



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

“Rediseño LEAN MANUFACTURING de un puesto de montaje de ruedas industriales”

Autor:
Marcos Vita, Luis

Tutor:
San Juan Blanco, Manuel
(Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación)

VALLADOLID, a 13 de
septiembre de 2017





Resumen

Este trabajo pretende mostrar algunas herramientas del LEAN MANUFACTURING aplicándolas a la reducción de tiempos y optimización de un puesto de montaje de ruedas industriales ya existente previamente.

En él se propondrán varias soluciones y se comprobará la eficacia de algunas de ellas.

La elaboración del trabajo tiene cinco fases principales:

- Recogida de información y datos sobre el proceso inicial y el producto.
- Recopilación de información sobre el Lean Manufacturing y sus técnicas
- Aplicación de técnicas Lean al proceso.
- Resultados de la aplicación e indicadores para evaluar cada una de las técnicas
- Comentario sobre algunos resultados obtenidos.

Palabras clave

Puesto, montaje, ruedas industriales, lean manufacturing



Abstract

This work intends to show some tools of LEAN MANUFACTURING applying them to the reduction of times and optimization of a pre-existing industrial wheel mounting station. It will propose several solutions and check the effectiveness of some of them.

The elaboration of the work has five main phases:

- Collection of information and data on the initial process and the product.
- Compilation of information on Lean Manufacturing and its techniques.
- Application of Lean techniques to the process.
- Possible indicators to evaluate each of the techniques.
- Comment on some results obtained

Keywords

Assembly, station, industrial wheels, lean manufacturing



Índice

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.3 ESTRUCTURA.....	7
2. CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	8
2.1 INTRODUCCIÓN AL LEAN	8
2.2 CONCEPTOS Y TÉCNICAS.....	9
3. PUESTO INICIAL. DIAGNÓSTICO	15
3.1 LOS PRODUCTOS	15
3.1.1 Componentes.....	15
3.1.2 Clasificación de productos.....	24
3.2 EL PUESTO DE MONTAJE INICIAL	30
3.3 LOS PROCESOS INICIALES	31
3.3.1 <i>Dinámica diaria de trabajo en el puesto</i>	31
3.4 ASPECTOS DONDE SE APRECIA UNA POSIBLE MEJORA	40
3.4.1 <i>Análisis del desperdicio</i>	40
I) <i>Mala organización del trabajo.</i>	40
II) <i>Mala previsión de las necesidades diarias</i>	40
III) <i>Despilfarro por (A) defectos, rechazos, y reprocesos</i>	41
IV) <i>Despilfarro por (B) sobreproducción y por exceso de almacenamiento</i>	41
V) <i>Despilfarro por (C) movimientos innecesarios y por transporte</i>	42
VI) <i>Proceso de trabajo no estandarizado.</i>	42
VII) <i>Falta de automatización del proceso</i>	42
VIII) <i>Ineficiencias en el envasado del producto final</i>	43
IX) <i>Despilfarro por tiempo de espera (D)</i>	43
X) <i>Paking no adecuado</i>	43
4 APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING	44
4.1 PASOS IMPLANTACIÓN LEAN	44
4.2 MEJORAS APLICADAS	45
5 PUESTO FINAL.RESULTADOS.....	81
5.1. PUESTO Y PROCESO FINALES	81
5.2 INDICADORES	88
5.2.1 <i>Medida de resultados a través de indicadores</i>	88
5.2.2 <i>Indicadores para evaluar mejoras aplicadas</i>	89
6 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.....	98
6.1 CONCLUSIONES	98
6.2 LÍNEAS FUTURAS	99
7. BIBLIOGRAFÍA.....	100



1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente proyecto se centra en el proceso de montaje de ruedas industriales.

Una parte fundamental del proceso es el puesto de montaje, ya que este influye mucho en la manera de proceder.

En nuestro caso el proceso encontrado es un proceso sin ningún tipo de automatización que se realiza de forma rudimentaria y que carece de procedimientos que tengan como fin la optimización del proceso, la reducción de los tiempos de procedimiento, o cualquier otro tipo de mejora.

El proceso se realiza en un puesto de trabajo obsoleto, donde lo necesario para llevar a cabo el proceso se dispone sin ningún orden lógico sobre el mismo.

Todos estos motivos hacen que sea necesario un análisis y posterior mejora de proceso y puesto que como se comentó, van fuertemente ligados.

1.2 OBJETIVOS

El siguiente trabajo tiene como fin el rediseño de un proceso de montaje de ruedas industriales.

Para mejorar el proceso se actuará sobre operaciones, materiales y puesto físico de trabajo.

Se persigue cualquier mejora por mínima que sea en cualquier aspecto del puesto, siempre que su puesta en marcha esté justificada por la rentabilidad de la misma.

La reducción de tiempos con respecto al punto de partida se convierte así en un objetivo principal, ya que casi toda mejora realizada, finalmente se va a acabar traduciendo en un acortamiento en el tiempo total de montaje.

Se persigue la reducción de tiempos en la ejecución y la mejora del proceso haciendo uso de técnicas Lean manufacturing.



1.3 ESTRUCTURA

El trabajo está dividido en varios apartados con los siguientes contenidos:

1. Introducción.

En ella se describe el entorno de partida, la necesidad de realizar este proyecto, los problemas encontrados y los objetivos,

También se describe brevemente el contenido de cada apartado.

2. Conceptos y herramientas lean manufacturing.

- Se describe brevemente en que consiste el lean manufacturing, cuáles son sus orígenes, los objetivos que persigue, y la metodología de aplicación.
- Se recopilan los conceptos que se usarán a lo largo del proyecto

3. Producto.Puesto inicial. Diagnóstico

Inicialmente se describen y clasifican los productos a ensamblar así como sus componentes.

Posteriormente se habla de la situación de partida tanto del puesto como del proceso.

Finalmente se realiza un análisis de los aspectos donde se aprecia una posible mejora.

4. Aplicación del lean manufacturing.

Se trata de una de las partes principales del trabajo donde:

- Se describen brevemente los pasos a seguir en una implantación de lean.
- Se proponen soluciones lean a los problemas diagnosticados anteriormente.

5. Puesto final. Resultados

- Se describen tanto el puesto como el proceso en la situación final conseguida a través de técnicas lean.
- Se expone una posible forma de análisis para cada mejora propuesta anteriormente, y se analizan algunas de ellas

6. Conclusiones y líneas futuras.

7. Bibliografía



2. CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

2.1 INTRODUCCIÓN AL LEAN

El lean manufacturing tiene su origen en la industria de la automatización japonesa de los años 60, fue concretamente Toyota quien desarrollo y puso en marcha muchas de las bases de lo que hoy en día compone el lean manufacturing.

Su aparición fue motivada en un intento de aumentar la productividad de la fábrica de Toyota en Japón después de la guerra, e intentar así reflotarla.

En esa época, el referente en materia de producción automovilística era la fábrica de Ford en Detroit con que batía records mundiales con la implantación de su sistema de producción en masa (cadena de producción en serie), que desbancaba a la producción artesanal utilizada anteriormente.

Después de una visita a la fábrica de Detroit por parte de Toyota, se llegó a la conclusión de que muchas cosas eran mejorables, pero que quizás e sistema de producción en masa no era el más adecuado para Japón en ese momento.

Se apostó así por un sistema de producción Just in time (JIT) que hoy en día es fundamental para entender y aplicar el lean.

Las técnicas lean, son aplicables a cualquier sector en mayor o menor medida y a pesar de desarrollarse en el sector de la automoción, pueden ser aplicadas incluso en el sector servicios.

Esta versatilidad unida con la facilidad en la aplicación de algunas de sus técnicas, la escasa inversión que requiere en según qué aspectos, y la rápida obtención de resultados tangibles, hacen que hoy en día las herramientas que proporciona el Lean sean una materia de obligado cumplimiento por cualquier empresa, especialmente industrial que busque ser competitiva.

El lean manufacturing se basa principalmente en perseguir una gestión eficaz y un aprovechamiento racional y óptimo de los recursos.

Según Grupo Galgano, la metodología Lean se centra en priorizar la acción, en buscar la perfección de manera continua y en dar un nuevo rol al personal operativo

Tal y como dice Tejeda, el objetivo principal de Lean manufacturing es eliminar todas actividades que no agregan valor en todo el proceso productivo.



Al eliminar desperdicios la calidad aumenta mientras que los tiempos y costos de producción disminuyen en muy poco tiempo.

Es un proceso de mejora continua, o kaizen.

El Lean, se caracteriza porque emplea personal capacitado, se les asignan responsabilidades a los trabajadores, y estos tienen derecho a proponer mejoras y autoridad de detener la producción en caso de detectar algún error, se enfocan en obtener productos de alta calidad, con un bajo coste de producción.

2.2 CONCEPTOS Y TÉCNICAS

Describimos las técnicas lean que se utilizarán a lo largo del trabajo:

Inicialmente se buscan los **despilfarros** que son actividades que se realizan y no aportan valor añadido al producto.

Valor añadido

- Trabajo de valor añadido, es sólo aquel trabajo que el cliente está dispuesto a pagar.
- El valor es definido por los requisitos específicos del cliente con respecto al producto o servicio.

Los desperdicios están normalmente producidos por alguna de **las 3 mu** del lean

Estas son: **Mura, Muri, Muda**

- **Mura:** Consiste en una irregularidad en la carga de trabajo de tal forma que se producen cuellos de botella en la línea, algunos departamentos están desbordados, y otros en cambio tienen baja carga de trabajo.
- **Muri:** Consiste en trabajar a un ritmo por encima de la capacidad de la línea.
Esto provoca descontento y cansancio del personal, lo cual puede derivar en defectos de calidad, además provoca averías y desgastes prematuros de los equipos, no diseñados para el ritmo al que se están empleando.
- **Muda:** Consiste en utilizar más recursos, sean del tipo que sean, que los mínimos necesarios para realizar una tarea.



Se consideran actualmente 7 tipos de desperdicios.

- **Sobreproducción:** Consiste en producir antes de que el cliente lo requiera y almacenar el producto final posteriormente.

Es la peor de las mudas, ya que genera todas las demás.

El fabricar para stock es la raíz de todos los males ya que incurrimos en la mayoría de desperdicios realizando esta tarea.

- **Esperas:** Todo tiempo en el que el operario permanezca parado esperando algún tipo de producto o información a lo que aún no tiene acceso.

En todo este tiempo improductivo, con una buena nivelación de línea el operario podría estar realizando otras tareas.

- **Movimientos innecesarios:** Movimientos que de existir un orden y estandarización no será necesario realizar.

Estos pueden ser por ejemplo para buscar útiles o buscar material. También un almacenamiento sin orden provoca este tipo de movimientos.

- **Transporte:** Cuando se moviliza material o producto acabado para un almacenamiento temporal o porque el siguiente proceso al que tiene que ser sometido se encuentra lejos del predecesor, al no existir una organización de maquinaria por células de trabajo.

- **No calidad:** Incumplir los estándares de calidad prometidos al cliente.

- **Reprocesos:** Recursos utilizados, (tiempo, material)... para solventar un fallo de calidad no detectado a tiempo.

- **Inventario:** Aumentan los costos por área, puede ocurrir que los productos almacenados se vuelvan obsoletos o se dañen, y demanda el empleo de mucho tiempo por parte del personal de administración.



- **5s:** Es el nombre de unas de las herramientas del método Toyota que tiene como fin aumentar la productividad y reducir accidentes y averías. Se basa en principios de limpieza y orden.

Es una de las primeras herramientas que ha de ser implantada en el caso de que se desee implantar un sistema lean con éxito en una organización.

Su nombre proviene por las iniciales en japonés de 5 términos en los que se basa esta herramienta.

Describimos brevemente estos 5 términos:

1. Seiri (eliminar):

Consiste en observar el puesto y proceso y retirar de él todo lo que este obsoleto, no se utilice o estorbe durante las labores a desempeñar.

2. Seiton (ordenar):

Se trata de organizar los elementos necesarios sobre el puesto de trabajo en un orden lógico que facilite su uso.

Este orden no se basa en la estética, sino en la funcionalidad del puesto.

3. Seiso (limpieza e inspección):

Este es un aspecto fundamental, ya que la limpieza conlleva a sentirse más a gusto con el puesto de trabajo, facilita las tareas que en él se desarrollan, propicia la rápida localización de objetos y evita accidentes laborales.

4. Seiketsu (estandarizar):

Se pretende estandarizar el procedimiento para realizarlo de una forma ágil y eficiente.

Además se estandarizan los avances conseguidos en las 3 s anteriores.

5. Shitsuke (disciplina):

Consiste en convertir en hábito lo anteriormente estandarizado y crear rutinas.

Esto es fácil ya que solo consiste en asegurar el cumplimiento de todo lo anterior.



- **Heijunka:** Creación de una “programación nivelada”.
Se realizan una serie de pedidos repetitivos en un periodo que cubra la demanda total del mismo mientras se evita producción de lotes y se asegura un mínimo de inventario, costo de capital, fuerza de trabajo y tiempo de entrega en toda la cadena de valor.

- **Andón**
Basado en los farolillos de colores típicos en la cultura nipona.
Es un sistema basado en luces de colores para indicar el estado de la producción o de un proceso en concreto en una o más áreas de trabajo; tanto el número de luces como los colores pueden variar por cada estación dentro de una planta.

Algunos colores tradicionales utilizados son:

- Verde:** Normal, no problema.
- Amarillo:** Situación que requiere atención.
- Rojo:** Paro de la producción, requiere atención de inmediata.

- **Shojinka**
Hace referencia a la flexibilidad en el número de trabajadores en cada taller para adaptarse a los cambios de la demanda en picos de trabajo mediante la especialización, en varias tareas además de la suya propia.
Esto se consigue con formación dirigida al personal.

- **Kanban:**
Sistema de información basado en tarjetas de colores con los datos necesarios que regula la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos y favorece una producción basada en el sistema pull, o tirar de la línea donde una operación comienza al haber terminado su sucesora evitando así tiempos muertos y sobreproducción.

- **Técnicas de calidad:**

Son un conjunto de técnicas que persiguen la eliminación de defecto en el producto final.

Primero se analizan los defectos que más abundan, se busca una reducción de estos y su detección a tiempo para no incurrir en un despilfarro por deshechos o reprocesos.



Posteriormente se tratan de reducir los fallos en calidad a cero.

Dentro de las técnicas de calidad están englobadas muchas prácticas como la inspección visual.

- **Jidoka:**

Técnica basada en la implantación de dispositivos en las máquinas que hacen que estas sean capaces de detectar errores.

No corrigen el fallo, simplemente alertan al operario del mismo, por eso se habla de la automatización con un toque humano.

- **Poka yoke:**

Se trata de un dispositivo donde se realiza una operación que evita que si existe un error, este continúe.

También puede evitar que se produzca un error humano, ya que haciendo uso del elemento, el incurrir en este error resulta imposible.

Por ello también son conocidos como mecanismos anti error

Un poka yoke alerta, para o controla que se está produciendo un fallo.

Suelen ser mecanismos ingeniosos y económicos, por lo tanto su aplicación es esencial ya que evitan una gran cantidad de despilfarros con unas simples operaciones y una inversión muy baja.

- **SMED (Single-Minute Exchange of Die):**

Es un método de reducción de desperdicios en el cambio de herramienta en los sistemas productivos.

El cambio de herramienta no solo es entendido como el tiempo de preparación de maquina en el cual se realizan operaciones sobre ella, sino el tiempo desde que la última pieza de un lote sale, hasta que la primera de otro lote distinto es obtenida.

