



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen I**

Memoria – Presupuesto

PROYECTO FINAL DE CARRERA



# **“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE MEJORA E LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ARTICULOS DE ESCRITURA”**

PFC presentado para optar al título de Ingeniería  
Técnica Industrial especialidad MECÁNICA  
por **Leonardo Espejo Ruiz**

Barcelona, 12 de Enero de 2011

Tutor proyecto: Juan Velasco Sánchez  
Departamento de Organización de Empresas (OE)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

## ÍNDICE MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA .....	I
Resum .....	III
Resumen .....	III
Abstract.....	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VI
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	8
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO.....	8
<b>CAPÍTULO 2: PRESENTACIÓN DE LA planta de montura automática. .</b>	<b>9</b>
2.1. EMSAMBLAJE DE ARTÍCULOS DE ESCRITURA. ....	9
2.2. EMSAMBLAJE DE CONSUMIBLES (CARGAS).....	11
2.3. ENCAJADO DE ARTÍCULOS. ....	12
<b>CAPÍTULO 3: 5s.....</b>	<b>14</b>
3.1. INTRODUCCIÓN A LAS 5S.....	14
3.2. IMPLANTACIÓN 5S.....	15
3.2.1 Visión general de las 5S.....	18
3.2.2 Seiri (Clasificar).....	20
3.2.3 Seiton (Ordenar) .....	22
3.2.4 Seiso(Limpieza).....	23
3.2.5 Seiketsu (Estandarizar) .....	24
3.2.6 Shitsuke(Disciplinar) .....	25
3.3 IMPLEMENTACIÓN 5 S ´s EN MONTURA AUTOMÁTICA. ....	25
3.4 BENEFICIOS OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE LAS 5S ´s.	46
<b>cAPÍTULO 4: KANBAN. ....</b>	<b>49</b>
4.1 INTRODUCCIÓN AL KANBAN. ....	49
4.2 IMPLANTACIÓN DEL KANBAN. ....	51
4.2.1 Situación actual.....	54
4.2.2 Cálculo del kanban.....	59
4.2.3 Definición funcionamiento del kanban.....	70
4.2.4 Problemas detectados. ....	74

4.2.5	Mejoras propuestas.....	75
4.3	BENEFICIOS OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DEL KANBAN. 80	
<b>CAPÍTULO 5:</b>	<b>SMED. ....</b>	<b>83</b>
5.1	INTRODUCCIÓN AL SMED. ....	83
5.1.1	Metodología para el cambio de métodos. ....	84
5.1.2	Conceptos fundamentales del SMED. ....	85
5.1.3	Técnicas de aplicación. ....	88
5.2	IMPLANTACIÓN DE SMED. ....	88
5.2.1	Implantación de la fase mixta.....	96
5.2.2	Implantación de la fase división. ....	97
5.2.3	Implantación de la fase transferida. ....	97
5.2.4	Implantación de la fase mejorada. ....	101
5.3	BENEFICIOS OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE SMED. ....	110
<b>CAPÍTULO 6: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....</b>		<b>112</b>
6.1.	INTRODUCCIÓN AL FLUJO DE MATERIALES. ....	112
6.1.1	Distribución línea de fabricación (orientada al producto). ....	113
6.1.2	Distribución funcional (orientada al proceso). ....	114
6.1.3	Distribución por grupo o célula de fabricación. ....	115
6.2.	IMPLANTACIÓN MODIFICACIÓN LAYOUT.....	115
6.3.	BENEFICIOS OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. ....	129
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES. ....</b>		<b>132</b>
<b>CAPÍTULO 8: PRESUPUESTO. ....</b>		<b>133</b>
8.1.	BASES DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO. ....	133
8.2.	PRESUPUESTO Y DESGLOSE.....	133
8.3.	BENEFICIOS.....	135
<b>CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>137</b>

## **RESUM**

A Aquest treball que a continuació es presenta està basat en una aplicació d'eines de millora de la productivitat en una planta de fabricació automàtica d'articles d'escriptura de les deu empreses líders mundials en articles d'aquestes característiques.

