principio. Hacer que se involucren desde el comienzo y que vean con actos que sus opiniones se tienen en cuenta y que se utilizan para acometer esa serie de cambios y mejoras continuas en su departamento correspondiente.

En este capítulo, y a modo de desarrollo de las prácticas curriculares realizadas antes de la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, explicaremos los pasos seguidos para la implantación de algunas de estas herramientas en algunos sectores de la empresa, cuyo objetivo es una modernización progresiva hacia otras empresas del mismo sector mucho mas novedosas y hacer un seguimiento para ver si los cambios efectuados producen cambios favorables a medio plazo.

## 4.2 – DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

La empresa en la que se va a intentar algunos de los aspectos del Lean Production, así como del Just in Time, es Tableros Tradema S.L, perteneciente al grupo empresarial SONAE INDUSTRIA. Popularmente conocida como TAFISA, en esta empresa es donde realizamos las prácticas curriculares del grado y nuestro principal objetivo fue el de ir sentando las bases en distintos sectores de la empresa, para la consecución de una mejora continua.



Imagen 4.1 Logo de TAFISA y SONAE INDUSTRIA (25)

Esta empresa, situada en la carretera de Burgos-Portugal, Kilómetro 119, se sitúa en el término municipal de Valladolid, colindando con otra de las grandes empresas de esta ciudad, Michelin.

Inaugurada en 1946 y puesta en funcionamiento en 1951, su principal actividad es la creación y producción de tableros derivados de la madera, ya sean tableros de fibra como de aglomerado, si bien estos últimos se han dejado de producir, trayéndose ya fabricados desde otra empresa situada en Linares, Jaén, solo para darle los diferentes acabados que necesite el tablero según sea la demanda de los diferentes clientes.

Tableros Tradema S.L fue adquirida por el grupo empresarial SONAE INDUSTRIA en 1993, y a pesar de pasar por muchas dificultades, incluyendo varios ERE y



principios de liquidación, la empresa ha conseguido superar las diversas crisis a las que se ha enfrentado, consiguiendo actualmente una estabilidad y unos contratos de ventas que aseguran el futuro de la factoría por muchos años. Según diferentes fuentes de personal especializado, el sector de la industria maderera, especialmente el del tablón es cíclico, ligado al sector del mueble principalmente y al de la construcción secundariamente, parece que en los próximos años se va a producir un crecimiento importante de ambos sectores, por lo que es esencial, con los contratos de ventas actuales y los futuros que están por venir, una progresiva y secuencial remodelación de la empresa.



**Imagen 4.2** Entrada a la factoría de Tableros Tradema S.L en Valladolid (26)

Debido a estas condiciones el grupo SONAE INDUSTRIA ha decidido invertir una importante cantidad de dinero para una remodelación de la factoría, debido a que, aunque se hayan producido remodelaciones, sigue siendo una empresa con equipos y sistemas antiguos tecnológicamente, y por ello es necesario afrontar cambios que hagan de Tableros Tradema S.L una empresa mas eficiente y competitiva.

## 4.3 – DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA

Una vista aérea diferenciando con colores nos va a ayudar a identificar mejor las diferentes zonas:



Imagen 4.3 Vista aérea de Tableros Tradema S.L (26)

Las diferentes zonas marcadas son:

- Zona roja: Correspondiente al parque de madera. En este lugar es donde los camiones van a descargar los troncos, principalmente de pino resinero, aunque también llegan envíos de chocho. Esta zona está preparada para su despieze, descortezado, astillado, lavado y desfibrado de astillas para formar los tableros, así como el transporte hasta la zona de producción. Todo el material no utilizado, como la corteza y polvo se almacena en diferentes naves y silos para su posterior uso en la caldera.
- Zona azul: Pertenece a la EDAR (estación depuradora de aguas residuales). Antes de poder verter al canal el agua resultante de los diferentes procesos que sufre la madera, esta necesita ser tratada bajo unas condiciones mínimas establecidas por la ley, y que de no cumplirlas, la empresa se vería sometida a fuertes multas.
- Zona naranja: Corresponde a la zona de oficinas. Aquí es donde se sitúan todos los puestos y despachos que no tienen que ver con la producción. Dirección y el departamento comercial, así como el de llegadas y salidas de los camiones están aquí situados.
- Zona amarilla: Zona de post-tratamiento. Una vez que los tableros han sido procesados van a pasar a este lugar. Aquí los tableros van a ser tratados mediante diferentes productos o acabados según la demanda del cliente. También es donde llegan los tableros de aglomerado procedentes de otra fábrica para su post-tratamiento.
- Zona verde: Pertenece a la zona de proceso de la madera, conocida comúnmente como MDF. Es la principal zona de la empresa y donde vamos a realizar las implantaciones del sistema Lean Production. Aquí las fibras de madera obtenidas en el parque de madera son sometidas a diferentes procesos hasta finalizar en los tableros de madera de diferentes medida según proceso.

### 4.3.1 – ZONA MDF

Como hemos citado anteriormente esta zona es la mas importante dentro de la empresa ya que es donde se produce todo el proceso de transformación desde la formación de la fibra de madera a través de virutas hasta la conformación del tablero de madera.

Esta zona se basa en una línea de producción en serie, en la cual se fabrica el tablero de madera durante las veinticuatro horas del día, en tres turnos, sin líneas auxiliares, por lo que uno de los principales problemas es el de que si una máquina tiene un fallo y se debe de arreglar, se deberá parar toda la producción hasta solucionar el problema. Esto provoca un aumento de gastos bastante importante en dinero, energía y tiempos de entrega que luego habrá que regularizar Por eso va a ser importante la implantación de un nuevo sistema a fin de mejorar sobretodo el mantenimiento preventivo de las distintas máquinas y herramientas que conforman dicha línea.



Figura 4.4 Línea MDF de procesado de tableros (27)



Si bien para corregir errores y debido a la cantidad de polvo y suciedad que provoca una factoría que se dedica a este tipo de producción, una vez a la semana se para totalmente la producción cuatro horas al día para tareas de limpieza y arreglos menores en máquinas y herramientas, y una vez al mes se para durante doce horas para hacer las tareas de limpieza y reglaje que llevan mas tiempo. Con esto conseguimos una mejor eficiencia tanto en la calidad del producto como en que se produzca en la cantidad adecuada en el tiempo justo (herramienta JIT).

Esto obviamente no es suficiente en una empresa que depende exclusivamente de dicha línea de producción. Necesitamos hacer diversos estudios y reuniones con los trabajadores para ver cuales son las causas de avería mas probables, como solucionarlas así como estudiar la manera de prevenirlas, efectuando las revisiones y cambios pertinentes en las máquinas para minimizar fallos.

Otro detalle importante a seguir con los empleados es la manera en la que tienen de efectuar las revisiones, deberemos de estudiar y mejorar el documento estandarizado de seguimiento de dicho proceso con sus opiniones. Con esto conseguiremos una mejora en el control dado que ellos están en continuo contacto con las máquinas, y ellos mejor que nadie saben los mejores métodos para detectar cuando está fallando un sistema, por lo que reuniendo la información de todos ellos y poniéndola a disposición de todo el grupo conseguiremos una mejora sustancial en la prevención de errores de este tipo.

Para todo esto la empresa ha creado el departamento de mejora continua, un lugar en el que continuamente se están proponiendo maneras de mejorar cada vez mas el proceso. Este departamento no cuenta con muchas personas, únicamente las necesarias, ya que la factoría ha entendido que si bien tiene que tener una dirección de los pasos y etapas a seguir para la consecución de los objetivos que se propongan, es obligación de todos los trabajadores de la empresa colaborar y formar parte en todas las reuniones que este departamento tenga intención de establecer con el objetivo de que la mejor manera de mejorar cada uno es mejorar todos juntos (principal objetivo de Lean Production).

## 4.4 – OBJETIVOS PRINCIPALES

Los principales objetivos que tenemos al realizar las prácticas en la empresa principalmente son:

- Histórico de fallos de la línea de producción: Junto con los trabajadores encargados de la mejora continua nuestro objetivo es el de realizar un histórico desde el año 2006 en el cual, mes a mes, se va a contabilizar según los sectores las horas, útiles, pérdidas por avería etc. para ver si se llegan a los mínimos de producción.
- Ordenación conjunta de las máquinas y sectores: Una de las principales tareas será la de organizar en un documento conjunto la clasificación de los sectores y máquinas de la empresa. Cada departamento tiene organizado a su manera la clasificación, y si queremos informatizar el proceso es necesaria una única clasificación.
- Adecuación y mejora de distintos sectores de mantenimiento: Buscar junto con los trabajadores mecánicos una mejora en la disposición de herramientas y equipamiento, así como una mejora del trabajo preventivo en las máquinas, para la posterior creación de un sistema informático, el cual organice la secuenciación de múltiples tareas.

### 4.4.1 – HISTÓRICO DE FALLOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Este es una de las principales ramas que el departamento de mejora continua se encarga de elaborar. Aunque lleva haciéndose desde el 2006, es desde el 2016 cuando se le han ido añadiendo más detalles a fin de obtener la mayor información y claridad posible de los distintos sectores en los que se encuentran las máquinas. Es el primer paso que debemos de dar antes de poder tomar otras decisiones, ya que después del tratamiento de la información que nos llegue desde las distintas máquinas, vamos a poder conocer en que zonas se producen más fallos y a que son debidos.

La manera de elaborar este histórico se elabora mediante tres pasos principales:

#### 4.4.1.1 – MOTIVO E IDENTIFICACIÓN DE LA PARADA

Cada máquina y diferentes partes de la línea de producción tienen un sensor, el cual se activa cada vez que la máquina o la línea se para, ya sea por una parada programada, o debido a una avería en la misma. Una vez que el sensor se activa, se anota automáticamente en un programa que tiene instalado cada encargado de sector la fecha y duración de la parada, hasta que esta se resuelve y vuelve a funcionar todo con normalidad. Pasando la información al ordenador central. Una vez solucionado el problema es el encargado de sector el responsable de anotar brevemente al lado de la fecha y hora de cada parada las causas que la han provocado. El encargado enviará la orden de parada al ordenador central, el cual anotará nuevamente todos los datos en una hoja de excel para su posterior tratamiento por parte del departamento de mejora continua.

3/1/16				
14:00:00	14:38:24	38	PARADAS PROG.	Parada de Navidad.
14:45:19	14:48:48	3,48	Prensa	Pruebas meter en prensa.
15:03:45	15:45:27	41,7	Medidor de espesores	Quitar plancha nueva en medidores.
15:47:56	15:49:17	1,35	Prensa	Pruebas meter en prensa.
16:06:25	16:06:58	0,55	Metales	Metal
16:59:22	16:59:51	0,48	Metales	Metal
17:01:21	17:25:11	23,83	Ferrocontrol	Atranque.
17:25:16	17:25:31	0,25	Prensa	B-801
18:39:14	19:24:24	45,17	Apilado	Atranque preapilado.
19:25:52	19:26:30	0,63	Metales	Metal
19:57:15	19:57:43	0,47	Metales	Metal
19:59:06	20:04:16	5,17	Apilado	Atranque preapilado.
20:30:46	20:35:42	4,93	Apilado	Atranque preapilado.
20:42:46	21:34:51	52,08	Secadero	Clapeta 109 del secadero. Motor lleno de agua.
21:36:16	21:36:56	0,67	Prensa	Temperatura bajo presión.

Figura 4.5 Ejemplo de tabla de paradas en línea de producción

Podemos distinguir y clasificar varias zonas según las columnas:

- La fecha de arriba a la izquierda corresponde con la fecha de los acontecimientos sucedidos. Se establece de forma automática por el programa en cuanto se activa un sensor.
- La primera, segunda y tercera columna establecen el tiempo de inicio de parada, de fin de parada y de los minutos y segundos totales que la máquina ha estado sin funcionar. Al igual que la fecha se establece de forma automática.
- La cuarta columna nos va a indicar en el sector en el cual se ha producido la parada, ya sea una parada programada (como en el caso de la figura 4.5 en el primer caso) o una avería. Al igual que en los dos anteriores casos, también se identifica automáticamente la máquina o zona de la línea donde se ha producido la parada, implementando el programa directamente el sector donde se ha producido.
- La quinta columna se corresponde con la información que el encargado del sector correspondiente tiene que rellenar. Generalmente las paradas suelen ser por motivos similares, así que basta con poner brevemente una descripción de la avería para que se entienda rápidamente a que ha sido debida. Si la parada se ha producido por causas que no son habituales se detallaran un poco mas extensamente, aunque los informes detallados de las paradas se darán al Jefe de mantenimiento por otras vías.