Es importante por ellos distinguir entre operaciones que se pueden realizar con la máquina en funcionamiento (OED), y operaciones que necesariamente se han de realizar con la máquina parada (IED).



La idea principal es reducir cualquier cambio de herramienta a 10 minutos como máximo.

- **Kaizen:** (“cambio para mejorar”)

Se trata de uno de los pilares fundamentales del LEAN MANUFACTURING. implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, lo que se conoce comúnmente como “mejora continua”.

- **JIT**

Según Companys y Fonollosa el método JIT busca producir lo que se necesita exactamente, en el instante preciso y con una calidad perfecta, se trata de un objetivo ambicioso, que a pesar de no poder ser conseguido nunca al 100%, ha de perseguirse constantemente para obtener mejoras continuas.

Se traslada este método también al resto de la línea de producción, de tal forma que solo se fabrica lo que se necesita no incurriendo en despilfarros por sobreproducción que como se dijo anteriormente originan los demás despilfarros.



3. Puesto inicial. Diagnóstico

3.1 LOS PRODUCTOS

3.1.1 Componentes

Ruedas

Sin poliuretano rojo

Macizas, realizadas en nylon de color blanco y sin banda de rodadura de poliuretano rojo, ya que el propio núcleo conforma la rueda.



Figura 1. Rueda sin poliuretano rojo y hueco para rodamiento



Figura 2. Rueda sin poliuretano rojo y sin rodamiento (albergada en soporte)



Con poliuretano rojo

Compuestas por un núcleo de nylon blanco y recubiertas con una banda de poliuretano rojo (95° shore A) que aporta más adherencia.



Figura 3. Rueda con banda de poliuretano rojo y con rodamiento



Figura 4. Rueda con banda de poliuretano rojo y sin rodamiento.



Cojinete de rodillos y casquillo

Es común tanto a las ruedas con banda de poliuretano rojo como a las ruedas que carecen de esta banda y únicamente están compuestas de nylon.

Las ruedas que albergan cojinete tienen un diámetro de eje mayor.



Figura 5. Cojinete de rodillos.



Dentro del cojinete de rodillos, o en el propio eje de la rueda si es que esta no lleva cojinete de rodillos, se encuentra un casquillo que evita el contacto directo con el perno y hace las veces de cojinete “liso”.



Figura 6. Cojinete liso o casquillo.

Soportes

Donde va alojada cada tipo de rueda, fabricados en chapa de acero embutido de hasta 5mm de espesor.

Existen soportes móviles M con un cojinete de bolas, que permite un giro relativo de la rueda respecto al soporte de 360°, protegido a su vez por un guardapolvos, o soportes fijos F también llamados horquillas, en los que no existe movimiento relativo entre rueda y soporte.

Con respecto al acabado, este varía según la capacidad de albergar rueda con rodamiento, acabado bicromatizado TV, o no, acabado cincado ZV que ayuda a proteger del óxido al soporte



Móviles (M)



Figura 7. Soportes móviles

Fijos (F)



Figura 8. Soportes fijos (con ruedas montadas)



Perno y tuerca

Comunes en todos los modelos de producto, ambos de calidad 8.8.



Figura 9. Perno y tuerca.



Herramientas

El trabajador dispone de dos llaves inglesas del número 14 para la tuerca y perno.



Figura 10. Herramientas iniciales

Asimismo, este también dispone de un pincel para aplicar grasa que normalmente está situado dentro del recipiente de la misma.



Figura 11. Pincel para grasa



Otros objetos

Además de montar el producto, el trabajador deberá de empaquetarlo en cajas de cartón de 16x12x11 centímetros, que el son suministradas plegadas, y que el mismo deberá dar forma con la ayuda de cinta adhesiva.

Cajas de envasado



Figura 12. Caja plegada



Figura 13. Cajas conformadas



3.1.2 Clasificación de productos

En la siguiente imagen se muestran algunos de los distintos tipos de productos montados, cabe destacar que pueden ir respectivamente con la rueda con banda de poliuretano rojo situada debajo de cada uno, y con el cojinete de rodillos albergado en ella si el soporte es bicromatizado

A la izquierda soporte fijo **F** y la a derecha móvil **M**.



Figura 13. Los distintos tipos de productos

Las referencias abreviadas para cada modelo seguirán el siguiente orden:

- Acabado del soporte: es lo que distingue ruedas con capacidad de albergar cojinete bicromatizado **TV** o de no albergarlo cincado **ZV**.
- Tipo de rueda: (separado por un guion alto): con banda de rodadura de poliuretano rojo **PO**, o sin ella, **TN**.
- Tipo de soporte: fijo **F** o móvil **M**.



Ejemplo:

El producto con soporte móvil, con cojinete y sin banda de poliuretano se denominará: **TV-TN-M**. (A la izda en figura 13.).

El producto con soporte móvil, sin cojinete y sin banda de poliuretano se denominará: **ZV-TN-M**. (A la drcha. en figura 13.).



Figura 14. Ejemplo de dos modelos del producto.

A continuación se muestran 2 tablas con todas las variedades desglosadas.

*En total existen 8 variedades a los cuales se les asignarán colores que resultaran útiles para la organización del trabajo y el empaquetado del producto final.



Soportes Bicromatizados

Se muestra debajo la nomenclatura numérica que aparece en el catálogo de ruedas Alex.

SOPORTE BICROMATIZADO (TV)		Soporte Móvil (M)	Soporte Fijo (F)
	SIN Banda poliuretano rojo (TN) CON Cojinete	TV-TN-M 2-0211	TV-TN-F 2-0212
	CON Banda poliuretano rojo (PO) SIN Cojinete	TV-PO-M 2-0303	TV-PO-F 2-0304

Tabla 1. Nomenclatura modelos BICROMATIZADOS.

Equivalencias de nomenclatura con el catálogo de Ruedas Alex con el fin de hacer algo más intuitivos los nombres de las referencias. También color correspondiente a cada lote.

{
TV-TN-M → 2-0211
TV-TN-F → 2-0212

TV-PO-M → 2-0303
TV-PO-F → 2-0304



Sin poliuretano

Código	Kg	+	+	Tipo cojinete Eje	Eje		Eje	Eje	Eje	Eje
					106x86	139x110				
2-0019	80	250	35	—	106x86	86/80x60	8	124	64	
2-0211	80	250	35	—	106x86	86/80x60	8	124	64	
2-0020	100	300	35	—	106x86	86/80x60	8	140	81	
2-0213	100	300	35	—	106x86	86/80x60	8	140	81	
2-0021	125	350	45	—	139x110	110x84/98x66	10	164	115	
2-0215	125	350	45	—	139x110	110x84/98x66	10	164	115	
2-0022	150	500	45	—	139x110	110x84/98x66	10	188	133	
2-0217	150	500	45	—	139x110	110x84/98x66	10	188	133	
2-0023	200	600	50	—	139x110	110x84/98x66	10	251	155	
2-0219	200	600	50	—	139x110	110x84/98x66	10	251	155	

Código	Kg	+	+	Tipo cojinete Eje	Eje		Eje	Eje	Eje	Eje
					106x86	136x116				
2-0024	80	250	35	—	106x86	80x60	8	124	-	
2-0212	80	250	35	—	106x86	80x60	8	124	-	
2-0025	100	300	35	—	106x86	80x60	8	140	-	
2-0214	100	300	35	—	106x86	80x60	8	140	-	
2-0026	125	350	45	—	136x116	110x84/98x66	10	164	-	
2-0216	125	350	45	—	136x116	110x84/98x66	10	164	-	
2-0027	150	500	45	—	136x116	110x84/98x66	10	188	-	
2-0218	150	500	45	—	136x116	110x84/98x66	10	188	-	
2-0098	200	600	50	—	136x116	110x84/98x66	10	251	-	
2-0220	200	600	50	—	136x116	110x84/98x66	10	251	-	

Tabla 2. Dimensiones soporte bicromatizado sin banda poliuretano (Fuente: catálogo ruedas Alex).

Poliuretano

Código	Kg	+	+	Tipo cojinete Eje	Eje		Eje	Eje	Eje	Eje
					106x86	139x110				
2-0303	100	200	33	—	106x86	86/80x60	8	140	81	
2-0311	100	200	33	—	106x86	86/80x60	8	140	81	
2-0305	125	300	42	—	139x110	110x84/98x66	10	164	115	
2-0313	125	300	42	—	139x110	110x84/98x66	10	164	115	
2-0307	150	450	42	—	139x110	110x84/98x66	10	188	133	
2-0315	150	450	42	—	139x110	110x84/98x66	10	188	133	
2-0309	200	600	50	—	139x110	110x84/98x66	10	251	155	
2-0317	200	600	50	—	139x110	110x84/98x66	10	251	155	

Código	Kg	+	+	Tipo cojinete Eje	Eje		Eje	Eje	Eje	Eje
					106x86	136x116				
2-0304	100	200	33	—	106x86	80x60	8	140	-	
2-0312	100	200	33	—	106x86	80x60	8	140	-	
2-0306	125	300	42	—	136x116	110x84/98x66	10	164	-	
2-0314	125	300	42	—	136x116	110x84/98x66	10	164	-	
2-0308	150	450	42	—	136x116	110x84/98x66	10	188	-	
2-0316	150	450	42	—	136x116	110x84/98x66	10	188	-	
2-0310	200	600	50	—	136x116	110x84/98x66	10	251	-	
2-0318	200	600	50	—	136x116	110x84/98x66	10	251	-	

Tabla 3. Dimensiones soporte bicromatizado con banda poliuretano (Fuente: catálogo ruedas Alex).



Soportes Cincados

Se muestra debajo la nomenclatura numérica que aparece en el catálogo de ruedas Alex.

SOPORTE CINCADO (ZV)		Soporte Móvil (M)	Soporte Fijo (f)
	SIN banda poliuretano rojo (TN) Sin cojinete	ZV-TN-M 2-0235	ZV-TN-F 2-0236
	CON Banda poliuretano rojo (PO) Con cojinete	ZV-PO-M 2-2899	ZV-PO-F 2-2902

Tabla 4. Nomenclatura modelos CINCADOS.

Equivalencias de nomenclatura con el catálogo de Ruedas Alex con el fin de hacer algo más intuitivos los nombres de las referencias. También color correspondiente a cada lote.

ZN-TN-M → 2-0235
ZN-TN-F → 2-0236

ZN-PO-M → 2-2899
ZN-PO-F → 2-2902



Sin poliuretano

Código		Kg		Tipo cojinete Eje					
2-0235	80	130	34		105x80	86/80x60	8	110	77
2-2332	80	130	34		105x80	86/80x60	8	110	77
2-1001	100	150	34		105x80	86/80x60	8	131	91
2-2333	100	150	34		105x80	86/80x60	8	131	91
2-0237	100	200	34		106x86	86/80x60	8	133	95
2-2334	100	200	34		106x86	86/80x60	8	133	95
2-0239	125	250	35		106x86	86/80x60	8	155	107
2-2235	125	250	35		106x86	86/80x60	8	155	107
2-0241	150	350	45		140x110	110x84/98x66	10	192	128
2-0243	200	400	50		140x110	110x84/98x66	10	238	153

Código		Kg		Tipo cojinete Eje					
2-0236	80	130	34		107x86	80x60	8	110	-
2-2336	80	130	34		107x86	80x60	8	110	-
2-1004	100	150	34		107x86	80x60	8	131	-
2-2337	100	150	34		107x86	80x60	8	131	-
2-0238	100	200	34		107x86	80x60	8	133	-
2-2338	100	200	34		107x86	80x60	8	133	-
2-0240	125	250	35		107x86	80x60	8	155	-
2-2236	125	250	35		107x86	80x60	8	155	-
2-0242	150	350	45		136x116	110x84/98x66	10	192	-
2-0244	200	400	50		136x116	110x84/98x66	10	238	-

Tabla 5. Dimensiones soporte cincado sin banda poliuretano (Fuente: catálogo ruedas Alex).

Poliuretano

Código		Kg		Tipo cojinete Eje					
2-2354	80	100	32		105x80	86/80x60	8	110	77
2-2899	80	100	32		105x80	86/80x60	8	110	77
2-2355	100	130	32		105x80	86/80x60	8	131	91
2-2965	100	130	32		105x80	86/80x60	8	131	91
2-2356	100	150	32		106x86	86/80x60	8	133	95
2-2900	100	150	32		106x86	86/80x60	8	133	95
2-2357	125	200	32		106x86	86/80x60	8	155	107
2-2901	125	200	32		106x86	86/80x60	8	155	107
2-2358	150	250	42		140x110	110x84/98x66	10	192	128
2-3449	150	250	42		140x110	110x84/98x66	10	192	128
2-2359	200	300	50		140x110	110x84/98x66	10	238	153
2-3450	200	300	50		140x110	110x84/98x66	10	238	153

Código		Kg		Tipo cojinete Eje					
2-2360	80	100	32		107x86	80x60	8	110	-
2-2902	80	100	32		107x86	80x60	8	110	-
2-2361	100	130	32		107x86	80x60	8	131	-
2-2966	100	130	32		107x86	80x60	8	131	-
2-2362	100	150	32		107x86	80x60	8	133	-
2-2903	100	150	32		107x86	80x60	8	133	-
2-2363	125	200	32		107x86	80x60	8	155	-
2-2904	125	200	32		107x86	80x60	8	155	-
2-2364	150	250	42		136x116	110x84/98x66	10	192	-
2-3451	150	250	42		136x116	110x84/98x66	10	192	-
2-2365	200	300	50		136x116	110x84/98x66	10	238	-
2-3452	200	300	50		136x116	110x84/98x66	10	238	-

Tabla 6. Dimensiones soporte cincado con banda poliuretano (Fuente: catálogo ruedas Alex).



3.2 EL PUESTO DE MONTAJE INICIAL

El puesto de montaje es el lugar donde el trabajador ha desempeñado su trabajo hasta el momento.

Está compuesto por una mesa de hierro forjado de forma rectangular, de 200x100 centímetros, la cual dispone de otra superficie debajo de la primera que permite, en primera instancia, almacenar las cajas de cartón y el stock de componentes.

Los componentes están inicialmente colocados encima de la superficie superior en cajas azules, al igual que las herramientas, mientas que las cajas no ensambladas, y más cajas azules de componentes se encuentran en la superficie inferior

Este cuenta con la iluminación artificial suficiente para desempeñar la labor de montaje dentro de los límites que marca la legislación.



Figura 15. El puesto de montaje



3.3 LOS PROCESOS INICIALES

3.3.1 Dinámica diaria de trabajo en el puesto

La dinámica diaria que se pretende mejorar consiste en:

El trabajador dispone de cajas azules encima de la mesa de trabajo, llenas de los distintos componentes, cada día se le indica la cantidad de ruedas de cada modelo que ha de montar en las órdenes de fabricación recibidas desde oficina técnica de la empresa.

Desde ese momento es el trabajador el que decide cómo organizar su trabajo, montando los distintos modelos en el orden que crea pertinente a lo largo de la jornada laboral.

Cuando algún material de las cajas azules se le acaba o empieza a escasear, este recurre a las cajas azules de reserva que tiene en la parte inferior de la mesa, junto con las cajas donde empaquetará los productos acabados.

Si estas reservas de algún material se hubieran acabado o estuvieran escaseando, el trabajador se dirigirá al almacén, y le reclamara al responsable del mismo la cantidad que él considere de nuevos componentes, (que le serán proporcionados en cajas azules), y las colocará de nuevo en los lugares comentados.