La idea del treball parteix de l'experiència que com a treballador he acumulat en els catorze anys que porto dedicats a la indústria. Des que vaig començar com a operari fins arribar a ser responsable d'una planta de fabricació i seixanta persones a càrrec he tingut la inquietud de millorar diàriament en aspectes que he considerat vitals per millorar la productivitat i que ara plasmaré en aquest treball.

Paral·lelament a la meva formació acadèmica he realitzat cursos relacionats amb les eines destinades a la millora de la productivitat i són aquestes juntament amb els meus coneixements i experiències professionals les que vull desenvolupar.

Millora Continua, Producció esvelta, 5S, Kanban, Poka Yoke, Malbarataments, Kaizen..., conceptes basats en la filosofia Lean Manufacturing són en els quals centraré aquest treball de final de carrera.

## **RESUMEN**

Este trabajo que a continuación se presenta esta basado en una aplicación de herramientas de mejora de la productividad en una planta de fabricación automática de artículos de escritura de una de las diez empresas líderes mundiales en artículos de estas características.

La idea del trabajo parte de la experiencia que como trabajador he acumulado en los catorce años que llevo dedicados en la industria. Desde que empecé como operario hasta llegar a ser responsable de una planta de fabricación con sesenta personas a cargo he tenido la inquietud de mejorar diariamente en aspectos que he considerado vitales para mejorar la productividad y que ahora plasmaré en este trabajo.

Paralelamente a mi formación académica he realizado cursos relacionados con las herramientas destinadas a la mejora de la productividad y son estas junto con mis conocimientos y experiencias profesionales las que deseo desarrollar.

Mejora Continua, Producción Esbelta, 5S, Kanban, Poka Yoke, Despilfarros, Kaizen..., conceptos basados en la filosofía Lean Manufacturing son en los que centraré este trabajo de final de carrera.

## **ABSTRACT**

This work is presented below is based on an implementation of tools for improving productivity in a manufacturing facility Automatic writing instruments of the ten world leaders in such items.

The idea of working part of the experience I have accumulated as a worker in the fourteen years I have been engaged in the industry. Since I started as a worker to become responsible for a manufacturing facility with sixty people in charge have had the concern to improve every day in ways that I considered vital to improving productivity and now execute in this work.

Alongside my academic training I have taken courses related to the tools for improving productivity and it is these along with my professional knowledge and experience which I wish to develop.

Continuous Improvement, Lean Manufacturing, 5S, Kanban, Poka Yoke, waste, Kaizen ... concepts based on Lean Manufacturing philosophy are in this work will concentrate limit

## **AGRADECIMIENTOS**

Son varias las personas a las que tengo que dar las gracias por haber colaborado de forma directa o indirecta en la realización del trabajo. Resaltar la voluntad desinteresada que por parte de la planta de fabricación de montura automática y en concreto Gregorio Flores y Juan Antonio Oliver, departamento de planificación en especial a Roland Rodríguez y departamento de Oficina Técnica. Todos ellos además de aportar; me han tenido que soportar.

Evidentemente a mi familia: padres, hermanas y hermanos políticos que en alguna ocasión durante la realización del trabajo han tenido que "liberarme" de las dos personas a las que tengo que dedicar este trabajo especialmente; mi mujer Laura y mi "muñeco" Lucas, a los que tengo, además de agradecer, dedicar este trabajo ya que sin la comprensión de una y sin el tiempo "robado" al otro no hubiera sido posible realizar este proyecto.