#### **4.4.1.2 – TRATAMIENTO MENSUAL DE LOS DATOS**

Una vez se tiene los datos mensuales, se procede a compilarlos y juntarlos en una hoja de excel mediante la cual podemos sacar varias conclusiones. En la figura 4.6 podemos ver un ejemplo del mes de Enero de 2016. En esta figura podemos diferenciar varios aspectos:

- La primera columna, desde caída de tensión hasta redes de agua y eléctricas, va a corresponder a los diferentes sectores de la misma manera en la que están puestos en el anterior apartado. Con esto conseguimos que todo el mundo tenga la misma distinción entre



sectores. Aunque pueda parecer obvio en esta empresa hay un departamento mecánico y otro eléctrico, los cuales tenían una diferencia en el planteamiento de los sectores hasta que se llegó a un consenso después de varias reuniones (tema que tratamos más adelante)

- Tiempo total: Va a ser para todos igual, que es el resultante de multiplicar 24 horas al día, que son las que se están produciendo sin interrupción, por 60 minutos. Esto nos da un valor de 1440 para todos igual.
- Paradas por calendario: Corresponde a todas aquellas paradas programadas por vacaciones (Navidades y Agosto). Como vemos en la figura 4.6, la factoría no empezó a producir hasta el 7 de Enero, por lo que se suman al final del todo la cantidad total acumulada.
- Movimiento preventivo: Nos referimos a las paradas que tiene programadas el departamento de mantenimiento, para la limpieza y revisión de los equipos por parte de los trabajadores. En este apartado podemos observar dos tipos de tiempos:
  1. El tiempo correspondiente a 1440 se refiere a la parada mensual programada, la cual podemos observar llevó todo el día hasta volver a poner la planta en funcionamiento. Como hemos comentado anteriormente estas paradas que se realizan mensualmente suelen ser de doce horas, ampliándose en este caso a veinticuatro debido a que es una arrancada después de estar todas las vacaciones de Navidad parada.
  2. El resto de tiempos corresponde a las paradas semanales programadas. El tiempo medio de estas paradas se suele establecer en cuatro horas. Si el tiempo es menor se continúa la producción, pero si se prevé que va a ser mayor hay que estudiar si se puede esperar hasta la parada mensual, o hay que tener la línea parada durante más tiempo. Esto conlleva tomar importantes decisiones (una parada más prolongada o no de la línea de producción) a los responsables de mantenimiento.

	INCIDENCIAS MDF																													enero								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
Caida tensión																																						
Monitorización																																						
Astilladora																																						
Silo astillas																																						
Lavado de astillas																																						
Desfibrador										21,11		86,14			12,92	43,58						25,87	22,15										166,25	3,19%				
Encolado																																						
Secadero																																			52,17	1,00%		
Transporte neumático										11,65				20,35	7,5																				39,5	0,76%		
Formación										20,52			15	3,42	68,42				8,1						0,38	0,43		20,08	50,93		3,21	190,49		3,65%				
Scalper											55,68	58,11		2,08		25,7																			183,04	3,51%		
Peso												0,88		9,08																					9,96	0,19%		
Cinta perforada																																						
Línea de formación												4,67			2,18			8																	151,76	2,91%		
Preprensa + barrera										29,83			4,75	6,39			4,88	16,25	3,5	203,5													5,68		274,79	5,27%		
Spray																																						
Metales										1,11		1,52	4,41	6,49		2,83	0,35		1,06	24,46	0,33	1,2	1,06	1,42	1,23	1,75	1,87	3,49	1,82	0,3	0,81	1,17		58,68	1,12%			
Circuito rechazos																																						
Prensa											182,9	311,7	41,42		10,72	20,83	37,98	3,13	2,18	4,77		247,3	2,05				56,36	9,33	5,11	243,9				1179,6	22,61%			
Pernos + Barras															4,78				10,97															8,58		24,33	0,47%	
Transp. salida prensa											0,77		11,5	24,42		17,5																			60,75	1,16%		
Ferrocontrol											48,12	39,66	5,87	26,5	25,83	14,23	2,25			1,28		6,18	1,37				1,5	4,43	11,95	50,63				239,8	4,60%			
Enfriador											6,07																											
Apilado																																						
Mesa de rechazos																																						
Medidor de espesores																																						
Lukky																																						
Stock int. Lleno																																						
Caldera																																						
Cambios producción																																				38,7	89,68	1,72%
Incendios																																						
Redes de agua y elec.																																						
TIEMPO TOTAL	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	44640			
PARADAS POR CAL.	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440																														10080	
MTO. PREVENTIVO								1440	429,7							138,3																				169,2	2177,17	41,72%
TIEMPO PERDIDO									234,4	449	146,8	113,5	79,24	126,8	176,9	84,16	16,01	27,59	44,98	219,1	1,2	285,6	26,99	58,29	71,25	36,29	112	266,4	143,5	316,5	4,38	3040,79		58,28%				
TIEMPO EFECTIVO									776	991	1293	1327	1361	1313	1125	1356	1424	1412	1395	1221	1439	1154	1413	1382	1369	1404	1328	1004	1297	1124	1436		29342					
IND. UTILIZ. ACUM.									26,9%	40,9%	53,1%	60,9%	66,5%	70,0%	71,1%	73,8%	76,1%	78,1%	79,7%	80,1%	81,5%	81,4%	82,5%	83,3%	83,9%	84,6%	85,0%	84,3%	84,5%	84,3%	84,9%				84,90%			
Indice Utiliz Diario									53,9%	68,8%	89,8%	92,1%	94,5%	91,2%	78,1%	94,2%	98,9%	98,1%	96,9%	84,8%	99,9%	80,2%	98,1%	96,0%	95,1%	97,5%	92,2%	69,8%	90,0%	78,0%				99,7%				

Figura 4.6 Tabla de tratamiento del mes de Enero de 2016

- Tiempo perdido: Se identifica con el sumatorio de las diferentes incidencias que hemos tenido a lo largo del mes en los diferentes sectores y que han dado lugar a una parada inesperada de la línea de producción.  
Podemos destacar en las diferentes incidencias algunas que están encuadradas en amarillo, y otras que están en rojo. Las amarillas se corresponden con aquellas incidencias que están entre treinta y sesenta minutos. Por otro lado las rojas son aquellas incidencias que pasan de sesenta minutos, y a modo de información se detalla con la información que el encargado correspondiente puso en el momento de la incidencia.  
Esto nos sirve para ver de una manera rápida donde se produjeron las incidencias mas importantes en la línea, y en el caso de las mas graves, a que fueron debidas.
- Tiempo efectivo: Es el tiempo útil de producción que al final vamos a tener. Viene de restar al tiempo total las paradas por calendario y el mantenimiento preventivo. Este apartado es necesario para ver rápidamente el número de horas por día y acumulados que hemos producido al mes.
- Índice de utilización diario: Nos va a medir el índice de utilización de la línea de producción. Es otro modo de ver el tiempo efectivo en términos de porcentaje y comprobar a que nivel ha estado produciendo la fábrica.
- Índice de utilización acumulado: Mediante una función de comparación del tiempo efectivo respecto el tiempo total de utilización vamos a tener el índice de utilización acumulado. Este cada día se va a ir incrementando hasta que el último día del mes nos dice el índice de utilización total de la planta. Luego deberemos de comprobar si ese índice de utilización se corresponde por el exigido por la empresa.  
Cabe destacar que el índice acumulado no coincide en el primer día con el índice diario porque el índice acumulado tiene en cuenta los días anteriores de Enero, que aunque fueron vacaciones, no se estuvo produciendo.

Todos estos datos se tienen que ir añadiendo mes a mes por el departamento de mejora continua, y cada vez se van añadiendo mas aspectos que permitan una rápida identificación de los elementos mas importantes para saber donde tenemos que actuar con mas inmediatez. Al final de cada mes el departamento de mejora continua se reúne con el de mantenimiento para efectuar las correcciones oportunas, decidir que reparaciones se van a hacer, así como programar las paradas previstas.

Algunos de los principales elementos que se han ido añadiendo a estas hojas, a parte de la identificación mediante colores, para una mejora continua, son:

- Gráfico de índice de utilización: A modo de una representación rápida a final de mes con los diferentes departamentos, se les entrega un gráfico del índice de utilización de la línea de producción. La línea horizontal representa el porcentaje de utilización objetivo que propone la factoría, que en este caso es del 92%. Las barras indican el índice de utilización diario, mientras que la línea en gris nos dice el índice acumulado. Cabe destacar que en estos gráficos todo lo que represente un índice de utilización diario o acumulado, por debajo del 80%, no se va a tener en cuenta. Con esto mejoramos una rápida interpretación de los datos.

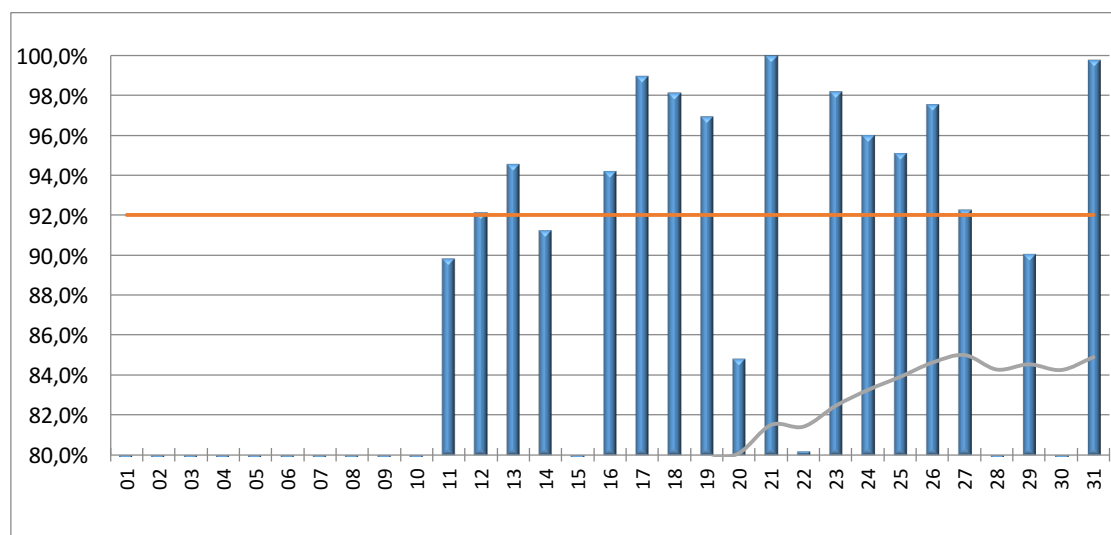


Figura 4.7 Gráfico de índice de utilización

- Resumen de paradas por avería: Otro documento que se entrega y es de vital importancia es un resumen de las paradas por avería, que al final son las paradas que no tenemos programadas y que merman los tiempo normales que había calculado el departamento de producción.

Motivo	Tiempo total	Nº Paradas
Caida tensión		
Monitorización		
Astilladora		
Silo astillas		
Lavado de astillas	166,25	3
Desfibrador	211,77	10
Encolado		
Secadero	52,17	3
Transporte neumático	39,5	4
Formación	190,49	12
Scalper	183,04	6
Peso	9,96	2
Cinta perforada		
Línea de formación	151,76	8
Preprensa + barrera	274,79	14
Spray		
Metales	58,68	69
Circuito rechazos		
Prensa	1179,6	59
Pernos + Barras	24,33	3
Transp. salida prensa	60,75	6
Ferrocontrol	239,8	33
Enfriador	33,15	2
Apilado	15,2	2
Mesa de rechazos	59,87	5
Medidor de espesores		
Lukky		
Stock int. Lleno		
Caldera		
Cambios producción	89,68	8
Incendios		
Redes de agua y elec.		
MTO. PREVENTIVO	2177,17	11
	<b>5217,96</b>	<b>260</b>
	<b>TOTAL</b>	

Figura 4.8 Tabla resumen de paradas por avería

Este documento, al igual que el anterior, lo que pretende es una rápida comprensión de los datos, para en las reuniones entre departamentos se puedan empezar a poner soluciones lo antes posible.