Se repite el proceso anterior si la carencia se produce en las cajas de envasado del producto final.

Inicialmente, cuando el trabajador acaba su jornada, cesa en su labor y abandona el puesto de montaje, sin que exista ningún tipo de supervisión sobre el estado del mismo.



Sistema de control de tiempo empleado, y cantidad fabricada. BONOS DE FABRICACIÓN.

Este sistema será denominado bonos de fabricación, y consiste en:

Al comenzar el montaje del lote de cada modelo de ruedas, el trabajador introduce en un ordenador el modelo de rueda fabricada, la cantidad del lote, y su número de trabajador.

BONOS DE FABRICACIÓN inicio	
MODELO A FABRICAR:	
Cantidad teórica a fabricar:	Aceptar
Número de operario:	
Fecha: Jueves 4/5/2017 Hora 12:15	Tiempo 00:00 Pulse tab para desplazarse

Figura 16. Bono de inicio de montaje

Desde ese momento un cronómetro comienza a contar tiempo, y este se detendrá cuando el trabajador introduzca de nuevo en el ordenador el número real de ruedas fabricadas de ese lote.



BONOS DE FABRICACIÓN		Fin
CANTIDAD REAL FABRICADA: 25		
Fecha: Jueves 4/5/2017	Tiempo 00:31	Finalizar
Hora 12:46	Pulse tab para desplazarse	

Figura 17. Bono de fin de montaje

Independientemente de que el número teórico de ruedas a montar y el número real montado coincidan, el tiempo se detendrá.

Todos estos datos son compartidos en tiempo real y se pueden consultar desde oficina técnica en cualquier momento, existiendo así un control sobre el montaje.

Si existiera alguna incidencia que impidiera cumplir la cantidad teórica a montar como por ejemplo la falta de piezas, detección de componentes en mal estado, o descuido a la hora de incluir los datos en el soporte informático, el trabajador lo hará constar por escrito en el **parte de incidencias**, que será recogido diariamente por el encargado de calidad.

Por su simplicidad y efectividad, este sistema se continuará usando después de implantar las mejoras LEAN, pero únicamente al inicio de cada lote.

Esto hará que no sea necesario el cierre del bono de fabricación si se completó el lote sin ninguna incidencia.

- En caso de que el trabajador *no haya cumplido objetivos*, la cantidad que resta por fabricar, será acumulada a la cantidad de las órdenes de fabricación del día sucesivo.
- En caso de que el trabajador *logre cumplir los objetivos* diarios, este comenzará a montar ruedas con soporte fijo y bicromatizada CON AMBOS TIPOS DE RUEDA (TV- TN PO -F) para stock, ya que son con gran diferencia las más demandadas por los clientes.



Pasos para el montaje de las distintas ruedas

En el proceso de montaje hay que hacer distinción entre soportes fijos y móviles, ya que el procedimiento varía ligeramente de un tipo a otro.

Montaje rueda con soporte fijo

El proceso de montaje de ruedas con **soporte fijo** es el siguiente:

- 1) Se introducen los datos pertinentes en el sistema informático de control (BONOS DE FABRICACIÓN).

BONOS DE FABRICACIÓN inicio	
MODELO A FABRICAR:	
Cantidad teórica a fabricar:	Aceptar
Número de operario:	
Fecha: Jueves 4/5/2017 Hora 12:15	Tiempo 00:00 Pulse tab para desplazarse

- 2) El trabajador coge un **soporte** fijo, bien bicromatizado, o bien cincado, una **rueda** ya sea con o sin banda de poliuretano, y, un **perno** y una **tuerca**, **cojinete liso** o **casquillo** y **cojinete de rodillos** (en el caso de que se trate de una rueda con capacidad de albergarlo).

Todas estas piezas son cogidas de una en una.



Figura 18. Trabajador tomando las piezas

- 3) Aplica grasa en la zona de fricción de la rueda con la ayuda de un pincel, y aplica la misma grasa de forma más generosa en el cojinete (si lo hubiera).



Figura 19. Trabajador con pincel engrasado



- 4) Monta casquillo y (cojinete), e introduce perno y tuerca girando esta con la mano hasta presentarla.



Figura 20. Trabajador introduciendo perno

- 5) Toma las llaves inglesas del número 14 y realiza el apriete de las mismas con una llave en contrasentido a la otra o fijando un lado con el tornillo de banco (a elección del trabajador).



Figura 21. Sujeción mediante tornillo de banco.



Figura 22. Tornillo de banco

- 6) Al finalizar el proceso, se finaliza el bono de fabricación abierto, el trabajador coge una caja de envasado de la parte inferior de la mesa, la pliega y la fija con la ayuda de la cinta adhesiva.

BONOS DE FABRICACIÓN		Fin
CANTIDAD REAL FABRICADA: 25		
Fecha: Jueves 4/5/2017	Tiempo 00:31	Finalizar
Hora 12:46	Pulse tab para desplazarse	

TIEMPO

TOTAL: 51 Seg



Figura 23. Trabajador tomando y conformando caja de envasado.



Figura 24. Trabajador envasando producto final.

Introduce el producto acabado en ella sin ningún tipo de control de calidad previo aparte de su propia experiencia como montador, y cierra la caja de nuevo con la cinta adhesiva.

-A partir de aquí, el proceso no lo realiza el mismo trabajador-

Se deja esta caja dentro de una caja más grande, que al estar llena se traspasará a un palé de carga.



Una vez completo el palé, se embala el mismo girando sobre él un rollo de film plástico de embalaje de forma manual.

Los palés se cargan con la ayuda de una carretilla elevadora, todos a la vez cuando llega el tráiler, camión o furgoneta que va a realizar el envío al cliente final.

Antes de que esto ocurra, los palés completos se acumulan alrededor del puesto de montaje.

Montaje rueda con soporte móvil

El proceso de montaje de este tipo de ruedas difiere en el anterior en que, dado que el soporte es móvil, no es posible realizar el apriete del perno y tuerca de manera sencilla, por ello, el tiempo empleado será algo mayor.

El resto del proceso es similar.

Posteriormente se llevarán a cabo las mismas técnicas y otras más complejas en otras áreas.

Finalmente, será necesario un sistema interno de auditoría para velar por el cumplimiento y la mejora en el tiempo.



3.4 ASPECTOS DONDE SE APRECIA UNA POSIBLE MEJORA

3.4.1 Análisis del desperdicio

El Lean Manufacturing propugna un cambio radical cultural. Este cambio consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de valor añadido y despilfarro. (EOI, 2014)

En nuestro caso se encuentran varios problemas tanto en la rutina diaria como en el proceso.

Algunas de ellas incurren en **despilfarros** que el lean manufacturing contempla.

Estos son:

- **Despilfarros por (A) defectos, rechazos, y reprocesos.**
- **Despilfarro por (B) sobreproducción y por exceso de almacenamiento.**
- **Despilfarro por (C) movimientos innecesarios y por transporte.**
- **Despilfarro por (D) tiempo de espera.**

Bajo esta premisa, y analizado las operaciones que no aportan valor añadido al producto final tanto en la rutina diaria del montador como en el propio proceso de montaje, encontramos:

Rutina diaria:

I) **Mala organización del trabajo.**

Es el trabajador el que debe organizar su trabajo sin que se le haya dado ningún tipo de indicación de cómo hacerlo, perdiendo por tanto más tiempo al tener que tomar él mismo decisiones que marcaran el transcurso de toda su jornada laboral.

II) **Mala previsión de las necesidades diarias**

Es el trabajador el que debe darse cuenta de las carencias de componentes y desplazarse hasta el almacén, con la consiguiente pérdida de tiempo en el proceso.



III) Despilfarro por (A) defectos, rechazos, y reprocesos.

Si se detecta algún fallo por parte del supervisor a simple vista, el trabajador ha de reprocesar el producto teniendo en ocasiones que volver a desmontarlo por completo.

Esto es debido a que el trabajador del puesto no realiza ningún tipo de inspección o control de calidad al producto acabado ni de los componentes que lo forman antes de montarlos.

Además tampoco existen controles de calidad previos al montaje en procesos anteriores donde se puedan detectar y corregir posibles deficiencias.

Esto supone una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado de forma adecuada el proceso productivo la primera vez.

Lo ideal sería que los procesos productivos estuvieran diseñados a prueba de errores, pero esto es casi imposible.

IV) Despilfarro por (B) sobreproducción y por exceso de almacenamiento.

En caso de que el trabajador cumpla objetivos, este se dedicará a fabricar para stock, y además se trabaja con un stock mínimo de cada producto para poder atender la demanda, que solo consigue retrasar más el plazo de entrega y crear cuellos de botella innecesarios en toda la factoría, lo cual es un error según dictan los principios del lean.

Se trata de un sistema de empuje puro o “push” donde la producción no está nivelada.

El almacenamiento de productos presenta la forma de despilfarro más clara porque esconde ineficiencias y problemas crónicos.

En un principio el método que se seguía consistía en ir fabricando lotes, y cesar y cambiar a otro lote cuando se requería algún producto finalizado distinto al que en ese momento se estaba montado.

Más tarde, se pasó a agrupar los lotes e ir dejándolos en cola detrás del actual, pero fijando un número concreto de cada lote basando en el consumo medio de periodos pasados.

Este método supone un problema, porque hay que esperar para obtener un tipo de producto acabado en cola más de lo aceptable, y los datos en los que se basa para el cálculo de la demanda son meramente aproximados y en ocasiones pueden alejarse demasiado de la realidad.



Proceso:

V) Despilfarro por (C) movimientos innecesarios y por transporte.

El trabajador realiza varios movimientos innecesarios a causa de una mala distribución del trabajo, una mala disposición de los componentes y de cómo estos se recogen del puesto de trabajo al existir una falta de orden lógico.

El trabajador no tiene pautadas las cantidades que ha de coger del almacén, ni nada que le avise de cuándo debe hacerlo.

Esto supone la consiguiente pérdida de tiempo en el desplazamiento hacia el almacén y en la reorganización de las piezas recogidas.

El trabajador mueve una y otra vez el producto acabado almacenado para acceder a otros objetos. (El stock provoca otros despilfarros).

Además este proceso se repite varias veces durante la jornada.

Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin espera.

VI) Proceso de trabajo no estandarizado.

El engrasado de cada rueda una a una resulta ineficiente al tener que coger y dejar el pincel de engrasado varias veces.

Se observa que en ocasiones el trabajador aplica dos veces el lubricante de forma involuntaria por no llevar un orden en las tareas a realizar. (Falta de estandarización en el proceso).

Además este proceso realizado sin cuidado supone un problema para la limpieza, así como para la seguridad en el puesto de montaje.

VII) Falta de automatización del proceso.

El proceso de apriete de tuerca y perno resulta algo lento al no usarse ningún tipo de herramienta automatizada en él y tener que usarse dos llaves de forma simultánea o incluso el tornillo de banco para evitar el giro solidario perno-tuerca durante el apriete.



VIII) Ineficiencias en el envasado del producto final.

En el plegado de las cajas se ve necesario otra forma de aplicación de la cinta adhesiva, ya que con la actual, el mal acabado del envase y las pérdidas de tiempo e incluso de envases al ser rechazados estos por una mala aplicación de la cinta, supone un gran desperdicio.

El embalaje en film plástico de las cajas sobre los palés se realiza de forma manual haciendo que el operario pierda tiempo rodeando varias veces el palé y desperdicie film plástico al ser aplicado este inevitablemente de forma irregular por el perímetro del palé.

Carencia de herramientas adecuadas y mal uso de los materiales disponibles.

IX) Despilfarro por tiempo de espera (D).

Al ser un sistema de empuje o “push” el trabajo acabado en fase se manda a la siguiente sin reparar en si esta está o no saturada, ya que no hay ningún tipo de sistema **kanban** que regule la producción.

Esto genera cuellos de botella en algunas áreas y tiempos de espera sin cargas de trabajo en otras.

Los palés ya encintados acumulados alrededor comprometen la seguridad y movilidad del trabajador de montaje en su puesto de trabajo.

Esto también genera movimientos y transportes innecesarios.

Se traduce en tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente.

Lo ideal sería que la mercancía saliera casi de forma instantánea hacia el cliente, y que el sistema estuviese regulado de tal forma que no se generasen cuellos de botella a lo largo de toda la factoría.

X) Paking no adecuado.

También se observa que estas cajas tienen unas dimensiones inadecuadas, que hacen que cualquier producto final no pueda ser albergado de forma correcta por faltar longitud y sobrar demasiado volumen dentro.

El espacio sobrante tampoco permite albergar dos productos finales en una sola caja.

Esto compromete la cantidad que se puede transportar de una sola vez haciendo muy ineficiente el proceso.



4 APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING

4.1 PASOS IMPLANTACIÓN LEAN

La implantación del Lean manufacturing no es una tarea trivial, ya que requiere esfuerzo e implicación por parte de todos los niveles jerárquicos de la empresa desde el primer momento.

La implantación de un Sistema Lean es un proceso de cambio, que supone romper con el pensamiento tradicional que se tenía hasta el momento, y no solo por parte de la dirección. Esto quiere decir que hasta el último trabajador debe creer y querer aplicar el método.

Se hace necesario tener una hoja de ruta para su aplicación, centrándose en objetivos realistas a corto plazo aplicando técnicas sencillas de lean, de forma secuencial y adaptándose a la realidad.

Primero es necesario conocer el estado y el funcionamiento del sistema y dar una formación inicial a las personas que vayan a participar en el proyecto de lanzamiento.

Se ha de definir lo que se pretende conseguir, los plazos para hacerlo y el área que inicialmente va a ser afectada por una primera implantación.

Al principio, se centrarán todos los esfuerzos en este primer área piloto, dotándola de personal técnico y de mantenimiento, y vigilando y organizando los progresos con reuniones frecuentes entre el equipo de implantación, la directiva y las personas responsables de la producción.

Es lógico comenzar implantando el lean por técnicas que modifiquen las formas de trabajo, ya sea mejorando las condiciones, o reduciendo tiempos de preparación. 5S y SMED.

Con esto conseguiremos una mejora rápida de forma sencilla, que da confianza a los trabajadores involucrados en el área piloto acerca del lean y su efectividad.



4.2 MEJORAS APLICADAS

Rotación ágil de lotes. Solución a I) y II)

Para solucionar tanto I) **la mala organización de trabajo** como II) **la mala previsión de las necesidades diarias**, se implantará un método basado en agrupar órdenes de fabricación desde oficina técnica en lotes, y cambiar el lote que se está fabricando muy frecuentemente, haciendo pequeñas tiradas de cada uno, para que en todo momento existan en un periodo de tiempo aceptable productos acabados de todos los modelos.

Este método consiste en montar los distintos lotes en función de la demanda de cada uno, y teniendo en cuenta los pedidos de clientes recibidos durante todo el día anterior.

Con todos estos datos, la demanda total es agrupada en lotes formados por pequeñas cantidades de un mismo modelo de producto.

Un lote estará compuesto únicamente por un modelo de producto de los 8 disponibles.

Se diferenciarán los lotes (modelos) por colores asignados a cada uno atendiendo a su referencia entre las 8 existentes.

Estos lotes en ningún caso dejarán ningún pedido de ese día sin completar, además el trabajo del puesto de montaje ya no tendrá que ir al almacén a aprovisionar las órdenes, ya que los materiales necesarios para montar los lotes le serán proporcionados en cantidades exactas.

Esta práctica en el argot del lean manufacturing se conoce como **heijunka**

De acuerdo con (EOI, 2014), **heijunka** es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo.