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIONES	PAG.
Fig. 2.1. Máquina de ensamblar bolígrafos modelo B-COMPACT y componentes.	10
Fig. 2.2. Elementos ensamblaje cargas.	12
Fig. 2.3. Fases encajado pedido para su posterior expedición.	13
Fig. 3.1. Evolución fabricación de cargas.	16
Fig. 3.2. Situación actual planta de Montura Automática	18
Fig. 3.3. Resumen acciones implantación 5S ´s.	20
Fig. 3.4. Diagrama Seiri (Necesario/Innecesario).	21
Fig. 3.5 Tarjeta roja para clasificación de elementos innecesarios.	22
Fig. 3.6. Diagrama de implantación de Seiton	23
Fig. 3.7. Página principal seguimiento auditorías.	27
Fig. 3.8. Seguimiento de auditorías (Plan de acción).	28
Fig. 3.9. Ilustración de plan de acción de mejora (desperfecto en instalaciones.)	29
Fig. 3.10. Antes y después de la zona roja (material pendiente de evaluar).	31
Fig. 3.11. Evolución almacén año 2010	32
Fig. 3.12. Evolución de los almacenes de la planta de montura automática en 2010.	33
Fig. 3.14. Caja de terminales identificada a nivel micro.	34
Fig. 3.15. Etiqueta identificatoria de terminales.	35
Fig. 3.16 Etiqueta control de calidad.	35
Fig. 3.17. Diagrama de ubicación de materiales según utilización.	36
Fig. 3.18. Identificación a nivel macro (estanterías) y micro (cajas).	36
Fig. 3.19. Zona de almacenaje de palets producto acabado.	38
Fig. 3.20. Zona de almacenaje de cartón para encajar.	39
Fig. 3.21. Situación inicial almacenaje de tintas.	40
Fig. 3.22. Situación actual almacén de tintas.	40
Fig. 3.23. Delimitación en el suelo zona piloto.	41
Fig. 3.24. Turnos de limpieza.	42
Fig. 3.25. Definición áreas de limpieza en la planta de montura.	42
fig. 3.26. Formato hoja seguimiento acciones de limpieza.	43
Fig. 3.27. Panel informativo datos mensuales de la no calidad de la planta.	44
Fig. 3.28. Tabla coste implantación 5S ´s.	46
Fig. 3.29. Tabla resumen beneficios implantación 5S ´s.	48
Fig. 3.30. Tabla resumen balance económico implantación 5S ´s.	48
Fig. 4.1. Stock de seguridad del almacén de cargas.	54
Fig. 4.2 Situación inicial máquinas ensamblaje de cargas	55
Fig. 4.3. Máquinas impis para fabricación de cargas in-in.	56
Fig. 4.4. Máquinas transfer para fabricación de cargas tp.	56
Fig. 4.5. Evolución fabricación cargas y productividad de las mismas.	57
Fig. 4.6. Nueva distribución para máquinas de ensamblar cargas (islote).	58
Fig. 4.7. Islote de ensamblaje de cargas.	59
Fig. 4.8. Contenedor kanban de transporte.	62
Fig. 4.9. Esquema estantería N° 1 ubicación materiales kanban.	64
Fig. 4.10. Esquema estantería N° 2 ubicación materiales kanban.	69
Fig. 4.11. Tablón kanbanes de la planta de montura automática.	70
Fig. 4.12. Kanban de transporte carga in-in azul.	72
Fig. 4.13. Kanban de producción carga in-in azul.	73
Fig. 4.14. Kanban de transporte para abastecimiento de terminales.	74
Fig. 4.15. Kanban de señal de carga in-in azul.	76
Fig. 4.16. Posterior del kanban de señal. Listado de materiales.	77
Fig. 4.17. Kanban de señal carga in-in azul	78