Si queremos profundizar mas solo tenemos que consultar el documento del mes correspondiente. Como vemos en la figura 4.8 aquí lo único que se indica es el tiempo total de paradas en cada sector, así como el número total de paradas de cada sector.

### **4.4.1.3 – TRATAMIENTO ANUAL DE LOS DATOS**

Una vez que concluye un año natural y la factoría cierra por las vacaciones de navidad, el departamento de mejora continua se encarga de elaborar un documento resumen con todos los meses, sus principales incidencias y un índice de cumplimiento con las previsiones tanto mensual como anual. En la tabla 4.9 podemos observar el documento resumen correspondiente al año 2015 en el que se pueden diferenciar varios apartados:

- Al igual que en el resto de documentos es importante mantener una estandarización de los diferentes sectores, y como podemos observar, aquí no cambian respecto a las tablas mensuales, manteniendo el mismo orden.
- En la primera columna podemos observar un resumen del total de perdidas del anterior año (en este caso el correspondiente al 2014). Del mismo modo la última columna va a representar la misma información, pero del año actual (2015), lo que nos va a permitir una rápida comparación de las pérdidas de tiempo por averías entre distintos sectores en distintos años.
- El grueso del documento solo es una copia del total de los meses que corresponden al año. Esto nos sirve para facilitar y flexibilizar las comparaciones de una manera general, en vez de tener que recurrir a cada mes individualmente para poder contratar un dato determinado.



	2014	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	2015
Caida tensión	127,17	3,15					23,26	79,74		123,00				229,15
Monitorización	57,97						63,12		8,87					71,99
Astilladora			45,22											45,22
Silo astillas	3,77						16,45	12,85			18,95			48,25
Lavado de astillas	505,6	158,00	721,88	18,50	74,87		80,23	176,91	17,40	212,42	185,73	80,36		1726,30
Desfibrador	6876,92	72,53	567,02	75,90	353,68	35,96	30,08	663,83	722,74	249,77	18,52	250,04	527,18	3567,25
Encolado	684,82		3,05	5,23	105,00			6,83	23,67	24,53	97,13	2,40		267,84
Secadero	1527,25	3,58		41,63				193,94	54,20		6,30	8,28		307,93
Transporte neumático	156,5			142,43			41,86		113,45	131,77				429,51
Formación	5594,77	172,75	203,04	108,19	48,48	130,02	54,01	58,33	84,62	299,63	237,11	400,33	583,28	2379,79
Scalper	240,42	20,89	10,08	5,97		7,17	40,85		16,97	55,85	48,15	31,43		237,36
Peso	146,52	1,27	5,09	24,48	10,30		19,94	3,98	1,38	13,29	4,62	6,64	4,66	95,65
Cinta perforada	251,44				52,09	18,38		45,53	12,50					128,50
Línea de formación	846,23	16,87	4,13	269,72			11,30	8,73	20,70	41,10	55,02		17,64	445,21
Preprensa + barrera	453,19	83,41	2,27	0,80	13,77	7,75	120,85	63,47		17,42	6,17	122,39	8,38	446,68
Spray	10,78													
Metales	552,06	33,17	29,89	35,37	14,28	20,66	11,06	15,50	6,01	38,06	12,62	33,89	46,38	296,89
Circuito rechazos	31,55													
Prensa	3677,02	137,00	795,97	28,35	4619,77	450,94	187,09	169,01	172,70	63,74	1450,24	1504,71	116,48	9696,00
Pernos + Barras	538,82	630,56	390,78	167,15		78,98				116,35	44,13	21,65	40,20	1489,80
Transp. salida prensa	186,39	2,38	14,70	12,93				11,39	2,30	14,00	3,83	6,85	10,57	78,95
Ferrocontrol	2993,21	108,10	123,69	45,45	123,53	46,92	70,39	72,34	61,87	124,92	377,08	45,55	157,63	1357,47
Enfriador	539,65	110,89	23,15		88,34	29,70	43,91	232,30			2,57		1,45	532,31
Apilado	1534,69	95,50	87,41	29,93	83,66	37,81	15,60	46,41		43,34	23,07	2,15	40,77	505,65
Mesa de rechazos	609,96	15,06	19,32	13,25	30,92	26,69	40,08		6,36	43,70	1,52	55,32	18,82	271,04
Medidor de espesores	26,15	21,18				29,28	14,62						8,32	73,40
Lukky														
Stock int. Lleno														
Caldera	785,1	337,82	40,03	269,18	6,00		8,98		148,50	51,68		310,65	120,33	1293,17
Cambios producción	1356,81	189,28	133,32	209,42	59,68	118,43	82,76	73,80	96,95	188,92	104,06	65,90	85,27	1407,79
Incendios	221,79	650,85						561,08		61,05	1409,14			2682,12
Redes de agua y elec.	1137,91	25,75	301,15	232,35				537,72		83,80	29,72			1210,49
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>525660</b>	<b>44.640</b>	<b>40.320</b>	<b>44.580</b>	<b>43.200</b>	<b>44.640</b>	<b>43.200</b>	<b>44.640</b>	<b>44.640</b>	<b>43.200</b>	<b>44.700</b>	<b>43.200</b>	<b>44.640</b>	<b>525.600</b>
<b>PARADAS POR CAL.</b>	<b>49550</b>	<b>3.430</b>	<b>2.710</b>	<b>2.880</b>	<b>10.080</b>				<b>21.600</b>				<b>8.640</b>	<b>49.340</b>
<b>MTO. PREVENTIVO</b>	<b>12070,12</b>	<b>1.216,23</b>	<b>444,53</b>	<b>734,74</b>	<b>852,96</b>	<b>974,95</b>	<b>1.014,99</b>	<b>1.179,89</b>	<b>1.074,16</b>	<b>977,29</b>	<b>1.147,14</b>	<b>1.466,37</b>	<b>779,44</b>	<b>11.862,69</b>
<b>TIEMPO DISPONIBLE</b>	<b>476110</b>	<b>41.210</b>	<b>37.610</b>	<b>41.700</b>	<b>33.120</b>	<b>44.640</b>	<b>43.200</b>	<b>44.640</b>	<b>23.040</b>	<b>43.200</b>	<b>44.700</b>	<b>43.200</b>	<b>36.000</b>	<b>476.260</b>
<b>TIEMPO PERDIDO</b>	<b>31674,46</b>	<b>2.889,99</b>	<b>3.521,19</b>	<b>1.736,23</b>	<b>5.684,37</b>	<b>1.038,69</b>	<b>976,44</b>	<b>3.033,69</b>	<b>1.571,19</b>	<b>1.998,34</b>	<b>4.135,68</b>	<b>2.948,54</b>	<b>1.787,36</b>	<b>31.321,71</b>
<b>TIEMPO EFECTIVO</b>	<b>432365,42</b>	<b>37.103,78</b>	<b>33.644,28</b>	<b>39.229,03</b>	<b>26.582,67</b>	<b>42.626,36</b>	<b>41.208,57</b>	<b>40.426,42</b>	<b>20.394,65</b>	<b>40.224,37</b>	<b>39.417,18</b>	<b>38.785,09</b>	<b>33.433,20</b>	<b>433.075,60</b>
<b>IND. UTILIZ.</b>	<b>90,81%</b>	<b>90,04%</b>	<b>89,46%</b>	<b>94,07%</b>	<b>80,26%</b>	<b>95,49%</b>	<b>95,39%</b>	<b>90,56%</b>	<b>88,52%</b>	<b>93,11%</b>	<b>88,18%</b>	<b>89,78%</b>	<b>92,87%</b>	<b>90,93%</b>
<b>REND. TOTAL</b>	<b>82,25%</b>													<b>82,40%</b>
<b>REND. REL.</b>	<b>93,17%</b>													<b>93,26%</b>
<b>Ind Ut Objetivo</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>	<b>92,00%</b>

Figura 4.9 Tabla de tratamiento de datos anual del año 2015

- Rendimiento total: Corresponde a la media de los índices de utilización de cada mes. Esto nos va a dar un rendimiento global de todo al año de utilización de las máquinas. A modo de una mejor visualización anual del índice de utilización se ha creado un gráfico con el cual identificar mejor si se han cumplido o no con los objetivos.

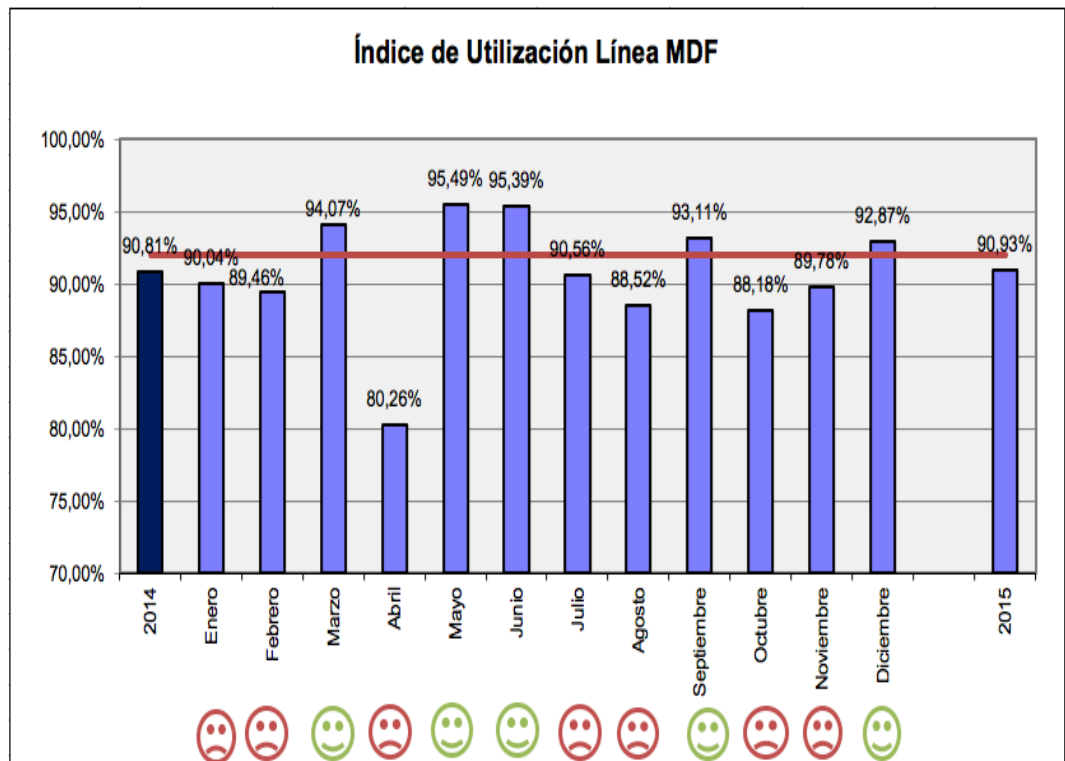


Figura 4.10 Tabla visual de cumplimiento del índice objetivo

- Rendimiento relativo: Este tipo de rendimiento es calculado mediante estadística para darnos una información aproximada del rendimiento de utilización que tendrían que tener las diferentes máquinas de la factoría para poder llegar al mínimo del 92% (índice de utilización objetivo para llegar a la producción prevista sin tener que usar ningún tipo de extra ya sean horas, mano de obra, materiales, etc.).



#### 4.4.1.4 – FUTURAS MEJORAS

Este es el método que hasta ahora tiene el departamento de mejora continua de dar cuenta de los diferentes averías y errores que tienen las máquinas de la factoría. Como hemos visto es un proceso que está en continua mejora y que nos hace tener una relación con los trabajadores y encargados a la hora de identificar y comprender los fallos para intentar remediarlos en un futuro de tal manera que mediante un adecuado mantenimiento preventivo podamos llegar al índice objetivo marcado.