Esta técnica engloba los siguientes aspectos:

- Usar **células de trabajo**.
- **Flujo continuo pieza a pieza**.
- Producir respecto al **Takt time** (tiempo de ritmo).
- **Nivelar el mix y el volumen de producción**.

En nuestro caso, ya que principalmente nos centramos únicamente en el puesto de montaje, y no del resto de la producción omitiremos el uso de células de trabajo.



No obstante comentamos brevemente en qué consiste:

CELULAS DE TRABAJO.

El uso de células de trabajo es una práctica que consiste en distribuir los distintos puestos de la fábrica en función de la producción.

Se colocarán cerca unas de otras las secciones que intercambien productos semielaborados entre sí, y se realizarán grupos de máquinas cercanas e incluso interconectadas según las necesidades del producto.

FLUJO CONTINUO PIEZA A PIEZA.

El flujo continuo pieza a pieza en este caso solo se aplica aguas abajo del puesto de montaje, por razones similares a las de las células de trabajo.

Consiste en que hay que asegurar que aguas arriba nunca se produzca más de lo que se demanda aguas abajo para no incurrir en despilfarros de sobre producción.

El hecho de agrupar la demanda en lotes, y posteriormente envasarla según los pedidos existentes con la ayuda de los carriles que diferencian cada producto, permite un flujo continuo entre nuestro puesto de montaje y el envasado del producto.

TAKT TIME.

El takt time es el ritmo que se impone a la línea de producción, para que todos los pedidos sean cubiertos, pero que no se incurra en una sobreproducción, o en carencias de producto.

Se calcula dividiendo el tiempo hábil de trabajo, entre la demanda en ese mismo periodo de tiempo.

En nuestro se calculará cada día desde oficina técnica en función de la demanda del día anterior y para la jornada que va a comenzar.

Jornada de 8 horas a la que restaremos una hora por tiempo de descansos, tiempos improductivos, y otros imprevistos (Una jornada laboral nunca es 100% productiva en la práctica, y el hacer los cálculos en base a ello supone cometer un error haciendo que los datos sean poco realistas y estos puedan incluso desmotivar a los empleados por ver el takt time marcado como inalcanzable.



Dicho esto partimos de una jornada laboral de 7 horas productivas, $7 \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 = 420 \text{ minutos} \cdot 60 = 25200 \text{ seg}$.

Si la demanda total de ruedas de todos los modelos en los pedidos del día anterior es por ejemplo de 650 unidades.

$$\text{TAKT TIME} = \frac{25200 \text{ seg/jornada}}{650 \text{ ud/jornada}} = 38,8 \text{ sec/unidad}$$

Ecuación 1. Takt time del proceso.

Es el tiempo que se debe de emplear en el montaje de cada unidad, para cumplir con la cantidad demandada sin sobre producir, ni crear cuellos de botella aguas abajo del puesto de montaje.

*Se adaptará el tiempo a cada lote, ya que en los lotes con cojinete el tiempo es mayor que en los lotes que carecen de él.

Este dato se les hará saber a los trabajadores mediante un **cronómetro**, (cuenta hacia delante), colocado frente al puesto que indica el tiempo meta, y el tiempo actual empleado, y cuyos números se iluminaran en rojo una vez sobrepasado el tiempo meta.



Figura 25. Cronómetro con Takt time del proceso, tiempo real e indicador andon en parte superior. (Idealizado).



Figura 26. Monitor con Takt time del proceso, tiempo real e indicador andon en parte derecha (Reales en el puesto).

El cronometro se parará de forma automática una vez se deposite el producto final en los carriles aportando esto datos en tiempo real sobre la evolución del lote, y el tiempo empleado.

Este sistema deja obsoleto al de los bonos de fabricación, ya que el trabajador no deberá de cerrar el bono, el tiempo únicamente comenzara a correr al abrirlo, y se parará automáticamente al haber cumplido el objetivo del lote.

No obstante **se mantendrá el sistema de cierre de bonos, y se usará únicamente en caso de que algún lote no se pudiera completar** para indicar cantidad real y tiempo empleado.

Además el trabajador deberá de escribir en la tarjeta de color correspondiente a esa orden, (de la que se habla en el siguiente punto del heijunka), en el apartado de incidencias, las causas que le hicieron no completar la totalidad del lote.

Si el trabajador sobrepasa de forma consecutiva el takt time, un elemento luminoso situado en la parte superior del cronómetro se encenderá indicando al **encargado de zona** que ha de acudir al puesto a colaborar



simultáneamente en el montaje de algunos productos hasta que el déficit de tiempo se recupere.

De nuevo este elemento luminoso constituye la técnica **andon** del lean manufacturing, avisando mediante un indicador visual de una anomalía al encargado de zona par que este realice un acción correctiva.

Como inciso en este apartado, vemos en la figura del **encargado de zona** cómo de importante es que los empelados dominen varios procesos, (**Shojinka**) por si se les requiere en alguno de ellos como ayuda ante un cuello de botella.

Es muy importante el tener recursos tipo hombre que sean los más versátiles posibles para poder así equilibrar los empleados en cada estación según unas características dadas en la producción

NIVELAR EL MIX Y EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

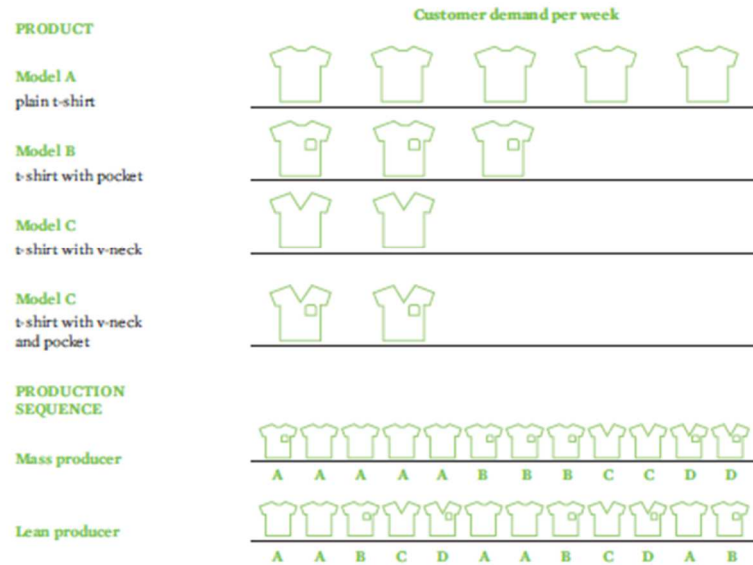
Producir en grandes lotes crea muchos problemas, ya que el tiempo que pasa desde que el último producto de un lote se finaliza, hasta que se comienza a fabricar de nuevo otro producto de ese mismo lote, es muy elevado, aumentando los tiempos y la capacidad de servir el producto en un plazo razonable al cliente.

La secuencia de montaje que se aplicará en el puesto será por lotes de ruedas alternando entre los distintos modelos.

A continuación se muestra una ilustración comparativa de la mass producer (arriba), o producción en masa frente al tipo de solución lean que se propone (abajo).



Nivelación del mix de producción



Fuente: Marchwinski et al., 2003.

Figura 27. Mass producer vs Lean producer

La forma más efectiva es realizar un mix o mezcla nivelada de los distintos lotes, alternándolos entre sí, en lugar de practicar la clásica producción en masa.

Nivelar el mix de producción significa producir en pequeños lotes, incrementando el número de cambios y manteniendo las variantes de componentes a disposición en la sección de montaje.

Si en el proceso de cambio de lote es necesario el cambio de herramientas, será conveniente aplicar técnicas **SMED** (Cambio rápido de herramientas).

Esta circunstancia no se da en nuestro puesto, ya que el cambio de herramientas entre lotes distintos es prácticamente nulo, y el cambio de componentes entre lotes no supone un problema, al ser estos preparados aguas arriba al puesto de montaje.

Los materiales necesarios para montar las ruedas de cada lote serán provisionados por el almacén en varios contenedores de plástico,

Los elementos para formar un lote estarán divididos en varios contenedores y se alternarán con más o menos frecuencia según sea este o no el lote mayoritario.



Si por ejemplo, la demanda diaria total de ruedas con banda de poliuretano con soporte móvil y bicromatizado a montar **TV-TN-M** es de 400 unidades, esto supondrá más del 60% de la producción diaria total (650 ud).

Este lote será el mayoritario, del que se monten más PITCH (pasos) seguidos, el que más frecuentemente se montará durante todos los cambios realizados a lo largo de la jornada.

Entre cambio y cambio de lote siempre se montarán **múltiplos de 15 unidades** que son las máximas que puede albergar el envase final. **TAMAÑO DE EMBALAJE.**

$$\text{PITCH} = \frac{\text{TAKT TIME}}{\text{TAMAÑO EMBALAJE}}$$

Ecuación 2. PITCH (paso).

Esto hace que el pitch (paso) de este lote sea **38,8** sec (takt time) * 15 unidades= **9,7 minutos.**

En resumen, cada N * 9,7 minutos se debería cambiar de lote, siendo N directamente proporcional a la demanda diaria de ese lote.

Se irán alternando los distintos lotes, hasta completar la cantidad total diaria requerida de cada uno.

Los contenedores que componen cada lote irán acompañados de tarjetas de colores donde se indicará el número de lote, el tipo de ruedas que lo componen, la cantidad de ruedas de este tipo a montar y las operaciones a seguir acompañadas del tiempo teórico estimado de cada una de ellas.



Figura 28. Ejemplo tarjeta fabricación lote violeta dentro de aprovisionamiento.

Estos tiempos son meramente orientativos y su suma, sin contar la apertura del bono de fabricación ha de ser igual al takt time.



Ejemplo de tarjeta montaje con tiempos orientativos del proceso 1.0:

OPERACIONES:	Tiempo unitario	OBSERVACIONES//INCIDENCIAS:
1) Abrir bono fabricación.....	00:15s	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 100%;"></div>
2) Recepción componetes aprovisionados	00:05s	
3) Engrasado de cojinete	00:04s	
4) Presentación cojinete tornillo y tuerca	00:15s	
5) Apriete	00:12s	
6) Cerrar bono de fabricación	00:02s	
7) Conformado de envase y envasado	00:20s	
8) Comprobación de bonos en oficina tecnica	*****	

Nº ORDEN: 012654 MODELO/ LOTE: TV-TN-M FECHA FINALIZACIÓN: 28/5/17 UNIDADES LOTE: 125

Tiempo total montaje: 111 minutos
Tiempo total lote : 153 minutos

FECHA FINALIZACIÓN: VTO BUENO JEFE DE PRODUCCIÓN:

Figura 29. ejemplo tarjeta lote color azul TIEMPOS ANTERIORES A LA MEJORA LEAN.

Cabe destacar que el costo del tiempo en el que el operario abre y cierra (si fuera necesario), el bono de fabricación será dividido automáticamente por el programa entre cada una de las ruedas que compongan el lote, ya que es necesario abrir y cerrar el bono de fabricación únicamente una vez por lote, y no en cada rueda a fabricar, lo cual no sería nada productivo.

El cronómetro comenzará a contar una vez introducido el bono del lote, y cada vez que se deposite una rueda acabada en su respectivo carril, por lo tanto el tiempo que se tarda en introducir el bono no es contabilizado pero está implícito en el cálculo del takt time.

Como ya se ha mencionado, cada lote (modelo) tendrá un color de tarjeta asignado.



Este método de las tarjetas de colores se denomina **kanban**.

El kanban es un sistema de control y programación sincronizada de la producción que esta normalmente basado en tarjetas.

Su fin es tirar de la producción pull en un flujo continuo, sincronizado, y por lotes.

El sistema se vale de tarjetas con diversa información, que sirven de canal de comunicación entre las distintas estaciones que forman parte del proceso.

Se contará además con otra persona que se encargue únicamente de envasar las ruedas, pero esta vez según los diferentes pedidos del cliente final.

Es por ello que en la tarjeta, la última operación de taller será el conformado de envase y envasado, (7).

Este tiempo aparece en la misma tarjeta, ya que el operario de montaje se la proporcionará al operario de envasado al finalizar cada uno de los lotes.

La cantidad de ruedas que ha de envasar para completar cada pedido, le serán indicadas a este segundo trabajador por medio de tarjetas tipo kanban distintas a las de montaje, ya que estas contienen información directamente de los pedidos de cliente con la cantidad exacta.

Este otro tipo de tarjetas le serán entregadas al trabajador en el puesto de envasado desde oficina técnica, y contendrán la cantidad de cada pedido

(El criterio de colores según modelo se mantiene, y las tarjetas de los pedidos compuestos por varios lotes serán de color gris para informar a la persona que envasa que ha de esperar a que estén disponibles productos acabados de más de un lote para poder completar el pedido.

Estas tarjetas le serán proporcionadas ordenadas por colores, y **en el mismo orden que se vayan a montar los lotes, y los pedidos que contengan mezclas de varios productos, permanecerán al final.**



Ejemplo de tarjeta envasado con los pedidos diarios divididos de un lote de forma fraccionada.

CANTIDAD DEL PEDIDO	CLIENTE	DESTINO	CHECK SI COMPLETO
50	WURTH	MADRID	✓
30	NODOSAFER	LA CORUÑA	
25	SUPERBOCK	OPORTO (POR)	
25	CICROSA	PALENCIA	
25	SIRO	PALENCIA	

TOTAL 155 UDS

Figura 30. Ejemplo tarjeta envasado color naranja del primer lote de este tipo en la jornada.

Este puesto de paking se encontrará contiguo al puesto de montaje, del que le llegará el producto final que deslizará (por gravedad) por los distintos carriles según el modelo de rueda.

Cada lote, que únicamente contiene un modelo de rueda, tendrá su propio carril, y los carriles de los lotes que no estén en ese momento en fabricación, permanecerán cerrados para evitar errores en la distribución del producto final por parte del montador.

Se pretende con esto crear un sistema parecido al que se utiliza en algunas cadenas de comida rápida desde cocina hasta el mostrador donde se atiende al cliente final.



Figura 31. ejemplo de carriles con producto acabado en cadena de comida rápida.



Figura 32. Carriles de colores en puesto (idealizado con solo dos carriles).

El objetivo de este sistema pull y de los carriles diferenciados es reducir el tiempo de espera existente desde que se acaba el último producto de un lote, hasta que el primer producto de ese mismo lote vuelve a estar disponible.

Los carriles además tendrán una luz del color del lote, y solo permanecerá abierto y con la luz encendida el carril del lote que se esté montando en cada momento.

El uso de dispositivos que avisen y den información al trabajador son denominados **Andon** por el lean manufacturing.

De acuerdo con (Pérez Velázquez, 2011).

Andon” es una palabra japonesa utilizada para referirse a los farolillos o lámparas forrados de papel que todos asociamos al folclore japonés”.

El Andon tiene la característica de emitir luz y por tanto resaltar un texto, diseño, imagen, etc.

Estos sistemas suelen utilizarse sobre todo para anunciar problemas como paradas de máquina, cuellos de botella en algún sector de la línea de producción, etc. Que sean vistos al instante por la persona que ha de ejecutar una acción para solventar el problema.

El modo más simple sería una señal luminosa que resaltara un texto o un color con un significado predefinido, en nuestro caso un cambio de proceder a la hora de depositar el producto determinado.

La persona que envasa, sobre todo al principio de la jornada, se encontrará con que solo dispone de un tipo de modelo que poder envasar.