Fig. 4.18. Tabla de coste implantación Kanban.	79
Fig. 4.19. Evolución del almacén ALCG (terminales para ensamblaje de cargas).	81
Fig. 4.20. Tabla resumen beneficios implantación Kanban.	82
Fig. 4.21 Tabla resumen balance económico implantación kanban.	82
<b>Capítulo 5</b>	
Fig. 5.1. Esquema comparativo grandes series (antes) lotes cortos (después)	84
Fig. 5.2. Fases de implantación de SMED.	87
Fig. 5.3. Evolución volumen de producción planta montura automática.	89
Fig. 5.4. Evolución volumen número de intervenciones por cambio de modelo.	90
Fig. 5.5. Porcentaje volumen de pedidos por intervalos.	91
Fig. 5.6. Diagrama de actividades simultáneas inicial.	95
Fig. 5.7. Diagrama de actividades simultáneas propuesto.	100
Fig. 5.8. Tapón mecanismo modelo New (verde) y modelo Compact (rosa).	101
Fig. 5.9. Geometría clip modelo New (amarillo) y modelo Compact (blanco).	102
Fig. 5.10. Geometría gomas modelo New (rugosa) y modelo Compact (lisa).	102
Fig. 5.11. Bolígrafo modelo New (naranja) y modelo Compact (azul).	103
Fig. 5.12 Final de carrera modelo Compact.	104
Fig. 5.13. Coliso doble forma de pera en lineal clip para anclaje rápido.	104
Fig. 5.14. Utillajes clavada tapón en estación de clavado.	105
Fig. 5.15. Utillajes traslado mecanismo Compact (imagen superior) y New (imagen inferior).	106
Fig. 5.16. Estación comprobación puntera. Detalle potenciómetro fotocélula.	107
Fig. 5.17. Programación e instalación de mando acción manual.	108
Fig. 5.18. Tabla comparativa situación inicial-nueva.	109
Fig. 5.19. Tabla coste implantación SMED.	109
Fig. 5.20. Tabla de beneficios implantación SMED	111
Fig. 5.21. Tabla resumen balance económico implantación SMED.	111
<b>Capítulo 6</b>	
Fig. 6.1. Ubicación inicial máquinas encajado (nivel 2).	116
Fig. 6.2. Plataforma comunicación niveles planta montura automática.	116
Fig. 6.3. Planta de montura automática actual con especificaciones para modificar distribución.	118
Fig. 6.4. Diagrama de recorrido situación inicial.	120
Fig. 6.5. Diagrama de recorrido nueva situación.	121
Fig. 6.6. Distribución en planta de las máquinas de ensamblar automáticamente por modelos.	124
Fig. 6.7. Tabla resumen volumen producción por modelos y distancias puntos definidos.	125
Fig.6.8. Nueva ubicación máquinas encajado (junto a montacargas de expediciones).	127
Fig. 6.9. Tabla costes cambio de ubicación máquinas de encajado.	128
Fig. 6.10. Cronometraje acciones de demora.	130
Fig. 6.11. Tabla resumen beneficios implantación distribución en planta.	131
Fig. 6.12. Tabla resumen balance implantación distribución en planta	131
<b>Capítulo 8</b>	
Fig. 8.1. Tabla resumen presupuesto estudio e implantación del proyecto.	134
Fig. 8.2. Tabla de beneficios implantación herramientas de mejora	135
Fig. 8.3. Tabla resumen balance económico implantación proyecto.	136



# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La finalidad del proyecto es la aplicación de las herramientas que forman la base de la casa de la calidad para la mejora de la productividad en una planta dedicada a la fabricación de forma automática de artículos de escritura. El objeto de este anteproyecto es el de realizar un estudio de la situación actual en el marco productivo de una empresa dedicada desde hace cincuenta años a la fabricación de artículos para la escritura.

Para poder implantar las herramientas de mejora a la producción es indispensable definir el concepto de productividad. Posteriormente se procederá a realizar un seguimiento cronológico sobre la empresa en la que se va a implementar el estudio así como en los artículos en los que centra su producción. Finalmente se puntualizarán las herramientas de mejora que se van a implementar mediante una breve descripción y su método de aplicación.

## 1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El principal objetivo del proyecto es; una vez definidos los parámetros actuales en la producción de la planta de fabricación, definir, desarrollar e implantar mejoras productivas con el fin de aumentar la productividad, flexibilizarla, disminuir los despilfarros, disminuir los stocks, disminuir los espacios, eliminar los stocks de seguridad e intermedios... En definitiva poner en práctica mejoras de la productividad para conseguir que esta sea lo más eficiente posible.

## 1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

Al ser una implantación real en una empresa el factor principal al que hay que remitirse es al tiempo de ejecución. En el anteproyecto de este trabajo se han introducido la mayoría de herramientas que tienen que ver con la fabricación esbelta (lean manufacturing). La implantación, seguimiento, estandarización y generar la filosofía de trabajo en la compañía es un proceso que puede durar años y el cual debe perdurar y mejorar diariamente (mejora continua).

Por este motivo el alcance del proyecto queda definido en el anteproyecto mediante un diagrama de Gantt y dependerá en exclusividad del tiempo real para la implantación de las mejoras.