Al ser un proceso en continua mejora se van proponiendo poco a poco soluciones para que este sistema sea mas eficiente. Algunas de las posibles futuras mejoras que se están proponiendo en la empresa son:

- Que los errores que dan las máquinas no se correspondan a un sector, sino que se clasifique cada máquina independientemente con su error, para de esta manera, tener mas localizadas las averías y los lugares exactos en los que ocurren. Si bien la ventaja es la que hemos descrito anteriormente, puede tener la desventaja de que originalmente se concibió este documento como algo intuitivo y de fácil comprensión, y desplegar todas las máquinas de la factoría en un documento puede ser demasiado extenso y pesado, lo cual es algo que no buscamos.
- Un mayor detalle de las averías ocurridas en las máquinas por parte de los encargados. Esto se vuelve difícil cuando están pendientes continuamente de la línea de producción y tienen que desarrollar un documento completo de la avería, pero ayudaría mucho a comprender el origen del fallo, así como tener una completa documentación al respecto.
- Reuniones mas frecuentes entre encargados y el departamento de mantenimiento para poner soluciones lo mas inmediatamente posibles de cara a un adecuado mantenimiento preventivo. Si bien el departamento de mejora continua solo se encarga de proponer ideas y juntar diferentes datos, es tarea de estos departamentos el llegar a continuas soluciones de cara a cumplir los objetivos una vez obtenidos los datos.

## 4.4.2 – CLASIFICACIÓN CONJUNTA DE LA EMPRESA

Otro de los puntos mas importantes y que se tuvo que realizar antes de poder seguir con el siguiente punto, era el de establecer una clasificación conjunta de todas las máquinas y sectores de la empresa, de tal manera que al realizar la posterior clasificación no hubiese una distinta para cada departamento.

Uno de los principales objetivos que quiere conseguir el departamento de mejora continua es el de poder informatizar todo de una manera conjunta, que las diferentes ordenes de trabajo (llamadas comúnmente OT), las cuales son en papel, se transmitan de una manera rápida mediante una plataforma informática, ahorrándonos tiempo y sencillez a la hora de elaborarlas.

Uno de los principales métodos en el sistema Lean Production es el de la estandarización de los diferentes procesos, métodos, etc. y es uno de los objetivos que se ha marcado esta factoría. Para ello es importante empezar con lo básico, y esto consiste en una adecuada clasificación de la empresa que sea común a todos los trabajadores.

### 4.4.2.1 – DEPARTAMENTOS ASOCIADOS A LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Dentro de la empresa podemos distinguir cuatro grandes departamentos que giran alrededor de la línea de producción, y que sirven de ayuda y soporte en casos de averías y paradas. Estos departamentos son:

- Departamento de mantenimiento mecánico: En este departamento va a tener lugar la planificación, arreglo y mantenimiento preventivo de todas las máquinas y herramientas hablando desde una perspectiva mecánica. Cada vez que haya que soldar, arreglar un sistema hidráulico o neumático, etc. será este departamento el encargado de planificar y transmitir a los diferentes mecánicos el plan a seguir.

- Departamento de mantenimiento eléctrico: Este departamento es paralelo al de mantenimiento mecánico, pero en su lugar, será el encargado de arreglar todas las averías y desajustes de tipo eléctrico. Tareas como el megado del motor, la comprobación de las bobinas, el ajuste de los sensores, etc. serán tarea de este departamento.
- Departamento de limpieza: Este departamento se encargará de ejecutar los diferentes planes de limpieza establecidos para las diferentes paradas. Saber a que lugar tiene que ir cada operario para efectuar las tareas de limpieza del recinto, así como de las diferentes máquinas y herramientas, será labor de este departamento. Cabe destacar que este departamento es de vital importancia en empresas de este tipo, donde los residuos de madera tales como serrín y virutas pueden ser muy perjudiciales tanto para la elaboración de los tableros en el proceso como para la propia salud de los trabajadores.
- Departamento de oficina técnica: Este departamento es el encargado de elaborar los planos y diseños tanto de las nuevas máquinas que se van a instalar, como de los diferentes edificios que comprenden la empresa. Tiene bajo su cargo todos los planos en caso de consulta tanto para el mantenimiento mecánico como eléctrico, con los que está, en el caso de diseño de máquinas, en continua colaboración. También este departamento es el encargado de la rehabilitación de edificios y máquinas así como del achatarramiento de los diferentes activos que tenga la empresa y de los que se quiere prescindir.

#### **4.4.2.2 – CLASIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS ZONAS**

Antes cada departamento, salvo el de oficina técnica tenía su propia designación de las diferentes zonas y máquinas de trabajo según la conveniencia de los elementos que tenían que revisar o arreglar. Esto es una de las principales elementos que se quería solucionar. Poner una clasificación para todos igual, que sea genérica y no específica de cada departamento, y luego, dentro de cada departamento, que tengan una clasificación propia todo lo exhaustiva que quieran dentro de los elementos que tiene que controlar cada uno.

Menu principal					
P000 - PARQUE DE MADERA					
MECANICO	ELECTRICO	LIMPIEZA	CODIGO	EQUIPOS	CODIGO-E
P016-00-M-00	P016-00-E-00	P016-00-L-00	P016-00	Cinta transporte de corteza (Pos-8)	M8
P016-00-M-00	P016-01-E-01		P016-01	01 - Cinta transporte , Motor reductor	???
P016-00-M-00	P016-01-E-02		P016-01	01 - Cinta transporte, Interruptor Local Seguridad	???
P016-00-M-00	P016-01-E-03		P016-01	01 - Cinta transporte, Botonera Local	???
P016-00-M-00	P016-01-E-04		P016-01	01 - Cinta alimentación, Desvío delantero (2)	???
P016-00-M-00	P016-01-E-05		P016-01	01 - Cinta alimentación, Desvío trasero (2)	???
P016-00-M-00	P016-01-E-06		P016-01	01 - Cinta transporte, Detector de giro	???
P016-00-M-00	P016-01-E-07		P016-01	01 - Cinta transporte, Tirón de seguridad	???
P016-00-M-00	P016-01-E-08		P016-01	01 - Cinta transporte, Presostato	???
P016-00-M-00	P016-01-E-09		P016-01	01 - Cinta transporte, Nivel	???
P016-00-M-00	P016-01-E-10		P016-01	01 - Cinta transporte, Contactor	???
P016-00-M-00	P016-01-E-11		P016-01	01 - Cinta transporte, Térmico	???
P016-00-M-00	P016-02-E-00	P016-00-L-01	P016-02	02 - Separador de palos	M9
P016-00-M-00	P016-02-E-01		P016-02	02 - Separador de palos , Motor reductor	???
P016-00-M-00	P016-02-E-02		P016-02	02 - Separador de palos, Interruptor Local Seguridad	???
P016-00-M-00	P016-02-E-03		P016-02	02 - Separador de palos, Botonera Local	???
P017-00-M-00	P017-00-E-00	P017-00-L-00	P017-00	Cinta de corteza (Pos-11)	M11
P017-00-M-00	P017-01-E-01		P017-01	01 - Cinta corteza, Motor reductor	???
P017-00-M-00	P017-01-E-02		P017-01	01 - Cinta corteza, Interruptor Local Seguridad	???
P017-00-M-00	P017-01-E-03		P017-01	01 - Cinta corteza, Botonera Local	???
P017-00-M-00	P017-01-E-04		P017-01	01 - Cinta corteza, Detector de giro	???
P017-00-M-00	P017-01-E-05		P017-01	01 - Cinta corteza, Desvío delantero (2)	???
P017-00-M-00	P017-01-E-06		P017-01	01 - Cinta corteza, Desvío trasero (2)	???
P017-00-M-00	P017-01-E-07		P017-01	01 - Cinta corteza, Tirón de seguridad	???
P017-00-M-00	P017-01-E-08		P017-01	01 - Cinta corteza, Presostato	???
P017-00-M-00	P017-01-E-09		P017-01	01 - Cinta corteza, Nivel	???
P017-00-M-00	P017-01-E-10		P017-01	01 - Cinta corteza, Contactor	???
P017-00-M-00	P017-01-E-11		P017-01	01 - Cinta corteza, Térmico	???
P017-00-M-00	P017-02-E-00	P017-00-L-01	P017-02	02 - Separador de palos	M25
P017-00-M-00	P017-02-E-01		P017-02	02 - Separador de palos , Motor reductor	25M1
P017-00-M-00	P017-02-E-02		P017-02	02 - Separador de palos, Interruptor Local Seguridad	???
P017-00-M-00	P017-02-E-03		P017-02	02 - Separador de palos, Botonera Local	???

Figura 4.11 Ejemplo de clasificación para cada departamento

Como podemos observar en la figura 4.11 existe un código diferente para cada departamento.

- Los códigos azules corresponden al departamento mecánico. El código se va a repetir para todas aquellas subdivisiones que el departamento eléctrico se ha encargado de hacer y que los mecánicos no tienen competencia allí.
- Los códigos naranjas corresponden al departamento eléctrico. Además hay que incluir los códigos amarillos, que son todos elementos eléctricos dentro de cada máquina. Elementos que no deberían de estar ya que ni el departamento de limpieza ni el mecánico están a cargo de ellos.
- Los códigos verdes corresponden al departamento de limpieza. Como podemos observar el departamento de limpieza no tiene que efectuar ningún tipo de trabajo en las subdivisiones eléctricas que se han realizado.

Si queremos avanzar a una informatización de todo el sistema resultaría extremadamente complejo meter todas las máquinas y secciones de cada departamento por separado para que luego les avisaran por diferentes OT, por lo que después de varias reuniones entre los jefes de departamento de cada sección se llegó a las siguientes soluciones a llevar a cabo para el departamento de mejora continua:

1. Que la solución sea conjunta y a la vez sea capaz de satisfacer las necesidades de todos los departamentos por igual. Entre todos se tiene que llegar a un acuerdo para la mejor disposición y clasificación de los sectores y las máquinas.
2. Las subdivisiones las realizaría cada departamento interiormente, pero no se tendría constancia de ello para llegar a la solución conjunta. Ante una duda sería finalmente el departamento de oficina técnica el que daría una solución de acuerdo a la disposición de la fábrica.



CÓDIGO	EQUIPO	CÓDIGO PADRE
F750-00	General línea de embalaje	-
F751-00	Vagoneta de transporte de la línea de embalaje. Posición 49	F750-00
F751-01	Accionamiento del desplazamiento de la vagoneta de transporte de la línea de embalaje	F751-00
F752-00	Transportador de salida a los módulos grandes	F750-00
F753-00	Vagoneta de separación de los paquetes de la línea de embalaje. Posición 50	F750-00
F753-01	Accionamiento del desplazamiento de la vagoneta de separación de la línea de embalaje	F753-00
F754-00	Transportador con sistema de giro de la línea de embalaje. Posición 51	F750-00
F754-01	Sistema de elevación y giro del transportador	F754-00
F755-00	Transportador de cadenas. Posición 51-A	F750-00
F756-00	Transportador de entrada a la plastificadora de la línea de embalaje	F750-00
F757-00	Plastificadora de la línea de embalaje	F750-00
F757-01	Accionamiento del giro de la plastificadora	F757-00
F757-02	Transportador hacia el centro de la máquina	F757-00
F757-03	Transportador número 1	F757-00
F757-04	Transportador número 2	F757-00
F757-05	Transportador número 3	F757-00
F758-00	Transportador de salida de la plastificadora de la línea de embalaje. Posición 52-C	F750-00
F759-00	Transportador de cadenas. Posición 57-C	F750-00
F760-00	Transportador de cadenas. Posición 57-A	F750-00
F761-00	Transportador de cadenas con elevadores. Posición 52-C	F750-00
F762-00	Vagoneta de transporte a la paletizadora	F750-00
F762-01	Accionamiento del desplazamiento de la vagoneta de transporte a la paletizadora	F762-00
F763-00	Paletizadora	F750-00
F763-01	Cadena de arrastre de palets de la paletizadora	F763-00
F763-02	Desplazamiento transversal de la paletizadora	F763-00
F764-00	Transportador de cadenas. Posición 54	F750-00
F765-00	Flejadora. Posición 55	F750-00
F765-01	Central hidráulica de la flejadora	F765-00
F766-00	Transportador de cadenas. Posición 56	F750-00
F767-00	Transportador de salida de la línea de embalaje. Posición 57-D	F750-00
F768-00	Robot de plastificado	F750-00
F769-00	Extractor de gases número 1 (Salida sierra)	F750-00
F770-00	Extractor de gases número 1 (Paletizado)	F750-00

Figura 4.12 Nueva clasificación conjunta de los sectores y máquinas

Como observamos en la figura 4.12 hemos pasado a un código mucho más simplificado en el que solo vamos a contar con el sector al principio, luego el código general para todos los departamentos por igual, y a modo de informatizar el sistema, como hemos mencionado anteriormente, poner un código padre a partir del cual encontrar la sección principal más rápidamente. Cabe destacar que en la descripción hemos procedido a hacer una explicación un poco más exhaustiva de la zona, sector o parte de la máquina para una mejor y rápida identificación.