En el caso de que este complete todas las cajas con los pedidos correspondientes a ese mismo lote, antes de que el lote que se esté montando cambie, y no pueda envasar más pedidos, por ser estos correspondientes a otro lote, o no pueda completarlos al ser estos una mezcla entre el lote actual y otros lotes, se dedicará a conformar cajas de cartón, hasta que el lote de montaje cambie de nuevo, y pueda continuar con su trabajo habitual.

Este es uno de los motivos por lo que no se mantendrán mucho tiempo en montaje los mismos lotes, aun así esta situación puede suceder, y hay que tenerla en cuenta para saber abordarla sin que suponga un problema que haga que parte de la cadena se quede parada. (Tiempos muertos).

Si esta situación se prolongara, aprovechando la versatilidad de los empleados, se trasladaría al operario a otro puesto como apoyo.

Técnicas de calidad. Solución a III)

La garantía de calidad es, según la Escuela de organización industrial, un pilar muy importante del lean manufacturing.

La calidad es el compromiso que adquieren todas las áreas de la empresa de realizar las cosas bien “a la primera”.

Conseguir este fin resulta imposible sin la aplicación de **técnicas de calidad** que aseguren la conformidad de las especificaciones dadas en todas las unidades producidas.

Los despilfarros por (A) rechazos, defectos y reprocesos son muy comunes en la industria, y son en general de los despilfarros más aceptados a pesar de que generan grandes pérdidas de productividad, ya que conllevan la realización de trabajo extra ya sea para inspeccionar detectar evaluar rechazar y reciclar, o para reparar o reprocesar.

Todo ese tiempo dedicado a labores no previstas que encarecen el coste real de fabricación, se podría emplear en la realización de más productos.

Esto supone una gran pérdida de eficiencia en el proceso.

Lo ideal en materia de calidad según el lean manufacturing, tal y como dice EOI, sería que los procesos productivos estuviesen diseñados a prueba de fallos, esto haría que el producto final fuera de la calidad exigida, sin requerir ningún reproceso ni inspección.



Para identificar y corregir defectos se aplicara el **método PDCA**.

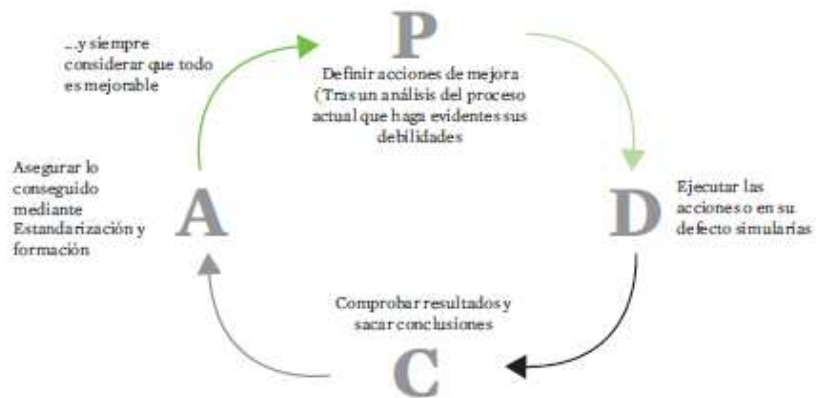


Figura.33 Círculo de Deming.

Consiste en:

- Planificar
- Ejecutar
- Verificar
- Actuar

Son los pasos para un objetivo de MEJORA CONTÍNUA.

En el proceso en particular:

- Se diagnosticaran y cuantificarán los errores.
- Se definirá una cifra como objetivo de reducción de errores.
- Se definirán los métodos para reducirlos.
- Se podrán en práctica estos métodos.
- Se analizaran los resultados.

En caso de cumplir los objetivos, se estandarizarán los métodos usados para que estos siempre sean cumplidos.

De no ser así, se volverá a comenzar el ciclo.

La existencia de un control de calidad en tiempo real conseguiría que los errores se detectasen inmediatamente donde se producen, evitando así que cualquier tipo de falla siga avanzando por la línea de producción, lo cual lleva asociado un elevado coste, que aumenta a medida que el producto defectuoso avanza por la línea de producción.



Lo cual minimiza también las inspecciones adicionales y la repetición de trabajos.

Se aplicarán técnicas de calidad lean para intentar reducir estos despilfarros.

Chequeos de autocontrol.

Los chequeos de autocontrol resultan muy útiles, sobre todo cuando no es posible diseñar mecanismos anti error en el proceso que garanticen una tasa casi nula de defectos.

Los chequeos se basan en que cada operario realice una inspección de su tarea, aunque a veces es difícil ser críticos con el trabajo realizado por uno mismo.

Por ello, la colocación de varios chequeos consecutivos reduce altamente la tasa de errores final.

Este método se basa casi por completo en la inspección visual.

Para su implantación es muy importante una correcta información de los trabajadores con ejemplos de piezas admisibles.

Una buena práctica consiste en dejar en el puesto donde se vaya a realizar el control visual una pieza admisible y una pieza no válida, para que el operario tenga una referencia con la que comparar su trabajo y un criterio para juzgarlo.



Figura. 34. Trabajador con dudas durante inspección visual (fuente: Measuring Konica Minolta)



PDCA

Diagnóstico y cuantificación de errores.

En nuestro proceso apreciamos 2 tipos de errores

1) No montar cojinete en ruedas con capacidad para albergarlo.

Es un fallo que realiza el trabajador en el propio puesto de montaje
Es un fallo reversible donde no se desecha ningún material, pero requiere tiempo de reproceso consistente en desmontar la rueda, colocar el cojinete y volver a montar.

Esta tasa de fallos es de 1 pieza por cada 100 piezas montadas.

2) También encontramos fallos en las medidas entre taladros de los soportes.

Este es un fallo que viene aguas arriba de la producción.
Se produce por hacer los taladros con poca precisión en el soporte, de tal forma que las cotas entre centros de los taladros no se ajustan a las del catálogo.

Es un fallo donde la pieza taladrada se ha de desechar, esto supone un gran despilfarro de materiales que reduce el margen de beneficios de la organización.

La tasa de fallos de este tipo es de 1 soporte de cada 250 aproximadamente.

Definir cifra de reducción de errores como objetivo.

Deseamos reducir el primer error que concierne al rodamiento a una tasa de 1 de cada mil piezas montadas.

Asimismo se desea reducir el error de los taladros a una tasa de 1 de cada 1500 piezas, ya que es un fallo que se desea erradicar, por ser muy perjudicial.

Métodos para reducir errores detectados.

Para reducir el primer error relacionado con el cojinete

- ✓ Se propone que el propio trabajador realice un control visual después de finalizar cada unidad.
- ✓ También deberá apoyar el producto por la parte de la rueda sobre la superficie de trabajo y ejercer una ligera presión hacia abajo, de tal forma que si una rueda tiene movimiento relativo respecto al soporte, es indicativo de que falta un cojinete por montar.

Ante esta situación, el trabajador corregirá el error de inmediato.



Para reducir el segundo error relacionado con los taladros, se propone la misma solución del tipo poka-yoke en el puesto.

Poka-yoke es la designación japonesa de los mecanismos anti error englobados en el **jidoka** del lean manufacturing.

Se trata de mecanismos o dispositivos que se caracterizan por su simplicidad, y tienen como finalidad detectar errores y evitar que piezas que los contengan pasen a sucesivas fases de la producción.

El diseño de un poka-yoke debe partir de la base de que han de ser baratos, duraderos, prácticos, de fácil mantenimiento, ingeniosos y, preferiblemente, diseñados por los operarios.

Esta solución, en el caso que se aborda, consistirá en colocar sobre la superficie de trabajo en el lado izquierdo, que es por donde entra el material, unos tubos salientes dispuestos a la medida de los agujeros del soporte.

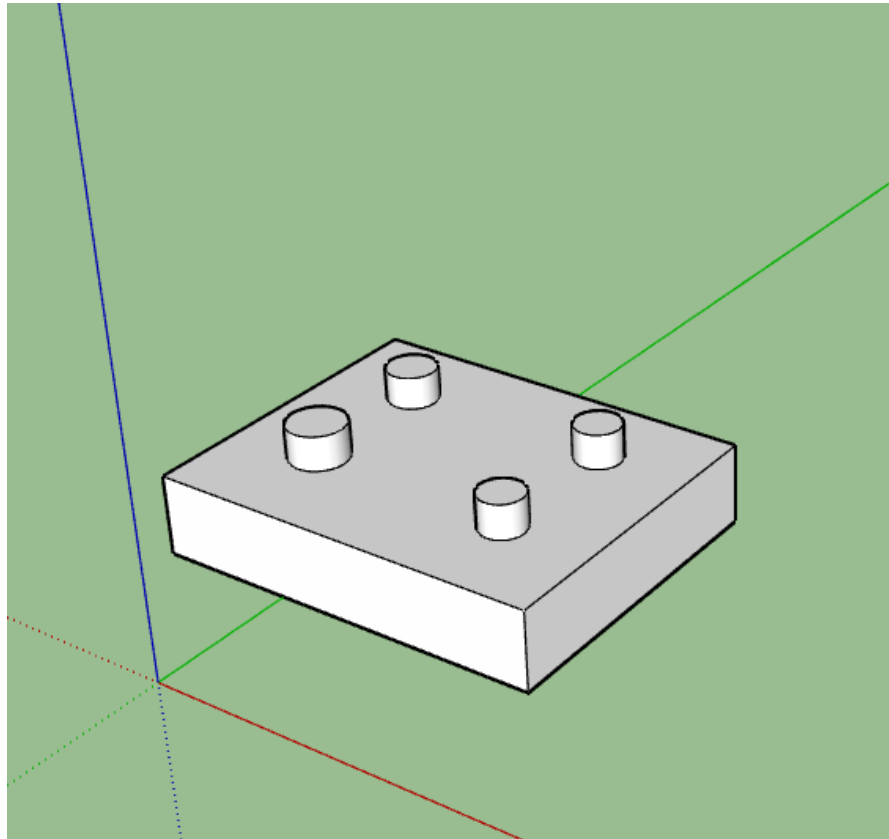


Figura.35. Diseño tridimensional del Poka yoke. (Elaboración propia).



Figura.36. Prototipo del Poka yoke. (Elaboración propia).

El trabajador deberá tomar el soporte y encajarlo en el poka-yoke, si este no encaja en el mismo, el trabajador deberá advertir del error su supervisor, y no continuar usando esa pieza.

Como las piezas de los contenedores vienen en la cantidad exacta, en estos casos el trabajador deberá de aprovisionarse de las piezas de “emergencia” de las que dispone en la parte baja del puesto de montaje.

Se estudiarán los resultados de las medidas propuestas mediante toma de datos y estudio de los mismos a través de indicadores que se ampliarán en el apartado RESULTADOS, y se seguirán buscando reducir los errores a cifras más ambiciosas hasta casi conseguir la tasa cero de errores, y será entonces cuando se proceda a estandarizar el proceso.



Just in time. Solución a IV)

Los despilfarros por (B) sobreproducción y por exceso de almacenamiento son dos tipos de despilfarros que suelen pasar desapercibidos según [], ya que dan la falsa sensación de normalidad; además ambos están estrechamente relacionados, ya que el primero desemboca en el segundo.

En el caso de la sobreproducción, se está invirtiendo tiempo en producir algo que no se necesita, por lo tanto, sobre produciendo se incurre en un consumo inútil de material, que además conduce a transportes y movimientos internos, y a un exceso de almacenamiento.

La sobreproducción puede estar ocultando un sobredimensionamiento en la capacidad de las máquinas de una factoría.

Como solución al sobre montaje, en nuestro caso, ya se propuso el **trabajar únicamente bajo órdenes de fabricación** que a su vez derivan directamente de los pedidos que realizan los clientes finales. Se trata de un sistema **Just in time (JIT)** a nivel de la producción, que tiene la finalidad de reducir stocks intermedios (piezas paradas esperando a que se les realice la siguiente operación), y de almacén (productos acabados esperando a ser vendidos).

Según Companys y Fonollosa el método JIT busca producir lo que se necesita exactamente, en el instante preciso y con una calidad perfecta, se trata de un objetivo ambicioso, que a pesar de no poder ser conseguido nunca por completo, ha de perseguirse constantemente para obtener mejoras continuas.

Se traslada este método también al resto de la línea de producción, de tal forma que solo se fabrica lo que se necesita, y mediante un sistema pull tirando de la línea de producción, en el puesto de montaje solo se monta lo que previamente se ha fabricado, ya que **los materiales del producto que se realizan en fábrica**, con este método, **pasan directamente de la última estación al puesto de montaje sin necesidad de almacenar nada** que posteriormente haya que aprovisionar.

Esto una solución al exceso de almacenamiento de material de manufacturación propia, además no se incurre en despilfarros por transporte interno.

También, como se mencionó anteriormente con respecto al operario de montaje, se propone como solución en caso de que existan valles de trabajo en algunos puestos, la polivalencia de los empleados que les permite rotar a otros puestos más saturados que el suyo para servir de apoyo, nivelando así la mano de obra.



Esta técnica se denomina **shojinka**, como se dijo anteriormente.

En cuanto al exceso de almacenamiento de componentes de nuestro producto que se adquieren del exterior, la solución consistirá en aplicar un sistema Just in time (JIT) con los proveedores.

De acuerdo con Ortiz, se puede distinguir entre **tres tipos de proveedor**, aun siguiendo todos ellos el método de entrega Just in time (JIT), justo a tiempo.

- a) **Proveedor JIT.**
- b) **Proveedor en secuencia.**
- c) **Proveedor sincronizado.**

El **proveedor JIT** aprovisiona la cantidad pedida en el momento adecuado.

El **proveedor en secuencia**, además de realizar lo anterior, aprovisiona los materiales en el orden en el que se vayan a usar.

El **proveedor Sincronizado**, además de reunir las características de los dos anteriores, aprovisiona el material en el lugar exacto donde se va a utilizar.

Basándonos en el sistema de organización mediante ordenes de fabricación, para nuestro puesto de montaje encajaría el perfil de proveedores JIT, ya que para valerse de los beneficios de proveedores en secuencia o sincronizados, se necesitaría conocer la totalidad de los pedidos de los clientes y cómo se van a distribuir en lotes con más antelación.

Como contra, con proveedores JIT, es necesario disponer de mano de obra que recepciones y aprovisiona los materiales externos que los proveedores JIT suministran.

Cabe destacar que sería adecuada la implantación de un sistema de entregas radial.

Para reducir el coste de enviar volúmenes más pequeños se puede utilizar un sistema eslabonado. Los proveedores se turnan para hacer las entregas a la fábrica, pasando por otros proveedores en el camino.

Esto requiere de cierta organización, pero aporta grandes beneficios.

Los proveedores de grandes volúmenes pueden seguir entregando directamente a fábrica mientras la cantidad transportada lo justifique.



Este tipo de agrupación de pequeños proveedores se muestra en la siguiente figura:

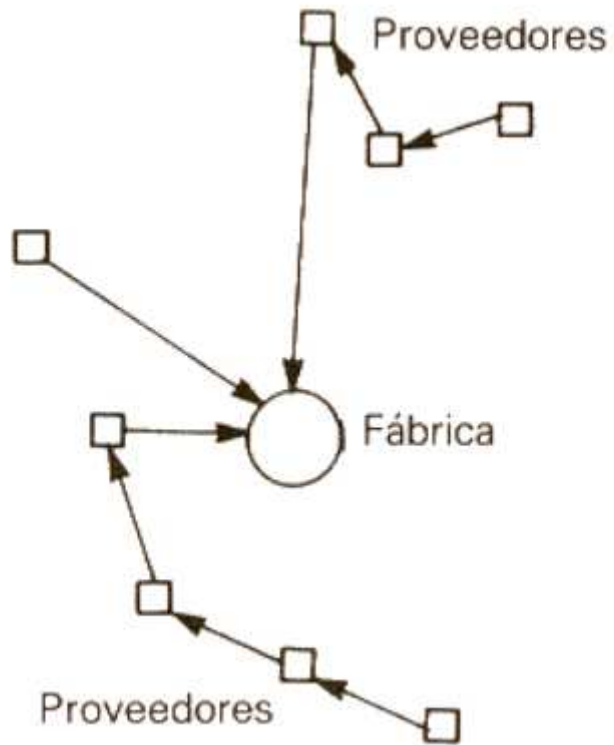


Figura.37. Agrupación de pequeños proveedores para sus entregas a fábrica.