# **CAPÍTULO 2: PRESENTACIÓN DE LA PLANTA DE MONTURA AUTOMÁTICA.**

La planta de montura automática de inoxxrom está destinada al ensamblaje de consumibles y artículos de escritura tanto para la división de B2B (Business to Business) como para el área de B2C (Business to Consumer) de la empresa. Además se preparan los pedidos para expediciones mediante el encajado de los mismos. Es necesario puntualizar que la empresa trabaja con una filosofía de mini compañías donde las secciones que abastecen a montura automática trabajan como proveedores externos de la misma. En la actualidad todos los terminales que se utilizan en la planta se generan en la propia fábrica. Por este motivo se podría decir que montura automática tiene 4 grandes proveedores que son: Planta de inyectados; Planta de personalización, Sección de puntas, Almacén central. Todos los terminales utilizados en la planta de montura son abastecidos por estos centros de coste. A continuación se describe de forma breve las diferentes actividades que se desarrollan en la planta y que nos harán entender de forma más clarificadora los siguientes temas.

## **2.1. EMSAMBLAJE DE ARTÍCULOS DE ESCRITURA.**

Junto con el ensamblaje de los consumibles es la mayor y más importante actividad de la planta ya que a partir de máquinas automáticas específicas se ensamblan el 82% de los artículos que Inoxxrom pone en el mercado.

La fabricación está centrada en gran parte en el área de B2B de la empresa, 78% de la fabricación total frente al 22% restante que está destinado al área de B2C.

Se dispone en planta de 22 máquinas automáticas para el ensamblaje de artículos de escritura de las cuales 14 montan solo un modelo. Las 8 máquinas restantes son polivalentes y montan desde dos modelos diferentes (máquina B-COMPACT) hasta seis modelos diferentes (máquina B-RIO) mediante cambios de

reglajes mecánicos y eléctricos. La maquinaria específica para el ensamblaje de artículos de escritura está diseñada para grandes lotes de producción pero en la actualidad la realidad es bien distinta ya que las producciones son pequeñas y los cambios de máquina frecuentes motivo principal por el cual la planta no está adaptada a las necesidades de hoy en día (se realizan en la actualidad hasta 4 cambios de modelo por turno).



*Fig.2.1. Máquina de ensamblar bolígrafos modelo B-COMPACT y componentes.*

## 2.2. EMSAMBLAJE DE CONSUMIBLES (CARGAS).

Los consumibles son las cargas que hacen que el bolígrafo escriba. Estos consumibles son ensamblados en dos islas de trabajo independientes: 4 máquinas impis que fabrican la carga denominada in-in (internacional-internacional) y dos máquinas transfer que montan la carga tp (todo plástico). Al igual que en el caso del ensamblaje de artículos de escritura todos los terminales y materias primas utilizados en el ensamblaje de los consumibles son de fabricación interna: sección puntas, almacén central, sección de tintas. El 98% de la producción de los consumibles que se utilizan en montura automática están concentrados en cuatro referencias: carga in-in azul, carga in-in negra, carga tp azul y carga tp negra.

En el caso del ensamblaje de las cargas nos encontramos con el mismo problema que en el ensamblaje de artículos de escritura; tanto las máquinas como la distribución en planta de las mismas están destinadas a grandes producciones que en ningún caso se corresponde con la actualidad. Problema agravado en los consumibles, puesto que en la actualidad se utiliza el doble de recursos de los necesarios para fabricar las necesidades debido principalmente a dos factores:

- Las máquinas no están preparadas para realizar cambios rápidos.
- Las necesidades actuales unidas al layout de las máquinas hacen que en la actualidad estemos trabajando al 50% de la capacidad.

Debido a la importancia en la fabricación de los consumibles se han de utilizar herramientas alternativas a las actuales para mejorar los rendimientos de la planta en la fabricación de los consumibles.



Fig. 2.2. Elementos ensamblaje cargas.

## 2.3. ENCAJADO DE ARTÍCULOS.

La totalidad de los artículos ensamblados en la planta de montura automática están destinados a la zona de encajado para preparar los pedidos para su posterior expedición. Es decir todos los pedidos ensamblados en la planta pasan por esta sección donde, de forma semi-automática se encajan todos los pedidos. Las máquinas destinadas al encajado de artículos proceden de la sección de expediciones (antiguos responsables de encajar los pedidos) pero debido a los ajustes de la fábrica y a que cada vez con mayor frecuencia la expedición de los pedidos son personalizados (especificaciones características para cada cliente) han hecho que la Dirección decidiera encajar los pedidos en la planta donde se ensamblan. Por este motivo y por ser las últimas máquinas en llegar a la planta se adaptó un espacio sin tener en cuenta ciertas consideraciones a nivel de desplazamiento de materiales.