Creemos que este es un importante paso para sentar las bases de una implantación secuencial informática en muchos de los ámbitos de la empresa, en la cual todo se hace mediante papel, creyendo que va a llegar a ser un método mucho más efectivo que nos va a poder permitir ahorrar costes de tipo material, de tiempo y en cuanto a flexibilidad en la comunicación.

### **4.4.3 – INFORMATIZACIÓN EN LA PREVENCIÓN DE AVERÍAS MECÁNICAS**

Una de las principales actividades donde se puede ver los principios del Lean Production y de la herramienta JIT es en este nuevo paso que la empresa quiere dar a través de una colaboración conjunta entre el departamento mecánico y el departamento de mejora continua, según el cual requiere de continuas reuniones con los trabajadores, a fin de mejorar el proceso.

Se trata de una mejora sustancial en el proceso del trabajo preventivo en máquinas y herramientas. Hasta ahora, y como veremos más adelante, el trabajo preventivo se realizaba de acuerdo a unas hojas de excel en un formato básico. Lo que se quiere cambiar es que mediante un dispositivo informático, el trabajador reciba un aviso cada vez que inicie su turno, según el cual le indique que trabajo tiene que realizar de forma automática y no de la manera que se hacía hasta ahora, en la que fallos de organización eran comunes.

### 4.4.3.1 – TRABAJO ANTIGUO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO MECÁNICO

El departamento de mantenimiento mecánico está compuesto básicamente por:


- Jefe de mantenimiento mecánico: Es el responsable de organizar y planificar las tareas diarias que se van a ejecutar, así como la manera de hacerlas. Se reúne diariamente con el encargado de mantenimiento mecánico para elaborar las OT diarias y para comprobar el funcionamiento correcto de la empresa.
- Encargado de mantenimiento mecánico: Responsable de organizar los turnos de los mecánicos y su disposición según las tareas diarias que vayan a tener. Es el encargado de comunicarle al jefe de mantenimiento mecánico el estado de las reparaciones o cualquier duda que pueda surgir en la planta de producción.
- Mecánicos: Son los encargados de arreglar todas las averías y fallos que ocurran en la factoría de índole mecánico. Se van a distribuir en tres turnos de ocho horas para que siempre haya personal disponible por si alguna máquina tiene una avería o se produce algún fallo.

Este departamento organiza su trabajo preventivo en dos ámbitos:

1. Trabajo preventivo diario: En el cual y siguiendo como ejemplo la ruta de la hoja de la figura 4.13, comprueban diariamente todos los componentes principales de las máquinas del sector al que hayan sido designados, apuntando el estado de las máquinas y sus componentes.

Consiste en una rápida comprobación en la que todo el sector puede llevar alrededor de treinta minutos. Una vez finalizado se le reportará al jefe de mantenimiento y al encargado, los cuales según los datos tomados pasarán a tomar las decisiones de actuación oportunas.



	MANTENIMIENTO PREVENTIVO HOJA DE RUTA DE INSPECCION		N. RUTA <b>F450</b>	MECANICO ELECTRICO	HOJA N. 1
	DEPARTAMENTO: LINEA DE FORMACION			FRECUENCIA DE REVISIÓN	
INSTALACIÓN: CINTA DE ALIMENTACION FIBER-BIN			FECHA DE REVISIÓN		FECHA PRÓXIMA REVISIÓN
COMPONENTE Y OPERACIÓN	ESTADO				OBSERVACIONES
	I	A	B	C	
<b>F451- CINTA ALIMENTACION A FIBER-BIN (Móvil)</b>					
Motorreductor (Banda)					
Tambor motriz					
Tambor tensor					
Banda					
Ruedas de deslizamiento					
Motoreductor (Avance)					
Cadenas y piñones					
Guias de cadenas					
Cepillos de cierre					
<b>F452 - FIBER-BIN</b>					
<b>01 - Banda de dosificación</b>					
Motoreductor					
Rodillo Motriz					
Rodillo tensor (tensores)					
Banda					
Cepillos de cierre					
<b>02 - Rodillos de descarga</b>					
Moto-reductor					
Piñones y cadenas					
Cilindro neumático					
Protecciones					
<b>03 - Peines igualadores</b>					
Moto-reductor					
Piñones y cadenas					
Cadenas guiado de peines					
I - DE MAXIMA URGENCIA Y REALIZACION INMEDIATA A - A REALIZAR CUANTO ANTES B - NO ES URGENTE C - A REALIZAR EN PARO DE LA MAQUINA				INSPECCIÓN REALIZADA POR:	

TAF-071

Figura 4.13 Ejemplo de hoja de inspección diaria de una parte del sector de la línea



En el ejemplo de la figura 4.13 podemos observar las distintas zonas de una determinada máquina (en este caso la de la cinta de alimentación y el fiber-bin) los cuales según el estado en que se encuentren se apunta su estado, distinguiéndose entre I (de máxima urgencia), A (realizar lo mas pronto posible), B (empieza a dar fallo pero no necesita un cambio inmediato) y C (arreglo que se tiene que realizar en una parada semanal o mensual). También se apuntarán las observaciones en caso de encontrar algo inusual, así como el encargado de realizar la inspección y la fecha de realización.

Cabe destacar que en el formato de la figura 4.13 ya se ha conseguido la nueva codificación uniforme de los equipos tratada en el apartado anterior, de cara a meter estas hojas informatizadas en un futuro y que exista una comunicación directa al encargado o jefe de mantenimiento en caso de avería.

Se ha cogido como costumbre, y es una de las cosas que se quieren cambiar desde el departamento de mantenimiento mecánico, una especialización de un determinado sector por parte de los mecánicos, de tal forma que se han acostumbrado a realizar siempre las reparaciones para ese sector, olvidándose del resto. Según nuestro punto de vista, y del Lean Production, creemos que esta manera de actuar es contraproducente. Tenemos la ventaja de que al especializarse en una determinada zona o sector es mas sencillo que encuentre errores o averías, ya que está acostumbrado a las máquinas, pero se pierde mucha flexibilidad en cuanto que el resto de zonas o sectores le serán desconocidos, por lo que una mejor rotación en los turnos sería uno de los temas a tratar.

Por eso creemos que una de las mejores manera de hacer esto es mejorando continuamente esta hoja, para que se incluyan los pasos de realizar en cada zona, de tal manera que un mecánico que no esté acostumbrado a esa zona lo pueda realizar con las mínimas pérdidas de tiempo posibles y teniendo la misma eficacia que uno experto en esa zona.

2. Hoja de ruta de preventivo: En este documento van a residir los principales cambios en cuanto la mejora de la ruta preventiva de máquinas y herramientas en la línea de producción por parte del departamento de mantenimiento mecánico. En esta ruta se engloban todos los elementos de la máquina así como su frecuencia de revisión y cambio para evitar un mantenimiento correctivo y que la línea de producción esté parada lo mínimo posible. Por eso desde el departamento de mejora continua se cree que aplicando varios de los principios de Lean Production puede ser de mucha importancia a la hora de encontrar una solución a las dudas que se planteen.

En principio el departamento dispone de unas hojas de excel desfasadas en las que la información está incompleta y muchas veces no es útil, las cuales se quieren cambiar. Alguno de los principales problemas que nos encontramos son:

- Información desfasada o incompleta, en la que se incluyen desde elementos que ya no forman parte de la línea de producción hasta detalles contradictorios o equívocos de elementos de máquinas.
- Fechas de revisión mal establecidas, ya sea porque en muchos casos se ha establecido un mantenimiento correctivo en alguno de los elementos, o porque las fechas de revisión no son las adecuadas.
- Avisos mal establecidos, de tal manera que lo único que se va a producir es un aviso en rojo en la hoja de excel correspondiente, y en la que si el mecánico no lo mira pueden pasar varios días hasta que se revise finalmente.
- El programa informático de identificación es una hoja de excel llena de hipervínculos, hojas indexadas y demás elementos que hacen de su interpretación algo difícil en muchas ocasiones. Los mecánicos no tienen porque tener esas nociones y es comprensible que en muchas ocasiones ocurra un despiste en su revisión.



Caldera				Frec	Fecha ultima revisión				
M12.24.11	Central hidráulica silo polvo	72	07/08/2016						
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002	427M011	Apriete tornillería y revisión nivel	365	84	20/08/2015
	Cambio bomba	6000	869	10/05/2002		Motor cadena de barras inferior	-667	03/11/2018	
	Revisión de central	700	423	24/08/2015		Cambio motor	40000	36990	29/02/2008
	Revisión fugas	180	93	01/03/2016		Cambio reductor	3000	2489	02/01/2015
M12.26.11	Revisión fondo móvil	365	88	24/08/2015		Revisión árboles cadena de barras	365	84	20/08/2015
	Cambio de electroválvula	4000	72	25/08/2005		Cambio aceite reductor	365	6	03/06/2015
	Tornillo extracción silo polvo	-189	20/11/2015			Apriete tornillería y revisión nivel	365	84	20/08/2015
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002		Cambio cadena de barras inferior	2555	-667	01/08/2007
	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015		Cambio cadena de presión	1095	890	04/11/2015
M12.34.11	Revisión cadenas	30	-189	21/10/2015		Motor cadena de barras superior	-667	30/07/2014	
	Revisión tornillo	90	-187	24/08/2015		Cambio motor	2400	1201	13/02/2013
	Cambio de electroválvula	40000	34869	10/05/2002		Cambio reductor	3000	528	20/08/2009
	hidráulica distribuidor de polvo	72	07/08/2016			Revisión árboles cadena de barras	365	210	24/12/2015
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002		Cambio aceite reductor	365	112	17/09/2015
M12.32.11	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015		Apriete tornillería y revisión nivel	365	84	20/08/2015
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015		Cambio cadena de barras superior	2555	-667	01/08/2007
	Revisión tornillo	6000	967	16/08/2002		Motor rodillos desviadores inferior	6	02/06/2016	
	hidráulica distribuidor de polvo	72	07/08/2016			Cambio reductor	2100	1572	16/12/2014
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002		Cambio de rodamientos	730	449	20/08/2015
M12.35.11	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015		Revisión cadena/Limpieza (Quitar tapa)	60	12	09/04/2016
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015		Realizar prueba de engrase	80	32	09/04/2016
	Revisión tornillo	6000	967	16/08/2002		Soplado rodillos desviadores	150	6	04/01/2016
	Tornillo dosificador de polvo 1	88	23/08/2016			Motor rodillos desviadores superior	6	02/06/2016	
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002		Cambio reductor	2100	2052	09/04/2016
M12.36.11	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015		Cambio de rodamientos	730	83	19/08/2014
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015		Revisión cadena/Limpieza (Quitar tapa)	60	12	09/04/2016
	Revisión tornillo	6000	967	16/08/2002		Realizar prueba de engrase	80	32	09/04/2016
	Rotativa dosificador de polvo 1	88	23/08/2016			Soplado rodillos desviadores	150	6	04/01/2016
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002		Lubricación retorno rodillos desviadores	-101	16/02/2016	
M12.38.11	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015		Cambio o revisión bomba	2200	1702	15/01/2015
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015		Comprobación funcionamiento engrase	180	-101	20/08/2015
	Revisión tornillería	6000	967	16/08/2002		Apriete tornillería y fugas	180	-101	20/08/2015
	Ventilador dosificador de polvo 1	88	23/08/2016				4000	2989	20/08/2013
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002			4000	2989	20/08/2013
M12.35.21	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015			4000	2989	20/08/2013
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015		Motor tambor exterior (Desmontaje)	394967	14/10/3097	
	Revisión tornillo	6000	967	16/08/2002		Cambio motor	400000	394967	16/08/2002
	Tornillo dosificador de polvo 2	88	23/08/2016				400000	394967	16/08/2002
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002			400000	394967	16/08/2002
M12.36.21	Revisión rodamientos	365	88	24/08/2015			400000	394967	16/08/2002
	Revisión cadenas	365	88	24/08/2015			400000	394967	16/08/2002
	Revisión tornillo	6000	967	16/08/2002			400000	394967	16/08/2002
	Rotativa dosificador de polvo 2	-118	30/01/2016				400000	394967	16/08/2002
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002			400000	394967	16/08/2002
M12.38.21	Cambio rotativa	40000	34869	10/05/2002			400000	394967	16/08/2002
	Revisión palas	365	-118	30/01/2015			400000	394967	16/08/2002
	Revisión tornillería	365	-118	30/01/2015			400000	394967	16/08/2002
	Ventilador dosificador de polvo 2	88	23/08/2016				400000	394967	16/08/2002
	Cambio motor	40000	34869	10/05/2002			400000	394967	16/08/2002
M12.38.21	Revisión caracol	365	88	24/08/2015			400000	394967	16/08/2002
	Cambio/ Revisión correas y poleas	365	88	24/08/2015			400000	394967	16/08/2002
		6000	967	16/08/2002			400000	394967	16/08/2002
		6000	967	16/08/2002			400000	394967	16/08/2002
		6000	967	16/08/2002			400000	394967	16/08/2002