5S. Solución a V)

Existen despilfarros por (C) movimientos innecesarios y por transporte en el proceso de montaje.

En cuanto a los movimientos innecesarios, se observa que el trabajador a la hora de buscar y coger las piezas necesarias para montar según qué tipo de rueda, hace varios movimientos que se podrían evitar con cierta organización en el puesto y en la forma de operar.

Para tratar de buscar esa organización, aplicaremos la técnica lean de **las 5 s**.

Tal y como explica la EOI, las 5 s consiste en una aplicación sistemática de principios de limpieza y orden en el puesto de trabajo.

Su nombre proviene de 5 palabras japonesas en las que se basa el método, ya que todas ellas comienzan por la letra “s”.

Estas son:

- **Seiri** → Eliminar lo innecesario
- **Seiton** → Ordenar
- **Seiso** → Limpieza e inspección
- **Seiketsu** → Estandarizar
- **Shitsuke** → Disciplina (crear hábito)

Esta herramienta es muy sencilla y se basa en el sentido común.

Su aplicación logra resultados satisfactorios a muy corto plazo sin ser necesario ningún conocimiento previo concreto y con una muy baja inversión.

Lo importante de estos resultados es que son visibles, y las grandes ventajas que derivan de la aplicación del método sirven como feedback positivo para los trabajadores, motivándoles a aplicar futuras técnicas y mantener estas y creando una sensación positiva hacia su puesto de trabajo.

Por estas cualidades es por las que la técnica de las 5s es una de los primeros pasos a aplicar en cualquier empresa que desee mejorar su manera de proceder mediante LEAN MANUFACTURING.



Seiri -Eliminar lo innecesario-

Lo primero en el puesto de montaje será Eliminar lo innecesario.

Tras una inspección visual del proceso de montaje, se observa que los materiales sobre la mesa de trabajo, en cajas azules dificultan los movimientos, eliminan espacio de trabajo y generan dudas sobre cuál es la siguiente pieza innecesaria.



Figura.38 Materiales sobre superficie de trabajo (Estado inicial)

Pasamos a eliminar todos los materiales de encima del puesto.

Estos vendrán en la cantidad justa en cajas de plástico por medio de los rodillos desde la izquierda o desde estanterías en el puesto.

Solo se dejaron debajo del puesto de trabajo algunos componentes de sobra por si se aprovisiona alguno que no cumple el control de calidad mediante el poka yoke o inspección visual del trabajador.

También se prescindirá del tornillo de banco que resulta innecesario y muy voluminoso. **Seiri (eliminar).**



A continuación se muestran las tarjetas rojas que se deberán de rellenar con cada material eliminado del puesto usando como ejemplo el tornillo de banco.

NOMBRE DEL ARTÍCULO:	Tornillo de banco	
CATEGORÍA:	1. MÁQUINA 2. UTILLAJE 3. MAT PRIMA 4. PRODUCTO SEMIACABADO 5. PRODUCTO FINAL	6. EQUIPO DE MEDIDA 7. MAT DE LIMPIEZA 8. MAT OFICINA 9. OTROS
SITUACIÓN EN EL PUESTO:	En el extremo inferior izquierdo de la mesa	
CANTIDAD:	1	
RAZÓN DESECHO:	Se sustituye por herramientas automatizadas Es muy voluminoso	
FORMA DE DESECHO:	Venta (consultar en dpto ventas)	
REALIZADO POR:	____ Luis Marcos O. Técnica _____	EL DÍA ____ 4/4/2017 _____
DESECHADO POR:	_____	EL DÍA _____

Figura.39. Tarjeta roja Seiri elementos inútiles.

Seiton –Ordenar-

Lo siguiente será ordenar todo lo que aún permanece en el puesto de trabajo o lo que va a ser itinerante en él.

La filosofía del seiton se basa según la EOI en la siguiente frase: "cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa".

Se ordena bajo un criterio funcional, no estético.

Es importante separar el área de trabajo y manipulación del área donde se depositan las piezas que están a la espera de ser montadas al receptionarlas.

En este caso se pretende que en el puesto de trabajo únicamente esté siempre la herramienta Lean de control de calidad poka yoke a la izquierda del puesto y fija a la superficie de trabajo, de tal forma que lo primero que el trabajador haga al receptionar el soporte desde los rodillos sea comprobar si este es o no apto.



También se dispone la llave inglesa a la derecha* del trabajador, la cual usará para apretar la tuerca que une una rueda con soporte en cada modelo.

Esta herramienta también se encontrará permanentemente en el puesto, y se colocará lejos del borde de la superficie de trabajo con el fin de evitar caídas de objetos a los pies de los trabajadores.

*Si el trabajador fuera zurdo y así lo prefiriera, esta se colocará a la izquierda, al lado del poka yoke.

Se sustituye el pincel para aplicar grasa por un **engrasador** más limpio y preciso, que evita el desperdicio del lubricante, y a suciedad alrededor del pincel.



Figura 40. Engrasador manual.

No obstante, será necesario rellenarlo de forma periódica.

Existe un recipiente de lubricante con el que rellenar el engrasador, que estará sujeto por un soporte de tal forma que todo el conjunto quede en voladizo.

Los componentes de cada lote son objetos itinerantes, es decir, solo permanecen en el puesto una determinada cantidad de tiempo, en este caso, mientras el trabajador monta el producto.

Se pretende que estos se recepcionen y se coloquen en la parte alta de la superficie de trabajo en unas estanterías conformadas por perfiles metálicos y enfrente del trabajador, ordenados en línea uno tras otro.

Esta colocación se ampliará en el punto 6.3.5



El puesto de montaje quedaría de la siguiente manera:

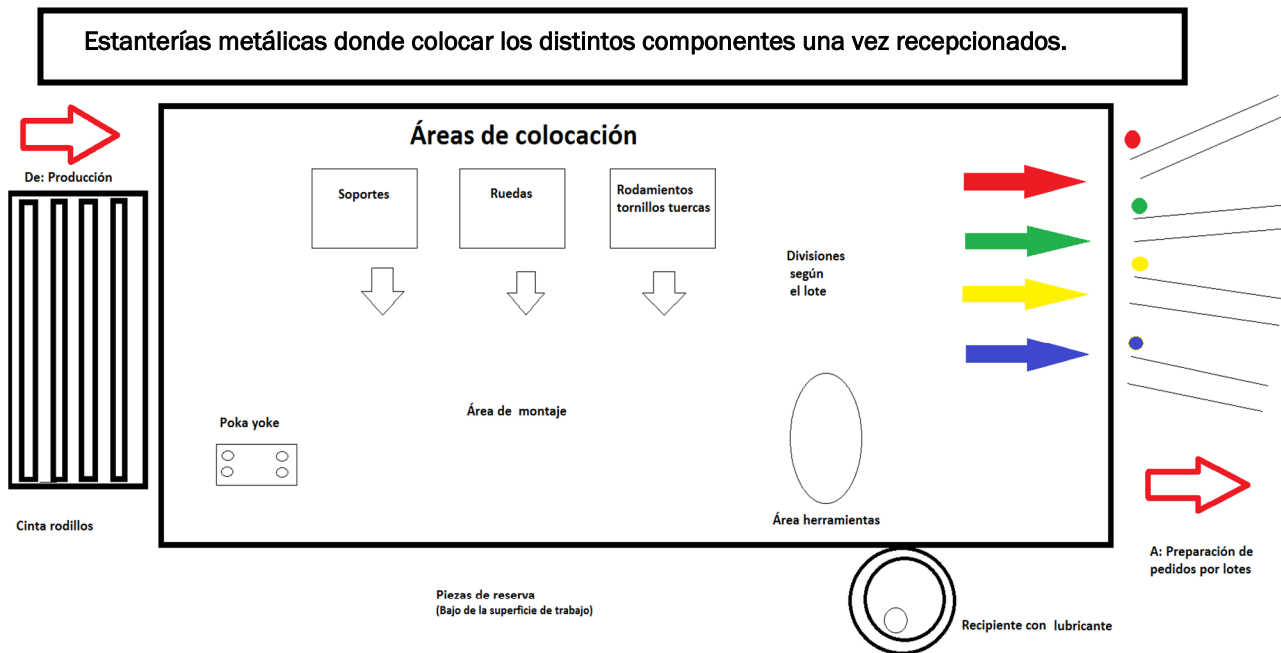


Figura.41. Disposición de elementos en puesto de montaje en planta. (Se omiten algunos carriles por simplicidad).

Seiso –Limpieza e inspección-

La limpieza del puesto es un aspecto fundamental para el correcto desarrollo del montaje.

Se propone una limpieza exhaustiva del mismo el primer día de aplicación, seguida de dos limpiezas diarias que realizará el trabajador.

La primera se efectuará minutos antes del descanso de media jornada y en ella se eliminarán grasa y otros residuos que puedan encontrarse en la superficie de trabajo, prestando especial atención a la grasa sobre el firme, que pueda causar algún tipo de accidente laboral.

La última se realizará al acabar la jornada con el fin de que el siguiente turno comience directamente a trabajar, sin perder tiempo en acondicionar el puesto.

Esta última limpieza persigue además los fines de la primera, limpiar todo tipo de útil o herramienta de cara a la siguiente jornada o turno.



También se chequeará que el estado de todas las luces del sistema andon que ayudan a la recepción de los destinos productos para su embalaje es correcto. (Solo en la última limpieza).

Si se detectará alguna anomalía se informaría al departamento de mantenimiento con el fin de subsanarla lo antes posible.

Se persigue una optimización del tiempo dedicado a la limpieza, por tanto es preferible identificar los focos de suciedad y tratar de eliminarlos o reducirlos.

En este caso, un claro foco de suciedad reside en el recipiente del lubricante y el pincel.

Este problema queda casi subsanado con el cambio del pincel por el engrasador manual.

Con el fin de acabar con el goteo desde el recipiente hasta el lugar de aplicación, se ubicará el soporte más cerca de esta zona y cuando el engrasador no se use, se mantendrá descansando sobre el recipiente de lubricante para neutralizar efectos de posibles goteos, pero sin que exista contacto entre ellos para maximizar la higiene.

Esto se consigue gracias a un sencillo útil con puesto por barras finas de acero soldadas entre sí, y que se colocara acoplado en voladizo a la superficie de trabajo, a la derecha.

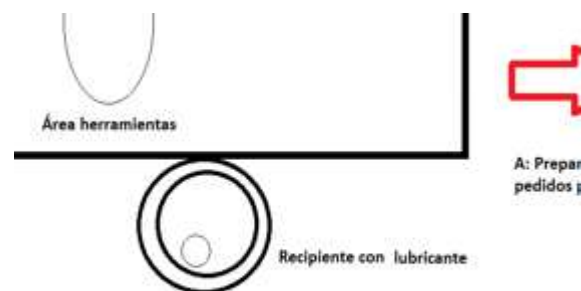


Figura.42. Situación del útil para el engrasador en el puesto (detalle en planta).



Seiketsu –Estandarizar-

Llegados a este punto, se pretende estandarizar lo conseguido anteriormente con las 3s.

Es decir, sistematizar un método para llevar a cabo todo lo anterior de una forma fácil para todos y que permita una evaluación periódica de su correcta ejecución

Esto se conseguirá integrando las 5s en la rutina del trabajo diario,

Un ejemplo de estandarización en nuestro caso limpieza del puesto dos veces en momentos concretos del día como se comentó anteriormente.

Creando hábitos y enseñándolo la importancia de aplicarlos sobre todo en materia de orden y limpieza, para conseguir una mayor eficiencia, y para evitar accidentes laborales.

Shitsuke –Disciplina-

El objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados.

Esta es una labor fácil, ya que solo consiste en asegurar la continuidad de las normas antes expuestas, pero que a su vez puede fracasar debido a una baja implicación en el lean por parte del personal.

Para controlar que todo esté en orden en el puesto de montaje, se asignara un supervisor de la implantación del lean, que mediante control visual comprobará que todo está limpio tal y como indican las normas, que en la mesa únicamente se hayan los materiales y herramientas que se requieran para montar la cantidad del lote que llega por la cinta de rodillos, o que el trabajador deposite todos los útiles en su lugar cada vez que los usa.



5S.Solución a VI)

Para solucionar Proceso de trabajo no estandarizado solo cabe el estandarizado del mismo mediante técnicas **5s. Seiketsu (estandarizar)**

Se establecerá una rutina que consista en:

0)

Abrir bono de fabricación introduciendo los datos de la tarjeta kanban de fabricación sobre el lote.

1)

Recoger las piezas del lote del contenedor, (se aprovisionará cada tipo de piezas de cada lote en un contenedor distinto)

2)

Depositar los distintos contenedores de plástico o gabetas sobre las estanterías metálicas.



Figura.43. Estanterías metálicas



3)

Ir montando las ruedas una a una comprobando al inicio del proceso la calidad de los taladros del soporte con el poka yoke, y al final del mismo la ausencia de holgura en el eje. (Señal de que no se ha producido el error tipo 2 de ausencia de cojinete).

4)

Depositar las ruedas montadas una a una en la cinta del color correspondiente a cada lote.

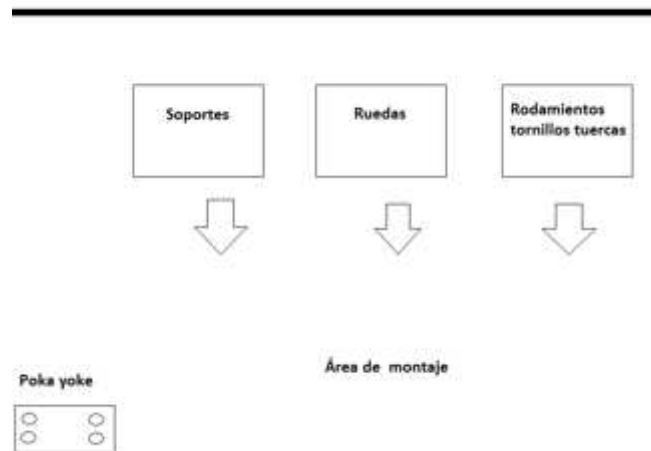


Figura.44. Disposición de los componentes del producto sobre superficie de trabajo (colocación similar en estanterías).

Esta colocación obedece al orden lógico* de recogida y posterior montaje de cada rueda.

*Se recuerda que la necesidad de depositar primero el soporte a la izquierda del todo, viene dada por que todos ellos han de pasar por el poka yoke en primer lugar, y luego estos serán la base sobre los que se podrán los demás elementos como la rueda.

(Cada cosa en su lugar, y un lugar para cada cosa). **Seiton (Orden)**

Cuando el montaje requiera de su uso al estar ensamblándose una rueda que albergue rodamiento, esta se usará solo una vez aplicando el lubricante justo antes de introducir el rodamiento en la rueda de forma cuidadosa para evitar que el engrasador gotee tanto en el suelo como en la superficie de trabajo.