En la actualidad y teniendo en cuenta que el área de expediciones ha cambiado de ubicación, los desplazamientos de material montado son excesivos y además todos los materiales tienen que subir por un montacargas interno en la planta ya que está cuenta con dos niveles y las máquinas para encajar pedidos se

encuentran en el nivel superior. En el estudio realizado se presenta una alternativa a la ubicación actual de la zona de encajado y se justifica numéricamente el cambio de layout.



*Fig. 2.3. Fases encajado pedido para su posterior expedición.*

# CAPÍTULO 3:

## 5S.

### 3.1. INTRODUCCIÓN A LAS 5S.

La metodología de 5S es considerada como uno de los principios básicos de la manufactura esbelta para maximizar la eficiencia en los lugares de trabajo, y dar la posibilidad de contar con diversificación de productos, calidad más elevada, menores costos, entregas fiables, etc.

La metodología de implementación se divide en las fases que se describen a continuación:

- Recolección de información sobre el nivel de 5S en el área designada y sobre la cultura organizacional de la empresa objeto del estudio.
- Establecer que clase de desperdicios se generan y sus posibles causas.
- Determinar el flujo de procesos del área designada, para su posterior análisis.
- Implementar cada uno de los pilares de las 5 S y mostrar la relación que tienen estos pilares con otras técnicas de mejora continua.
- Estudiar los indicadores escogidos para evaluar la implementación y presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Finalmente se busca presentar una metodología que sirva como guía de implementación para áreas críticas de la empresa. Se espera lograr el correcto desarrollo de esta metodología de mejora continua.

Para avanzar en la implementación de cualquier otra herramienta de Lean Manufacturing es necesario que exista un alto grado de disciplina en la organización. El resultado obtenido se mide tanto en productividad como en satisfacciones del personal respecto a los esfuerzos que han realizado para mejorar las condiciones de trabajo. La aplicación de esta técnica tiene un impacto a largo plazo. La implementación de las 5S puede ser uno de los primeros pasos del cambio hacia mejora continua.

La aplicación de las 5S permite la formación de hábitos de limpieza y orden entre operarios, personal técnico, administrativo y directivos. Al utilizar la técnica de las 5S en la empresa, nos estamos refiriendo a la implementación de las mismas para mantener los puestos de trabajo y el resto de ámbitos de una empresa limpios, ordenados y solamente con lo necesario. Además, se estandariza lo que se hace con los operarios, personal técnico, administrativo y directivos y se

promueve la disciplina y nuevos métodos de trabajo que permiten mejorar los resultados productivos.

Las 5 S's son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado empresas occidentales. La filosofía 5S no es una corriente de mejora de trabajo sino una filosofía aplicable a todos los niveles en nuestra vida cotidiana en la sociedad actual.

En definitiva 5S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para mantener continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la organización.

## 3.2. IMPLANTACIÓN 5S.

La planta de montura automática de la empresa en cuestión es el área seleccionada para la implantación de esta herramienta por ser un área conflictiva en el mantenimiento diario del orden, control de stocks, inventarios, mantenimiento de limpieza..., debido al volumen que transita diariamente por la planta.

Otra característica importante a la hora de seleccionar el área es la situación actual que vive la empresa. En el año 2007 en la planta de fabricación de montura automática se fabricaron aproximadamente 48 millones de artículos y 52 millones de cargas. En el año actual y teniendo en cuenta que los datos de noviembre y diciembre son previsiones del departamento de ventas en volumen de fabricación de artículos está entorno a los 15 millones de artículos y esta misma cantidad para la fabricación de cargas.

A continuación se muestra un gráfico de la evolución del volumen de fabricación de la planta tanto para artículos de escritura como para cargas.