Figura 4.14 Ejemplo de hojas de mantenimiento preventivo antiguo



Al ver la figura 4.14 podemos observar varios aspectos los cuales queremos cambiar:

- Si se realizan documentos de trabajo preventivo son para cumplir las revisiones, no puede haber, como hay en la figura 4.14, un montón de tareas por confirmar, y muchas desde fechas muy atrasadas. Varias soluciones pasan por mentalizar a los trabajadores de la realización de dichas tareas, así como facilitarles su trabajo a la hora de comprobar las tareas necesarias a revisar.
- No se realiza un buen trabajo de preventivo si en muchas revisiones ponemos fechas muy elevadas. Esto corresponde a un mantenimiento correctivo que no nos interesa, por lo que tendremos que tomar las medidas correctoras necesarias.

#### **4.4.3.2 – TRABAJO NUEVO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO MECÁNICO**

A fin de elaborar un nuevo documento de mantenimiento preventivo tenemos que partir sobre la base del antiguo, pero vamos a seguir una serie de pasos antes de ponerlos de una manera definitiva. Estos pasos a seguir son:

1. Reuniones con el encargado y trabajadores: Este es el primer paso a seguir. Varias reuniones con los trabajadores para ver su opinión respecto al documento preventivo a elaborar. Temas como la manera de elaborarlo, que puntos tiene que tener, así como la comodidad y la flexibilidad, son aspectos importantes a tener en cuenta, ya que al final son los propios trabajadores los encargados de realizar dicha tarea.

Por nuestra parte, y para intentar mejorar la flexibilidad entre diferentes puestos, les hemos hecho preguntas del tipo:

- ¿Qué tareas se pueden realizar de una manera conjunta?: De esta manera simplificamos el proceso, juntando diferentes tareas que el mecánico en su turno puede realizar a la vez, saltando una sola orden y no teniendo a lo mejor en un día seis OT distintas el mismo mecánico.

- ¿Qué tareas que realizan no están en el documento?: Debido a que los mecánicos apenas rotan de un mismo sector, tienen un profundo conocimiento de las máquinas que revisan y reparan, por lo que realizan actividades preventivas que muchas veces no están establecidas en el documento, por lo que si queremos mejorar la flexibilidad de los trabajadores necesitamos conocer todo lo que se debe de revisar exactamente.
2. Reunión entre las personas que van a elaborar el documento: Una vez establecidos los parámetros y órdenes a tratar, debemos de establecer una serie de pasos o parámetros a seguir, los cuales podemos destacar:
- Elaborar un documento que sea sencillo y de fácil interpretación para cualquier trabajador, incluso para la gente que no está relacionada con alguna zona o sector. Saber los pasos que tiene que seguir y de una manera detallada, será necesario que esté detallado.
  - Que el documento elaborado sea de fácil volcado para un dispositivo informático, a fin de que los avisos a los trabajadores sean claros y directos. A parte y elaborando un documento sencillo, nos permite implementar futuros cambios en dicho documento de una manera sencilla y rápida.
  - Ante cualquier duda consultar a los mecánicos o a los encargados, ya que ellos son los que van a tener que interpretar el documento, y mostrarnos abiertos ante cualquier cambio a realizar.
3. Elaboración del documento: A modo de prueba y de experiencia piloto, vamos a realizar un nuevo documento para tres sectores de la factoría (formación, prensa y caldera), de tal manera que primero lo examinen los mecánicos, y si están conformes, pasárselo al programador informático para que lo implemente en un programa que de un aviso cada vez que toque hacer una revisión preventiva. El resultado obtenido es el mostrado en la figura 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18.

IdSeccion	Zona	IdEquipo	Fecha_terminacion	IdTaller	Especialidad	Descripcion	Frecuencia
F450	F452	F452-02	28/10/15	M	MEC	Revision motorreductor 409M13 de los rodillos de dosificacion del bunker superior	180
F450	F453	F453-00	10/8/15	M	MEC	Revision embrague, rodamientos, apriete de la tornilleria y de los rodillos desintegradores 410 M16 (derecho) y 410M15 (izquierdo)	180
F450	F452	F452-03	20/8/15	M	MEC	Revision piñones, cadena de accionamiento, peines, detector de peines, soportes, apriete de la tornilleria y de la cadena de arrastre de peines del bunker superior	365
F450	F452	F452-01	11/8/15	M	MEC	Revision reductor, tensor, apriete de la tornilleria y rodamientos motrices de la cinta de abajo del bunker superior	365
F450	F452	F452-01	11/3/16	M	MEC	Revision baberos, aspiraciones, sopladores, rodillos antidesvio y cinta de abajo del bunker superior	7
F450	F452	F452-02	7/4/16	M	MEC	Revision cadena, piñones y enderezar chapas de los rodillos de dosificacion del bunker superior	30
F450	F454	F454-01	7/4/16	M	MEC	Revision de cinta, rodillos antidesvio y baberos del bunker inferior	7
F450	F454	F454-02	11/3/16	M	MEC	Revision piñones, cadenas, rodamientos, peines, puas, reductor, rodillos de disco y embrague de los peines del bunker inferior	60
F450	F457	F457-01	20/4/16	M	MEC	Revision de los rodamientos tensores y de la cinta perforada de las cajas de vacio	15
F450	F457	F457-01	20/4/16	M	MEC	Revision del motorreductor, nariz y de las chapas y barras de la cinta perforada de las cajas de vacio	365
F450	F461	F461-00	7/4/16	M	MEC	Revision de nariz, reductor, tensores y acoplamiento de la cinta formadora 420M02	90
F450	F454	F461-00	7/4/16	M	MEC	Revision de cinta y parcheado de la cinta formadora 420M02	15
F450	F463	F463-02	4/2/16	M	MEC	Revision del reductor, acoplamiento, piñones de tensado y rodillo centrador de la cinta inferior de la pre prensa 421M01	90
F450	F463	F463-02	12/4/16	M	MEC	Revision de la cinta inferior de la pre prensa 421M01	15
F450	F463	F463-03	11/3/16	M	MEC	Revision de pistones de tensado de la cinta aireadora superior de la pre prensa	90
F450	F463	F463-03	11/3/16	M	MEC	Revision de parche y cinta aireadora superior de la pre prensa	15
F450	F463	F463-00	20/8/15	M	MEC	Revision de acoplamiento, reductor y pistones de tensado de la cinta "negra" superior e inferior de la pre prensa	90
F450	F463	F463-00	20/8/16	M	MEC	Revision de la cinta "negra" superior e inferior de la pre prensa	30
F450	F463	F463-00	21/4/16	M	MEC	Revision de cepillos de limpieza 1, 2, 3 y 4 y aspiraciones de la pre prensa y de la cinta desaireadora	60
F450	F463	F463-03	25/6/15	M	MEC	Revision del eje y rodamiento en el cepillo de limpieza de la cinta de desaireacion	90
F450	F462	F462-00	19/8/16	E	MEC	Ajuste de pesos de la báscula de peso de la manta	365
F450	F463	F463-04	25/3/16	M	MEC	Revision de presiones y fugas del sistema hidraulico de la pre prensa	60
F450	F460	F460-00	20/8/15	M	MEC	Revision de husillos y acoplamiento del electroiman de salida de formacion	365
F450	F457	F457-01	11/3/16	M	MEC	Revision rodamientos y mangueta lado derecho y lado izquierdo de los rodillos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 de la cinta perforada	180
F450	F461	F461-03	11/3/16	M	MEC	Revision rodamientos y mangueta lado derecho y lado izquierdo de los rodillos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 de la cinta de formacion	180
F500	F501	F501-00	11/3/16	M	MEC	Revision rodamientos y mangueta lado derecho y lado izquierdo de los rodillos 1 y 2 de la cinta de entrega	180
F450	F454	F454-03	20/8/15	M	MEC	Revision de acoplamiento, rodamientos, rodillo y motoreductor de los rodillos esparcidos 1, 2, 3 y 4	180
F450	F451	F451-00	20/8/15	M	MEC	Revision de acoplamiento, rodamientos, rodillo, puas y cerramiento de metacrilato del spike roller	180
F450	F457	F457-03	7/4/16	M	MEC	Revision cepillo, manguetas, motoreductor, rodamientos de pie y correas-poleas del cepillo de la cinta perforada	180
F450	F461	F461-03	7/4/16	M	MEC	Revision cepillo, manguetas, motoreductor, rodamientos de pie y correas-poleas del cepillo y aspiracion de la cinta de formacion	180
F450	F455	F455-01	17/7/15	M	MEC	Revision del motroreductor de accionamiento, acoplamiento, rodamientos y peine del scalper	180
F450	F455	F455-02	17/3/16	M	MEC	Revision del motroreductor de elevacion, piñones y husillos del elevador del scalper	180
F450	F465	F465-00	7/4/16	M	MEC	Revision de acoplamiento, manga y discos de los discos de precorte izquierdo y derecho	90
F450	F465	F465-00	20/8/15	M	MEC	Revision de motor, acoplamiento, topes y husillo del ajuste de las sierras de precorte	90
F450	F465	F465-00	20/4/16	M	MEC	Revision y ajuste de patines y protecciones de las sierras de precorte	15
F450	F512	F512-00	1/10/15	M	MEC	Limpieza de filtros de la ventilacion de la sala de calefaccion de prensa y del radiador de la central hidraulica de la pre prensa	180
F450	F460	F460-00	1/10/15	M	MEC	Revision de acoplamiento y husillos del ajuste de altura del iman	365
F450	F457	F457-03	30/12/14	M	MEC	Revision del motoreductor y cepillo del cepillo de limpieza de la cinta perforada	365
F450	F463	F463-00	7/9/02	M	MEC	Revision de rodamientos, correas, husillos del medidor de densidad Grekon	365
F450	F467	F467-00	8/8/15	M	MEC	Revision de husillos, acoplamiento y guias de la barrera de manta M-31	365
F400	F405	F405-00	27/3/16	M	MEC	Limpieza y soplado de las cajas de vacio	30