Seiso (limpieza).

Como se comentó anteriormente, se redujo la distancia a recorrer entre el lubricante y la pieza a lubricar, y se diseñó un útil que vela por la higiene y fácil acceso al engrasador.



Herramienta automática y útil poka yoke. Solución a VII)

Para solucionar la falta de automatización del proceso en el apriete de tornillo y tuerca se propone la inclusión de una llave de apriete eléctrica o incluso neumática.



Figura.45. Herramienta eléctrica de apriete.

También se prescindirá como se dijo en 6.3.4 sobre el tornillo de banco, ya que con esta mejora resulta innecesario y muy voluminoso. **Seiri (eliminar).**

En su lugar se diseña un útil tipo **poka yoke**, disponible para todos los tamaños de soporte.

El **poka yoke** consistirá en un superficie con dos llaves (una a cada lado) de la misma medida que la cabeza del perno, situadas fijas y pensadas para que al colocar el soporte sobre la base, el tornillo quede a la misma altura que el orificio correspondiente, facilitando el apriete de la tuerca por el otro lado, y evitando que el tornillo gire solidariamente con la tuerca por la acción de la herramienta automática.



Figura.46. Útil poka yoke.

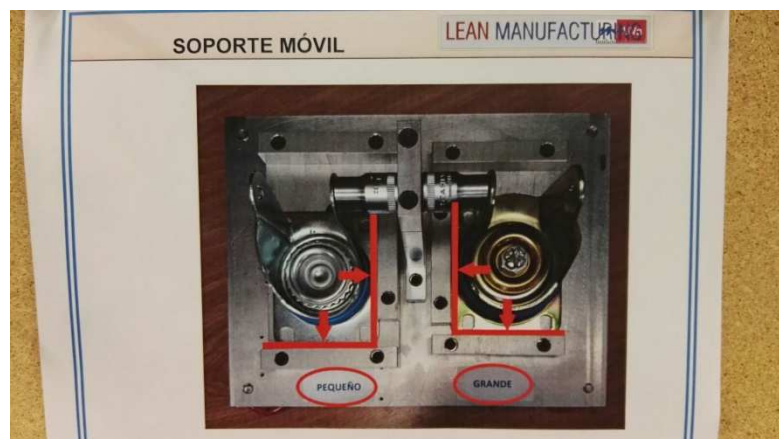


Figura.47. Útil poka yoke (Esquema de uso en el puesto)



Nuevo útil y maquinaria. Solución a VIII)

Para solucionar el encintado ineficiente de las cajas de envasado del producto final, simplemente se les proporcionará a los operarios una herramienta que facilita dicha función. Una precintadora manual.



Figura 48. Precintadora manual.

Para solucionar la ineficiencia a la hora de enfadar las cajas en los palés se utilizará una envolvedora de palés automática.

Como vías futuras de este proyecto se propone estudiar la viabilidad de la implantación de esta maquinaria, que aquí omitimos, ya que no concierne al puesto de montaje, y si a lo que hay inmediatamente después de él.

De aquí en adelante, se supone que el resultado de ese análisis determinará que el tiempo ahorrado en horas-hombre superará a medio plazo el valor de la inversión a realizar.

Se procedería entonces a pedir presupuestos a varias empresas que dispongan de este tipo de maquinaria.

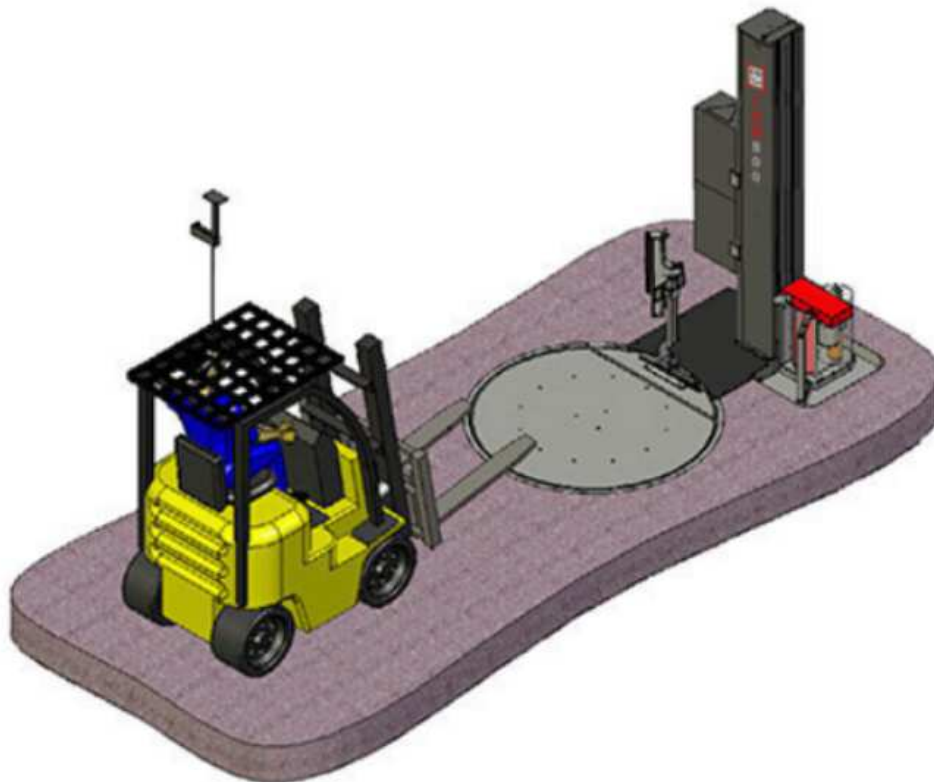


La elección final se muestra a continuación:

Tras un sencillo estudio de mercado, se toma la decisión de elegir Maquinaria sencilla de la marca Ear-Flap®, por su experiencia en el sector, y dentro de sus proyectos, se elige uno en particular ya realizado anteriormente para varias empresas donde no se requiere ninguna característica especial ni función adicional que no sea únicamente la de empacar el palés de forma más ágil. (Ear-Flap®,2017).

Para ello se escogerá la “línea de enfardado semi-automático para palés con sistema de corte y pinza con accionamiento mediante tirador TRM500”.

La instalación de esta nueva máquina requerirá de una pequeña obra al ir su chasis y la parte giratoria ligeramente enterrados en el suelo como se muestra en la figura 24.



*Figura.49. Muestra de la envolvente Ear-Flap® propuesta.
(Fuente: Earflap.com/proyectosrecientes).*

Esta máquina solo permite una altura máxima de 2400mm sobre el palé, y un peso máximo de 1500kg sobre la plataforma (palé incluido).

Estos datos no suponen una limitación para nuestro proceso.



Forma de proceder:

El operario transportará el pale con las cajas que contienen el producto final hasta la zona giratoria de la empaquetadora manual, y accionará la nueva máquina.

Descripción del proceso:



Figura.50. Descripción del proceso de empaquetado.

(Fuente: Earflap.com/proyectosrecientes).

Cuando esta finalice, descargará el palé, lo identificará de forma adecuada el lote que contiene y procederá a cargar el siguiente.

JIT y zona de carga. Solución a IX)

Para solucionar el problema de que los productos ya envasados dificultan el paso del trabajador, se propone que estos, una vez en palés y encintados, se depositen en una zona asignada al efecto, cerca de los muelles de carga

Además la intención es que la mercancía no permanezca demasiado tiempo en esa zona ya que se pretende que el producto este acabado en just in time (JIT), es decir casi justo cuando el transporte venga a recogerlo.



Nuevo proveedor de envasado. Solución a X)

Para resolver el problema de los envases de cartón con unas dimensiones incorrectas, se encargará a una empresa de cartonajes varias dimensiones de cajas, según la cantidad de ruedas finalizadas que se pretendan introducir en ellas.

Uno de ruedas individuales, capaces de albergar una única rueda finalizada, para pedidos individuales o para el pequeño comercio, y otras, más grandes, capaces de albergar distinto número de ruedas finalizadas siendo el máximo 15 ruedas (teniendo en cuenta el volumen necesario para los embalajes de protección del producto durante el transporte. Orientadas a la venta al por mayor, por ejemplo para otras industrias que utilicen este producto final como un componente más de los suyos propios.



Figura.51. Ejemplo de nuevo envase final serigrafiado con el logo de la empresa de mayor tamaño



5 PUESTO FINAL.RESULTADOS

5.1. PUESTO Y PROCESO FINALES

Tras recopilar todo tipo de información y proponer soluciones de mejora en base al proceso de partida con la ayuda de las técnicas Lean, se procede a poner en práctica las mejoras en el puesto.

Para el ensayo se usó la rueda del modelo **TV-TN-M**, (correspondiente al color morado en el código de colores).

Se compone de un soporte **bicromatizado móvil**, y **rueda de nylon con capacidad para albergar cojinete de rodillos**.

Está además compuesto de las piezas comunes a todas las ruedas. (Casquillo, perno y tuerca, y necesidad de aplicar lubricante en el eje)

Este soporte se monta en la parte derecha del útil poka yoke.

El montaje lo realiza una persona ajena al proyecto, a la que se le informa del proceso y sus pasos brevemente en el mismo momento de la grabación del video.

Inicialmente se procede de la siguiente manera:

0)

Se reciben los materiales de los que se compone el lote acompañados por su tarjeta de fabricación.



Figura.52. Recepción de componentes del lote a través de la cinta (parte izda del puesto)



1)

Posteriormente se colocan las cajas con los componentes en su respectivo lugar sobre las estanterías metálicas situadas en el puesto, y se colocan uno a uno los componentes de la unidad a ensamblar sobre la mesa.



Figura.53.Colocación de material en estantería

(Los soportes han de pasar el control de calidad del error [I] haciendo coincidir sus taladros con los salientes del poka yoke).



Figura.54. Control de calidad del soporte en poka yoke

2)

A continuación se comienza a montar el casquillo en el cojinete de rodillos, se aplica grasa en la rueda con ayuda del engrasador y se monta el conjunto rueda-cojinete-casquillo.



Figuras.55.y 56. Montaje y engrasado de casquillo cojinete rueda



3)

Posteriormente se coloca el perno en el poka yoke y se toman soporte y rueda acabada para apretar la tuerca con la ayuda de la herramienta automática de apriete.



Figura.57. Apriete de tuerca con ayuda del útil poka yoke

4)

Después se retira el conjunto acabado del útil poka yoke, y se apoya sobre la superficie de montaje para verificar la holgura (ausencia del error tipo II).



Figuras 58. Control de calidad error tipo II



5)

Finalmente se deposita el producto en el carril de su color correspondiente que se dirige hacia la zona de envasado.



Figura.59.Producto acabado en su carril correspondiente (Hacia zona envasado).

Durante el ensayo, se decide modificar ligeramente el proceso anteriormente descrito, al observar algunas carencias que hacen que el proceso no sea del todo óptimo.

Se es fiel en todo momento al **kaizen** (mejora continua).

Las modificaciones introducidas insitu consisten en:

Modificación A

En lugar de recibirse el aprovisionamiento por la izquierda del puesto en cajas por la cinta de rodillos, se decide que estos han de ser colocados por la persona de aprovisionamiento directamente en las estanterías metálicas por el lado opuesto a la superficie de trabajo.

Se colocara la cantidad total de la que se compone la parte de lote en varias cajas, una detrás de otra, de tal forma que al retirar una vacía, por gravedad, se coloca en el primer puesto y al alcance del trabajador una completa.

Se renovaran de igual forma los componentes comunes a todos los modelos

CUANDO UN CONTENEDOR ESTA VACIO SE COLOCA AL REVÉS, Y ESTO HACE LAS VECES DE KANBAN QUE INDICA QUE ES NECESARIO APROVISIONAR DICHO CONTENEDOR.



Figura.60. Aprovisionamientos colocados en orden lógico en el puesto



Figura.61. Detalle parte baja con componentes comunes a todos los productos colocados en orden.

Modificación B

Se aprecian movimientos innecesarios en la secuencia, por ello, los materiales se irán tomando de las cajas en un orden lógico, cada uno cuando toque y en cada unidad montada.

Primero se pasa el control de calidad al soporte en el poka yoke, se toma un perno y se presentan estos dos componentes en el útil poka yoke.

Después de monta el conjunto casquillo-cojinete, se engrasa la rueda y se monta este conjunto ya a su vez sobre el soporte.

Se toman tuerca y herramienta de apriete automático y se procede al apriete.



Tiempo de montaje obtenido para el modelo **TV-TN-M** es de **37.61 Seg**

Aproximadamente el takt time calculado en base a una demanda de 650 unidades diarias de este modelo en concreto.

Este tiempo supone una reducción de aproximadamente **14 segundos** respecto al proceso de montaje inicial.



5.2 INDICADORES

5.2.1 Medida de resultados a través de indicadores.

Evaluación con indicadores

Para poder evaluar el proceso de implantación y los avances que se están consiguiendo a lo largo del tiempo, es necesario la toma de datos y la evaluación de estos a por medio de indicadores.

Previo a la implantación

- Definir un sistema de indicadores es vital para evaluar la eficacia y eficiencia de una medida tomada, de un cambio en la forma de proceder o de un equipo.
- Para ello debemos de contar con el apoyo de la gerencia, se debe de orientar a todo el equipo en una misma dirección con la finalidad de la consecución de lograr un objetivo común.
- Este objetivo ha de ser realista en el plazo marcado, y posible de conseguir con los medios existentes puestos a disposición de las personas involucradas.
- Las técnicas de medición han de ser valores numéricos cuantitativos o cualitativos, y no financieros.

Por ejemplo ratios o porcentajes acompañados de elementos como gráficas y tablas que ayuden a visualizar la progresión y comparar con un estado anterior de una forma sencilla.

Directrices básicas

- Hemos de fijar un objetivo o un valor numérico a alcanzar.
- También es importante fijar un plazo de tiempo realista para la su consecución.
- Debemos de definir la fórmula matemática en la que introduciremos nuestros datos para extraer conclusiones, las fuentes que proporcionan los datos, y la frecuencia con la que es necesario realizar nuevas medidas de estos.



- Hemos de profundizar en las variables que influyen en su comportamiento y el significado de estas.
- Es conveniente representar el indicador de forma gráfica.
- Si hay una desviación en el proceso, ha de haber una persona o grupo de personas que tengan asignada la función de devolver el sistema a la normalidad.
- Es necesario realizar cambios pensados con anterioridad en caso de que el indicador no sea útil, o aporte menos información de la esperada inicialmente.

5.2.2 Indicadores para evaluar mejoras aplicadas

Para evaluar todas las mejoras propuestas, en este apartado se proponen una serie de indicadores que serían adecuados según cada caso.

Así mismo se usarán algunos tomando datos reales y mostrando los resultados obtenidos.

Indicadores para solución a I) Y II)

Se apreció I) mala organización del trabajo, y II) mala previsión de las necesidades diarias.

Para solucionar esto, se planteó principalmente la **rotación de lotes ágiles**.

Esta solución está compuesta o respaldada por varias técnicas lean, como son:

El **heinjunka** que engloba takt time, nivelación del flujo de producción, o tirar de la producción pull gracias a los carriles al final del montaje.

El **kanban** con las tarjetas de colores con datos concretos y necesarios en cada puesto.

Las encontrábamos del tipo montaje con los tiempos y el número total de piezas del lote diferenciado a montar.

También de envasado con el desglose de los pedidos diarios.



Ambos tipos de tarjetas iban sincronizadas por medio de su color (lote actual en montaje). Favoreciendo la producción en pull.

El **andon**, presente en la luz de aviso situada en la parte superior del cronómetro que mide el takt time y se enciende cuando este e supera reiteradas veces.

Para esta combinación de mejoras se recomiendan los siguientes indicadores:

- **Rotación de inventario**

Tal y como señalan Mion y Vermorel, La rotación del inventario es la cantidad de veces que el inventario debe ser reemplazado durante un determinado período de tiempo, generalmente un año. Uno de los indicadores más comúnmente utilizados en la gestión de inventarios, ya que refleja la eficacia general de la cadena de suministro, desde el proveedor hasta el cliente. Este indicador se puede calcular para cualquier tipo de inventario (materiales y provisiones, trabajos en curso, productos terminados, o todos combinados) y puede ser utilizado tanto para el sector minorista como el fabricante.

- **Tiempo de entrega de órdenes a clientes (tiempo de respuesta).**

El tiempo de respuesta al cliente es el tiempo que pasa desde que le cliente efectúa una orden por un producto o servicio, hasta dicho producto o servicio es entregado al cliente.

Hornngren y Foster, indican que este tiempo se incrementa cuanto más aleatoria es la demanda, o por culpa de la formación de cuellos de botella en alguna sección de la empresa.

El conseguir reducir los plazos de entrega será señal de que las mejoras implantadas en este aspecto, han sido efectivas.

- **Capacidad de respuesta ante cambios en la demanda**
- **Flexibilidad de producción**

Son conceptos muy ligados que indican la capacidad de adaptación de una empresa ante cambios en la demanda, tanto de toda la organización en general, como del sistema de producción que debe de ser capaz de aumentar, o disminuir la producción centrando los esfuerzos en las zonas críticas y donde sea necesario en cada momento.



Una adaptación correcta a ante por ejemplo una aumento puntual en la demanda consistiría en que los plazos de entrega no se dispararán ni se crearán cuellos de botella, siendo capaz e sistema productivo de satisfacer sin problemas ese “pico” en la demanda.

- **Polivalencia empleados (Shojinka)**

Es un indicador importante, ya que también está ampliamente relacionado con los cambios de la demanda y la flexibilidad en la producción.

Un trabajador ha de ser capaz de desempeñar cuantos más puestos mejor dentro de su organización, para relevar, o servir de apoyo en momentos puntuales a algunas secciones distintas a la suya.

Así el jefe de producción puede distribuir las horas hombre de todo su personal disponible de la forma que crea conveniente, para por ejemplo responder ante una subida repentina en la demanda de productos.

Indicadores para solución a III)

Se observó un claro **despilfarro (B) por defectos, rechazos y reprocesos** en el área de montaje.

Se plantearon **Técnicas de calidad** del Lean manufacturing, para intentar minimizar este tipo de desperdicios.

En las técnicas de calidad, en particular se propone aplicar el **ciclo PDCA** para ir solucionando el problema de los errores repetitivos de tipo I y II.

Así mismo se propone realizar **chequeos de autocontrol**, que consisten principalmente en la inspección visual de los componentes por parte del inicialmente, y del producto final al concluir la tarea de montaje por parte del operario.

Se hace uso de técnicas **Jidoka** con la inclusión de un **poka yoke** para localizar los errores en la disposición de los taladros del soporte de la rueda.

La vista de estas mejoras, los siguientes indicadores podrían ayudar a analizar el proceso de mejora:



- **Control estadístico de calidad**

Tal y como dice la USal, definimos el “Control Estadístico de la Calidad” como la aplicación de diferentes técnicas estadísticas a procesos industriales con objeto de verificar si todas y cada una de las partes del proceso y servicio cumplen con unas ciertas exigencias de calidad.

- **Porcentaje interno de defectos**

Este indicado mide el tanto por ciento de defectos encontrados de entre todos los productos finalizados, de tal forma que con la aplicación de las medidas lean antes comentadas, se espera reducir este porcentaje con respecto al actual existente en el proceso.

- **Implantación del poka yoke**

Con el añadido de este elemento se busca que todos los errores con respecto a los taladros del soporte de las ruedas que se puedan producir en anteriores células de la fábrica sean detectados antes de finalizar el proceso de montaje para no incurrir en más desperdicios.

Se espera además que se reduzca paulatinamente el número de piezas que llegan a la estación de montaje con este defecto.

- **Coste de desperdicios por fallos, o costes por reprocesos.**

Supone contabilizar el coste que suponen los defectos en el proceso, ya sea directamente por los desperdicios de componentes en mal estado, o ya sea por el tiempo que supone el arreglar desperfectos que puedan ser solventados.

El objetivo después de las mejoras que se proponen es una drástica disminución de estos costes en un periodo de tiempo razonablemente bajo.



Indicadores para solución a IV)

Se detectaron despilfarros (B) por sobreproducción, y exceso de almacenamiento debido bien a la sobreproducción, o bien al stock de materiales comprados a los proveedores.

Para solucionar esto se propuso que no se fabrique para stock si se completan todos los pedidos diarios, sino que se aproveche la polivalencia de los trabajadores (**Shojinka**) para que estos realicen tareas de apoyo en puesto que se encuentren más saturados que el suyo.

Para solventar el problema de las compras para stock, con el fin de no emplear demasiado espacio para el almacenamiento de componentes, se propone el adoptar un sistema de **proveedores JIT** que entreguen los productos casi cuando estos son requeridos para su montaje.

Los indicadores más adecuados para esta solución son:

- **Cantidad de proveedores certificados con los que se trabaja**

Entendemos como proveedores certificados, aquellos que garantizan cumplir ciertos requisitos en materia de plazos de entrega, que de no ser cumplidos, incurrirían en una sanción normalmente económica.

- **Proveedores con acceso al sistema de planificación y control de la compañía.**

Se trata de proveedores a los que se les proporciona información sobre la planificación y los plazos de cada orden, para que aprovisionen justo a tiempo la mercancía requerida, no pudiendo adelantarse, ni por supuesto retrasar estas fechas que les proporciona la empresa contratante del servicio.

Esto es más conveniente para proveedores JIT que aprovisionan directamente en la línea de montaje en el momento requerido.

Este tipo de relación con proveedores, como ya se comentó, no es la que más se adapta a las necesidades de nuestro puesto de montaje.



- **Porcentaje de entregas just in time (JIT) de proveedores**

Se trata de un indicador que trata de evaluar si los proveedores están cumpliendo con los acuerdos marcados con respecto a los plazos previstos para las diversas entregas.

Esto permite tomar decisiones sobre cuáles son los proveedores más adecuados para nuestra demanda de productos del exterior, además de evaluar el funcionamiento del JIT.

- **Tiempo de entrega de órdenes a clientes (tiempo de respuesta).**

También es posible utilizar este indicador del que se habló anteriormente como referencia, ya los plazos de entrega al cliente están íntimamente relacionados con las entregas de los proveedores.

Indicadores para soluciones a V) y VI)

Se detectan deficiencias que ocasionan **despilfarros (C) por movimientos innecesarios y transporte** causados en gran parte por un **proceso no estandarizado**.

Para solucionar el problema se propusieron técnicas integradas en las **5s** como por ejemplo **eliminar lo innecesario** del puesto, establecer un **orden** de tal forma que cada objeto tenga un lugar asignado cuando no se esté utilizando, establecer una rutina e **limpieza** y añadir elementos que ayuden a esta, como un engrasador manual en lugar del pincel que era uno de los principales focos de suciedad del puesto.

También se propuso **estandarizar el proceso**, y acabar con los desplazamientos al almacén por medio del aprovisionamiento exacto de las órdenes directamente al puesto de trabajo.

Algunos indicadores que resultarían útiles a la hora de evaluar el cambio por medio de las mejores propuestas serían:



- **Limpieza y orden**

Se trata simplemente de marcar unos patrones en materia de limpieza y orden, y mostrárselos a las personas encargadas de aplicarlos.

Posteriormente se ha de comparar el estado del puesto con los patrones previamente definidos.

- **Porcentaje de trabajadores que conocen el lean manufacturing**

Consiste en evaluar cuantos trabajadores han recibido algún tipo de formación sobre el lean manufacturing y su aplicación, si esta formación ha resultado útil al trabajador, y si es suficiente para desarrollar las tareas lean que se le han encomendado.

Esto se ha de evaluar constantemente ya que la implantación del lean es un proceso “vivo” que se basa en la mejora continua.

Indicadores para solución a VII)

Se observó que realizar el proceso de apriete del perno y tuerca de forma manual resulta algo **lento** desde el punto de vista productivo.

Se propuso incluir una **herramienta automática** para realizar esta labor más ágilmente.

Esta mejora no es una solución estrictamente lean, ya que se trata de semi automatizar una labor, pero está ampliamente relacionada con la filosofía lean manufacturing.

Indicadores:

- **Una disminución drástica en el tiempo de montaje** de cada rueda al introducir esta mejora, podría indicar que esta ha sido muy adecuada y necesaria.



Indicadores para solución a VIII)

De forma parecida al anterior problema encontrado, encontramos el **empaquetado poco ágil** debido al conformado de cajas de forma manual.

Se decide **apartar el proceso de empaquetado del proceso de montaje**, encomendándole la tarea a otro trabajador, además de facilitar esta por medio de carriles de colores y tarjetas **kanban** de montaje.

Se añade también una herramienta que ayuda a aplicar la cinta adhesiva a las cajas de forma más eficiente.

Indicadores:

- **Igual que anteriormente, una disminución drástica en el tiempo de empaquetado** de cada pedido al introducir esta mejora, podría indicar que esta ha sido muy adecuada y necesaria.

Indicadores para solución a IX)

Se observó la **zona aledaña al muelle de carga saturada** de pedidos ya preparados a la espera de su transporte suponiendo un **despilfarro (D) por tiempo de espera**, que **dificultaban el paso, comprometían la seguridad** de los operarios, y fomentaban **los despilfarro (C) por transportes innecesarios**, al tener que mover varias veces un pedido para poder acceder a otro que está siendo reclamado por el transportista.

Se propone **delimitar muy bien la zona de carga**, y reducir los tiempos en los que la mercancía permanece a la espera, gracias al sistema **pull** de producción y a la introducción de agencias de transporte JIT que tengan acceso a la planificación y sepan cuando han de recoger la mercancía.



Indicadores:

- **Tiempo medio de espera de mercancía en la zona de carga**

Buscando la reducción de mismo gracias a las mejoras aplicadas.

- **Porcentaje de recogidas JIT por agencias**

Similar al de las entregas de proveedores, pero contemplando el envío del producto final al cliente.

Indicadores para solución a X)

Se observó que el volumen de los envases no era eficiente desde el punto de vista del transporte, ya que sobraba volumen en las cajas, que no se adaptaban bien a las ruedas, comprometiendo así la cantidad total a transportar en un mismo tráiler.

Se optó por cambiar de proveedor de envases y escoger varios tamaños diferentes elegidos en función de la demanda.

También esto ayudaría a la mejor protección del producto durante el transporte.

Indicadores:

- **Porcentaje de envases de cada uno de los distintos tamaños que viajan completos.**

Se busca maximizar el número de envases que van completos, para rentabilizar un mismo transporte.

- **Porcentaje de desperfectos que sufre el producto durante el transporte**

Se busca reducir este porcentaje lo máximo posible.

- **Volumen correspondiente a producto acabado en un semirremolque estándar.**

Maximizando este volumen, los transportes resultarán mucho más eficientes desde el punto de vista de la rentabilidad.

Buscando la reducción de mismo gracias a las mejoras aplicadas.



6 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

6.1 CONCLUSIONES

Después de la realización de este proyecto, se extrae una conclusión principal de que el LEAN MANUFACTURING es una herramienta que permite optimizar los procesos para hacerlos más eficientes reduciendo desperdicios.

Es necesario el conocimiento pleno de todos los aspectos del producto y proceso antes de poder comenzar a mejorar los mismos.

Se consigue rediseñar la manera de proceder y mejorar el puesto con técnicas lean.

Estos cambios introducidos suponen una reducción en el tiempo de montaje del producto con respecto a la situación en el escenario de partida.

Cabe destacar que la especialización y destreza que vaya adquiriendo el operario con el nuevo proceso, hará que la reducción de tiempos sea mayor a la comentada en este trabajo. **(Curva de aprendizaje)**.

A su vez los cambios introducidos mejoran aspectos como la seguridad de los trabajadores, o la calidad del producto que recibe el cliente final, así como los plazos de entrega.

También se proponen otras soluciones para diversos aspectos que también son mejorables y no pertenecen al montaje como la mejora en el ámbito de envasado y logística que ayudan a completar la eficiencia del proceso.

Además se comprueba que la toma de datos en el propio puesto y el ensayo error son claves para mejorar cualquier proceso.

Se pueden apreciar grandes resultados con sencillas técnicas al inicio del proceso de implantación, pero conforme este proceso avanza, la inversión, el tiempo necesario y los resultados obtenidos pueden no ser proporcionales entre sí.

A pesar de ello, aunque parezca que un proceso es “inmejorable”, según la filosofía lean, esto no es así, ya que precisamente esta filosofía aboga por una mejora continua basada en evaluar observar y cuestionar continuamente la forma de proceder para poder así seguir avanzando.



6.2 LÍNEAS FUTURAS

Líneas futuras de este proyecto podían enfocarse a estudiar en particular cada modelo, y conectar de forma real el proceso de fabricación de los componentes de las ruedas con el proceso de montaje, y a su vez con todo lo que concierne a la logística del producto acabado, así como con los proveedores, estudiando un caso concreto y real de una empresa del sector.

Un estudio con este enfoque serviría para extraer conclusiones más precisas, útiles y aplicables en la industria.



7. BIBLIOGRAFÍA

Catalogo Ruedas Alex (2017) Consultado en mayo 2017.

<http://www.alex.es/catalogo-ruedas-aros/>

Catálogo online de Ear-Flap®. (2017). Consultado en abril 2017.

<http://www.ear-flap.com/es/empresa/proyectos-recientes/>

Companys R. y Fonollosa J.B, Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT, Marcombo, (1999).

Cuatrecasas Lluís. Claves de Lean Manufacturing. Un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado. Barcelona. Gestión 2000. (2006).

Escalona, Iván. Trabajo a mis alumnos de Ingeniería Industrial. UPIICSA – IPN. México (2010).

Escuela de organización industrial. Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Ministerio de medio ambiente, industria y energía.

Gonzalez Rodriguez, Andrés, Desarrollo de una herramienta Excel para la realización de un SPC, trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, (2016).

Grupo Galgano consultores de dirección, Introducción a la metodología lean manufacturing. (2008).

Horngren, Charles T. George Foster, Srikant M. Datar. Contabilidad de costos: un enfoque gerencial. Pearson, 12va edición.

Nathanael Mion, Joannès Vermorel, Rotación del inventario (ciclos del inventario), (febrero de 2012).



Muñoz Ellner, Sarah María. Diccionario LEAN MANUFACTURING, trabajo fin de máster en logística, Universidad de Valladolid, (Julio 2016).

Ortiz A. Hawa M, La empresa virtual para la gestión de la cadena de suministro, DMR Consulting. (2012).

Pérez Velázquez, Raúl, Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en LEAN, trabajo de fin de grado, Universitat politècnica de Catalunya, (2011).

Tejeda, Anne Sophie, MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, CIENCIA Y SOCIEDAD Volumen XXXVI, Número 2, (Abril-junio 2011).

Universidad de Salamanca, “Control estadístico de calidad” tema 1 apuntes de ciencias sociales.