Figura 4.15 Documento de preventivo de la zona de formación



IdSeccion	Zona	IdEquipo	Fecha_terminacion	IdTaller	Especialidad	Descripcion	Frecuencia
F500	F501	F501-01	5/2/16	M	MEC	Revisión de husillo, rodillo centrador de la cinta intermedia de la prensa	180
F500	F501	F501-02	5/2/16	M	MEC	Revisión de cadenas, tensores, piñonería y embrague del inversor de la cinta intermedia de la prensa	180
F500	F513	F513-05	20/8/15	M	MEC	Revisión de acoplamiento de la aspiración de nitrógeno hidráulico de la prensa	180
F500	F514	F514-00	20/8/15	M	MEC	Revisión de correas, apriete de rodamientos y limpieza de los ventiladores 10, 11, 12, 13, 14 y 15 extractores de la línea de MDF	150
F500	F509	F509-00	20/8/15	M	MEC	Revisión de bomba y comprobación de lubricación de las cadenas de barras superiores e inferiores rodantes	180
F500	F509	F509-00	20/8/15	M	MEC	Revisión de bomba y comprobar la lubricación de la cadena de las barras rodantes y cabeza de entrada	120
F500	F500	F500-00	20/5/16	M	MEC	Revisión de cadena, motoreductor y aproximación de los cepillos de limpieza superior e inferior de la banda	7
F500	F512	F512-00	20/8/15	M	MEC	Revisión de válvulas, bomba y filtro de las bombas de calentamiento número 1, 2,3 y 4 y bomba de vaciado de la prensa	365
F500	F500	F500-00	20/8/15	M	MEC	Revisión del motor y reductor del motor principal de la banda superior e inferior	365
F500	F507	F507-00	27/3/16	M	MEC	Revisión de árboles, apriete de tornillería, cadena de presión y cadenas inferior de barra	365
F500	F506	F506-00	27/3/16	M	MEC	Revisión de árboles, apriete de tornillería y cadena superior de barras	365
F500	F500	F500-00	9/4/16	M	MEC	Revisión de cadena y limpieza del motor de los rodillos desviadores superior e inferior. Realizar prueba de engrase	60
F500	F500	F500-00	26/5/16	M	MEC	Soplado de los rodillos desviadores superiores e inferiores	7
F500	F505	F505-06	20/8/15	M	MEC	Cambio de rodamientos de los rodillos desviadores inferiores	730
F500	F504	F504-06	19/8/14	M	MEC	Cambio de rodamientos de los rodillos desviadores superiores	730
F500	F513	F513-00	20/8/16	M	MEC	Revisión de bomba 427M047, fugas y comprobación del engrase de la lubricación de retorno de los rodillos desviadores	180
F500	F504	F504-06	20/8/15	M	MEC	Revisión y limpieza de los rodillos 1, 2, 3, 4 y 5 de apoyo de la banda superior	190
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Revisión del pistón y verificación del engrase y dispositivo de desvío de salida del cilindro de tensado de la banda superior e inferior	120
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Revisión de los rodillos centradores de entrada de la banda superior e inferior. Comprobación de engrase y limpieza	120
F500	F500	F500-00	7/4/16	M	MEC	Revisión y limpieza del palpador de centraje de entrada y salida a la banda superior e inferior	90
F500	F500	F500-00	26/4/16	M	MEC	Revisión de fisuras de bandas superior e inferior	7
F500	F505	F505-06	20/8/15	M	MEC	Revisión y limpieza de los rodillos de apoyo 1, 2, 3, 4 y 5 de la banda inferior	190
F500	F500	F500-00	27/4/16	M	MEC	Revisión de los detectores superior e inferior de barras	120
F500	F500	F500-00	20/8/15	M	MEC	Desmontar y revisar detectores superior e inferior de barras	365
F500			24/12/15	M	MEC	Revisión de detectores de pernos arriba y abajo, izquierda y derecha de salida y entrada	120
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Revisión de pistones de tensado, centraje de cadenas de barras superior e inferior	180
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Comprobación de tensado de las ruedas de salida (pistón pequeño) y engrase manual de la rueda en el centraje de la cadena de la barra superior e inferior	60
F500	F513	F513-00	7/4/16	M	MEC	Revisión de acumuladores, fugas y nivel de la central hidráulica de la prensa	180
F500	F503	F503-00	24/12/15	M	MEC	Revisión de los pistones de cambio de radio lado derecho e izquierdo y revisión del dispositivo de la prensa	60
F500	F508	F508-00	20/8/15	M	MEC	Desmontaje del túnel de calor y limpieza completa del mismo	180
F500			24/12/15	M	MEC	Revisión de rodillos de reenvío de la banda	60
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Revisión de la tornillería de los cilindros de prensado	180
F500	F513	F513-00	20/8/15	M	MEC	Desmontaje y limpieza del intercambiador de la central hidráulica	365
F500	F500	F500-00	24/12/15	M	MEC	Revisión y comprobación de la medida de la cadena de barras superior e inferior	180
F500	F508	F508-00	24/12/15	M	MEC	Revisión de platos de calor de la prensa una vez desmontadas las barras	180
F500	F513	F513-00	28/8/15	M	MEC	Revisión y ajustes de presión de la bomba de enfriamiento y de la bomba de mando hidráulico	365

Figura 4.16 Documento de preventivo de la zona de prensa



IdSeccion	Zona	IdEquipo	Fecha_terminacion	IdTaller	Especialidad	Descripcion	Frecuencia
F850	F851	F851-02	25/8/15	M	MEC	Revisión de fondo móvil, rascadores y pistones del silo de polvo	365
F850	F851	F851-01	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos y tornillo de extracción del silo de polvo	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos, cadena y tornillo dosificador de los quemadores 1, 2 y 3 de polvo	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de cadenas y tornillería de las rotativas dosificadoras 1,2 y 3 de polvo	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de caracol, correas y poleas del ventilador 1,2 y 3 de dosificación de polvo	365
F850	F851	F851-02	24/8/15	M	MEC	Revisión y limpieza del cajón de la central hidráulica del silo de polvo	365
F850	F856	F856-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodete, rodamientos, correas y poleas del ventilador de combustión de polvo	365
F850	F850	F850-00	10/4/16	M	MEC	Revisión de fugas y presiones de las bombas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de la central hidráulica de la caldera	15
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodete, correas, poleas, rodamientos, apriete de tornillería y alinear los ventiladores 1 y 2 de tiro de la caldera, By pass y aire primario	365
F850	F865	F865-00	2/6/16	M	MEC	Revisión de palas, bulones, grupillas y tornillería del rendler de extracción de la ceniza	15
F850	F865	F865-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos, de los ejes y de las coronas del rendler de extracción de ceniza	365
F850	F862	F862-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos, rodete y apriete de tornillería del ventilador de aire secundario	365
F850	F850	F850-00	30/1/16	M	MEC	Revisión de reductor, apriete de tornillería y fugas en carcasas de las rotativas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 de los multiciclones	180
F850	F865	F865-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de acoplamiento, tornillo y grasa de rodamientos del transporte de ceniza 1 y 2	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de fugas y limpieza de filtros de las bombas 1 y 2 de llenado y de la bomba de drenaje de aceite térmico	365
F850	F850	F850-00	2/6/16	M	MEC	Medición de vibraciones, revisión de fugas, presiones, dilatadores y apriete de tornillería de las bombas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de aceite térmico	15
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Limpieza de filtros de aceite de las bombas de aceite	365
F850	F890	F890-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de bomba, fugas y limpieza de filtros de las bombas 1 y 2 y bomba de lavado de filtros de agua clarificada	365
F850	F890	F890-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de bomba, fugas y limpieza de filtros de las bombas 1 y 2 de agua desmineralizada	365
F850	F886	F886-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de bomba, fugas, limpieza de filtros y caudalímetro de las bombas 1 y 2 de alimentación de los desgasificadores 1 y 2	365
F850	F890	F890-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de bomba, fugas, limpieza de filtros y caudalímetro de las bombas 1 y 2 de alimentación de los generadores 1 y 2	365
F850	F893	F890-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de fugas, apriete de tornillería y limpieza de filtros de las bombas hidráulicas 1 y 2 y revisión de los pistones 1, 2, 3 y 4 de los arrastradores de corteza	365
F850	F892	F892-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de fugas, apriete de tornillería y limpieza de filtros de las bomba hidráulica y revisión de los pistones 1 y 2 de los arrastradores de fibra	365
F850	F894	F894-00	2/6/15	M	MEC	Revisión de palas, bulones, grupillas y tornillería del rendler M15 de alimentación de corteza	15
F850	F894	F894-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos, de los ejes y de las coronas del rendler M15 de alimentación de corteza	365
F850	F893	F893-00	2/6/15	M	MEC	Revisión de palas, bulones, grupillas y tornillería del rendler M20 de alimentación de corteza	15
F850	F893	F893-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de rodamientos, de los ejes y de las coronas del rendler M20 de alimentación de corteza	365
F850	F896	F896-00	2/6/15	M	MEC	Revisión de cepillos, baberos, rodillos de estaciones superiores a inferiores de la cinta corta M19 de alimentación de corteza	30
F850	F895	F895-00	11/3/15	M	MEC	Revisión de cepillos, baberos, rodillos de estaciones superiores a inferiores de la cinta larga M17 de alimentación de corteza	30
F850	F894	F894-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de motoreductor del rendler M15	365
F850	F893	F893-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de motoreductor del rendler M20	365

Figura 4.17 Documento de preventivo de la zona de la caldera (I)

IdSeccion	Zona	IdEquipo	Fecha_terminacion	IdTaller	Especialidad	Descripcion	Frecuencia
F850	F896	F896-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de motoreductor de la cinta corta M19	365
F850	F895	F895-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de motoreductor de la cinta larga M17	365
F850	F865	F865-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de motoreductor del rendler de ceniza	365
F850	F893	F893-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de los tornillos igualadores 1 y 2 del silo de corteza	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Análisis del aceite de la central hidráulica de la caldera	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Análisis del aceite del circuito de aceite térmico	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión y limpieza del depósito de la central hidráulica de la caldera	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Limpieza del refrigerador de la central hidráulica de la caldera	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de los botijos de los multicilones	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Raspado y medición de espesores de los tubos de los calentadores 1 y 2	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Reparación de parrillas del hogar de combustión de la caldera	365
F850	F860	F860-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de la paila de los empujadores de los alimentadores de corteza	365
F850	F864	F864-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de tolvas 1, 2, 3 y 4 de aire primario	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de las válvulas antiretornos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del polvo	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Reparación de los caracoles de los calentadores 1 y 2	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión y reparación del refractario de la caldera	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de soportes de los serpentines de aceite térmico de los calentadores 1 y 2	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de las clapetas neumáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 de la caldera	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisión de las bombas de aceite térmico (2) y de contra incendios (2)	365
F850	F890	F890-00	24/8/15	M	LIM	Limpieza de los tanques 1, 2, 3, 4 y 5 de agua clarificada (2), agua desmineralizada (2) y agua descalcificada (1)	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Picar quemadores 1, 2 y 3 de polvo	365
F850	F880	F880-00	24/8/15	M	LIM	Limpieza del tanque de expansión de aceite térmico de la caldera	365
F850	F864	F864-00	24/8/15	M	MEC	Limpieza del cajón de aire primario y chimenea larga	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Revisar y limpiar caudalímetros (flujostatos) de los calentadores	365
F850	F890	F890-00	24/8/15	M	MEC	Limpieza de piscinas 1, 2 y 3	365
F850	F850	F850-00	24/8/15	M	MEC	Limpieza de ceniza de los codos y puertas de los calentadores 1 y 2	365

Figura 4.18 Documento de preventivo de la zona de la caldera (II)

Como podemos observar en los documentos anteriores vamos a poder diferenciar los siguientes apartados:

- IdSeccion, IdZona, IdEquipo: Las tres primeras columnas corresponden a la identificación de la sección, zona y equipo, tal como elaboramos en el documento de clasificación del apartado anterior. Por eso comentamos que era importante antes de elaborar este documento preventivo el conseguir una identificación igual para todos los equipos independientemente del departamento que se trate.
- Fecha terminación: Corresponde con la última fecha de revisión correspondiente al documento antiguo de preventivo. Como hemos juntado operaciones que se pueden hacer conjuntas pero tenían una fecha distinta de revisión, hemos puesto la fecha de revisión mas antigua.
- IdTaller y Especialidad: En el primer apartado vamos a especificar si se trata de un aviso de mantenimiento preventivo mecánico (M), o eléctrico (E), en este caso todos corresponden a M ya que nos ha sido designada toda la parte mecánica. En la especialidad tenemos las opciones de: Mecánico (MEC), Engrase (ENG), Limpieza (LIM) u Obra (OBR) según la revisión preventiva que toque. Al igual que antes todas corresponden a MEC, ya que ha sido la tarea que nos ha sido designada.
- Descripción: Se trata de un breve resumen sobre la actividad a realizar por el mecánico. Está un poco mas extensamente desarrollada que el antiguo documento, indicando motores, zonas exactas, etc. que antes no existían, y que gracias a la colaboración de los mecánicos hemos conseguido rellenar.
- Frecuencia: Corresponde con el tiempo en días que tiene que pasar hasta efectuar la próxima revisión. Una vez que se implemente el sistema informático, este se añadirá a un contador automático que vaya descontando los días hasta que avise de que toca la revisión. Cabe destacar revisiones como la de la caldera, que la mayoría de ellas se tiene que realizar cada año debido a la parada de verano, ya que al estar en continuo funcionamiento se pare o no la línea de producción, es imposible efectuar las revisiones.

### **4.4.3.3 – FUTURAS MEJORAS**

Una de las futuras mejoras que quiere implantar el departamento de mejora continua es el de suministrar a cada trabajador un dispositivo móvil en el cual se les transmita la información desde el ordenador central desde la sección semanal que les toca, así como revisiones, avisos y demás órdenes, las cuales se pueden dar y recibir de una manera inmediata y en tiempo real.

Para ello es muy importante la implantación de este y otros soportes a fin de terminar creando sistema Big Data, el cual maneje en tiempo real la información que vaya llegando, siendo capaz de hacer modelos estadísticos y elaborar órdenes y paradas en tiempo real en función de las averías, paradas y revisiones.

## **4.5 – CONCLUSIONES**

Después de la realización de las prácticas curriculares en la empresa Tableros Tradema S.L, hemos podido comprobar que la implantación del sistema Lean Production y de la herramienta JIT es bastante complicado de hacer en una empresa madura, en la que lleva años produciendo de la misma manera.

Lo que sí que podemos hacer es introducir pequeños cambios relacionados con esta manera de concebir la empresa y que tanto empresarios, como mandos intermedios y trabajadores vean que se puede evolucionar y hacer mas sencillo y flexible su trabajo. Con la introducción continua de mejoras, y sobretodo teniendo en cuenta la opiniones de los trabajadores hemos conseguido las mejoras que hemos expuesto, y que suponemos que van a hacer la vida mas fácil y sencilla a los trabajadores, y por ende se va a ver favorecida la empresa en términos de producción.

Esperamos que estos cambios sean el principio de los que están por venir, y que todos juntos se vayan consiguiendo pequeñas mejoras que hagan de la empresa un lugar mejor y mas competitivo, partiendo como siempre del concepto Lean: “La empresa comienza donde lo hacen sus trabajadores”, siendo estos la parte que mas hay que cuidar para un correcto funcionamiento de la misma.



# **Capítulo 5:**

## **Conclusiones**







## 5.1 – INTRODUCCIÓN

En este último capítulo resumimos los resultados obtenidos mas extensamente gracias a la realización e implantación de los sistemas desarrollados en este TFG. Comprobaremos si hemos cumplido los objetivos propuestos en el capítulo 1 y analizaremos un poco mas detenidamente las líneas de desarrollo futuro que vemos al desarrollar este TFG.

## 5.2 – CONCLUSIONES

Hemos podido dividir principalmente en dos las conclusiones finales a las que hemos llegado:

- Conclusiones metodológicas
- Conclusiones operativas

### 5.2.1 – CONCLUSIONES METODOLÓGICAS

El principal objetivo de este TFG era el estudio y desarrollo del sistema Lean Production, así como de una de sus herramientas y pilares básicos, el método Just in Time. Una vez desarrollados implementaríamos dicho sistema en la realización de las prácticas curriculares en una empresa, con el fin de observar los resultados obtenidos al hacerlo.

Dicho sistema se ha ido ampliando a lo largo de todas las grandes empresas y creemos que es un método ideal para implantar en dicha factoría, ya que pretende realizar una profunda remodelación de la misma.



## 5.2.2 – CONCLUSIONES OPERATIVAS

Una vez estudiado y desarrollado el sistema vemos que es una forma de entender la empresa como un todo, donde lo mas sencillo es lo que funciona. La colaboración y ayuda de los trabajadores es fundamental para el desarrollo de Lean Production, para ello les tenemos que dar una continuidad en el trabajo, y hacerles ver que su opinión se tiene en consideración y es valorada para la mejora continua de la empresa.

Hemos podido observar que la competitividad entre empresas cada vez mas se diferencia en pequeños detalles, y que debemos dar la mejor calidad a un precio razonable. Para obtener eso y seguir manteniendo un margen de beneficio acorde debemos de reducir los costes en el producto. Hay multitud de costes asociados al producto que hacen que el precio aumente de manera innecesaria, y es ahí donde debemos actuar en colaboración con los trabajadores. Eliminar esos elementos que hacen que se encarezca nuestro producto con algo que no produce valor.

En la teoría parece un asunto fácil a seguir, pero en la práctica resulta muy complicado implantar un sistema completamente nuevo y desconocido en una empresa ya en funcionamiento desde hace años. La mejor manera es la de ir introduciendo pequeños cambios en colaboración con los trabajadores, para hacerles ver que esos cambios mejoran realmente sus condiciones y por ende las de la empresa. Mediante la introducción de pequeños cambios continuos vamos a poder asentar cada vez mas este sistema, pero se necesita tiempo, paciencia y ganas de querer cambiar e involucrar a toda la empresa.

## 5.3 – LÍNEAS FUTURAS

Como hemos descrito anteriormente, las posibles líneas futuras de desarrollo tienen que ver con la empresa donde hemos intentado implantar el Lean Production. Una vez introducidos pequeños cambios y viendo que cada vez mas gente se implica en el proyecto dados los resultados que se están obteniendo, las posibles líneas futuras van a ser:

- Una completa informatización del sistema con la cual podamos transmitir la información de manera inmediata y al instante. Dar a cada operario un soporte individual informático en el cual les lleguen los avisos y trabajo que tengan que realizar.
- Creación de un Big Data, con el cual tengamos una información completa en tiempo real de todo lo que ocurre en la factoría, de tal manera que se reduzcan mucho los tiempos entre averías y paradas. También gracias a este sistema se podrían elaborar modelos estadísticos en tiempo real para ver la causalidad de los fallos y donde es probable que vaya a ocurrir alguno.
- Una completa inversión en materia de Lean Production para una remodelización de la factoría. Ir introduciendo mayores cambios en materia de Lean Production las cuales cada vez requieren mas dinero, pero que a su vez pueden reportar un beneficio mayor en un futuro a la empresa.



# Bibliografía



## LIBROS Y DOCUMENTACIÓN

Béranger, Pierre (1988). En busca de la excelencia industrial. Just-in-Time y nuevas reglas de producción. Ciencias de la dirección.

Cheng, Francois (1993). Vacío y plenitud. Siruela

Dennis, Pascal (2016). Lean production simplified. Crc press

Galsworth, Gwendolyn (1997). Visual systems. AMACOM.

Giralt, Emma (2006). Equilibrado en las líneas de producción. Lean Sigma, 26.

Greif, Michel (1991). The visual Factory. Productivity press.

Hartmann, Edward (1992). Successfully installing TPM in a non-Japanese plant. TPM Press.

Hirano, Hiroyuki (1993). Putting 5S to work. PHP Institute, Tokyo.

Hopp, Walter & Spearman, Mark (2000). Factory physics. McGRaw-Hill.

Japanese management association (1989). Kanban-Just-in-Time at Toyota. Productivity Press.

Japanese management association (1986). Kanban-Just-in-Time at Toyota. Productivity Press.

Kanigel, Robert (2005). The one best way: Frederick Winslow Taylor and the enigma of efficiency. MA: MIT Press.

Nakajima, Seiichi (1988). Total productive maintenance. Productivity Press.

Ruíz Sosa, Eduardo (2014). Anatomía de la memoria. Candaya.

Senge, Peter (1990). The fifth discipline. Doubleday.

Taylor, Frederick (1908). Scientific management. New York: McGraw-Hill.

Toyota Motor Corporation (1995). Operations management consulting división. The Toyota Production System, Tokyo.

Toyota training document

Womack, James (2000). The challenge of value stream management. Value stream management conference. Deaborn, MI.

Womack, James & Jones, Daniel (1996). Lean Thinking. Simon & Schuster.

## **PÁGINAS DE INTERNET (operativas a fecha de septiembre de 2016)**

- (1) [Teoadministrativas1.blogspot.com.es/2012/04/teoría-científica.html](http://Teoadministrativas1.blogspot.com.es/2012/04/teoría-científica.html)
- (2) <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/03/07/produccion-en-serie-parte-2-fordismo/>
- (3) [Sistemadeproduccionford.blogspot.com.es](http://Sistemadeproduccionford.blogspot.com.es)
- (4) [www.revistaei.uchile.cl/index.php/REI/article/viewFile/15119/29130](http://www.revistaei.uchile.cl/index.php/REI/article/viewFile/15119/29130)
- (5) <https://www.thinglink.com/scene/489433944765235201> (Imagen)
- (6) [www.youbioit.com/es/article/25890/linea-de-ensamblaje-movil-de-ford](http://www.youbioit.com/es/article/25890/linea-de-ensamblaje-movil-de-ford) (Imagen)
- (7) [Alchetron.com/Eiji-Toyoda-1001934-W](http://Alchetron.com/Eiji-Toyoda-1001934-W) (Imagen)
- (8) [www.leanproduction.com/noticias-lean-manufacturing/100-anos-del-nacimiento-de-taiichi-ohno-creador-tps.html](http://www.leanproduction.com/noticias-lean-manufacturing/100-anos-del-nacimiento-de-taiichi-ohno-creador-tps.html) (Imagen)
- (9) [www.lean.org/lexicon/toyota-production-system](http://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system)
- (10) [www.keyword-suggestions.com/bXVkySBtdXJhIG11cmk/](http://www.keyword-suggestions.com/bXVkySBtdXJhIG11cmk/) (Imagen)
- (11) <https://lahuja.wordpress.com/2014/02/16/mura-muri-muda-la-base-del-pensamiento-esbelto/>

- (12) [www.instituto\\_twi.com/wp-Content/uploads/2015/06/Estabilidad\\_Smalley.pdf](http://www.instituto_twi.com/wp-Content/uploads/2015/06/Estabilidad_Smalley.pdf)
- (13) <https://sabinarodriguez.wordpress.com/2012/08/21/el-mantenimiento-en-la-industria-definiciones-y/> (Imagen)
- (14) [www.masterbuilders.co.za/member\\_services/health-safety/cost\\_of\\_an\\_accident.htm](http://www.masterbuilders.co.za/member_services/health-safety/cost_of_an_accident.htm) (Imagen)
- (15) [www.simpleformacion.es/just-in-time-o-la-teoria-de-los-cinco-ceros](http://www.simpleformacion.es/just-in-time-o-la-teoria-de-los-cinco-ceros)
- (16) [Justintimeunal.blogspot.com.es/2013/11/normal-0-21-false-false-es-co-x\\_15.html](http://Justintimeunal.blogspot.com.es/2013/11/normal-0-21-false-false-es-co-x_15.html)
- (17) [Kanban-pinkys.es.tl/Definici%F3n\\_y\\_Funci%F3n-.htm](http://Kanban-pinkys.es.tl/Definici%F3n_y_Funci%F3n-.htm)
- (18) <https://es.scribd.com/doc/76320214/KANBAN>
- (19) [es.slideshare.net/albertojeca/tipos-de-kanban](http://es.slideshare.net/albertojeca/tipos-de-kanban)
- (20) <https://herramientaheijunka.wordpress.com/2013/11/05/que-es-el-heijunka>
- (21) [Mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/](http://Mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/)
- (22) [www.manufacturaintelegente.com/takt-time-para-optener-lean-production/](http://www.manufacturaintelegente.com/takt-time-para-optener-lean-production/)
- (23) [www.lean.org/lexicon/heijunka-box](http://www.lean.org/lexicon/heijunka-box)
- (24) [www.sonaetafisa.com/tafisa/](http://www.sonaetafisa.com/tafisa/)
- (25) [www.google.es/maps/](http://www.google.es/maps/)
- (26) [www.interempresas.net/Madera/Articulos/28298-grupo-Interbon-presena-su-nueva-fabrica-Unopan-produccion-350-m<sup>3</sup>-tablero-al-dia.html](http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/28298-grupo-Interbon-presena-su-nueva-fabrica-Unopan-produccion-350-m3-tablero-al-dia.html)