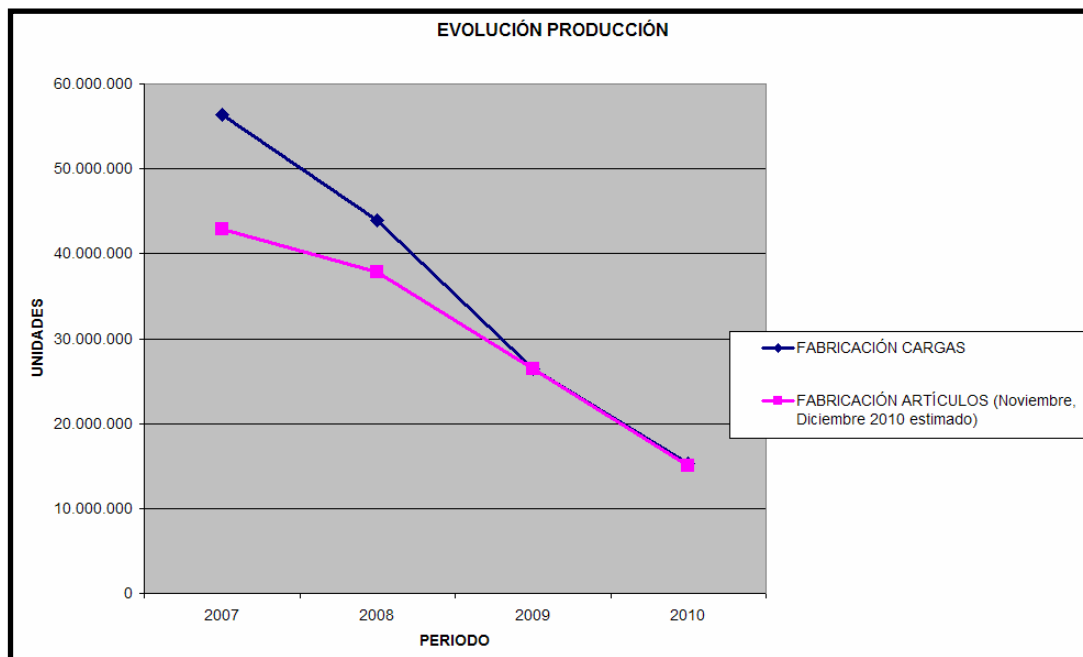


Fig. 3.1. Evolución fabricación de cargas.

Es evidente que todos estos cambios han sido posibles llevarlos a cabo con el respaldo de la dirección. Los cambios se inician en la mentalidad de los directivos de una compañía. Por este motivo este proyecto tiene comienzo en la compañía con una presentación incluida en el ANEXO A de este proyecto; "Presentación 5 S's", realizada a la dirección para dar a conocer las herramientas a aplicar en la compañía y aprovechar los momentos complejos como revulsivo orientado al cambio.

Se inicia el proyecto realizando un estudio a nivel productivo en los últimos 5 años obteniendo resultados en la mayoría de los casos obvios. La producción ha disminuido aproximadamente un 70% de enero de 2005 a enero de 2010 si se realiza un balance anual tanto en artículo de escritura como en consumible.

- Fabricación de artículos de escritura: De los 47.661.607 millones de artículos que se montaron durante el periodo de enero a diciembre de 2005 a los 13.642.128 millones de artículos que se montaron en el mismo periodo pero del año 2009.

- Fabricación de consumible (semielaborado): En la actualidad tenemos en la planta 4,5 millones de producto semielaborado (cargas) en concepto de stock intermedio para aprovisionamiento del mismo. Además de no ser productivo ya que la filosofía lean se centra en la producción justa para mantener una producción tensa hay que tener en cuenta que se necesita un área para su almacenaje y una continua actualización de stocks para tener controladas tanto referencias como cantidades. Los datos de la gráfica mostrada anteriormente en la figura 3.1 son concluyentes: de los 56.370.882 de semielaborados montados en el periodo de 2007 hemos pasado a los 15.311.463 de semielaborados montados para el mismo periodo en 2010 (los meses de noviembre y diciembre están contabilizados sobre las previsiones del departamento de ventas).

Paralelamente se ha llevado a cabo estudios para medir dos factores fundamentales en el JIT. Por un lado he realizado un histórico de stock físico de

piezas ubicadas en los dos almacenes que forman la planta de fabricación de los cuales se deducen principalmente dos factores a resaltar:

➤ Almacenamientos excesivos: Teniendo en cuenta en los niveles productivos que nos movemos en la actualidad los stocks no se ajustan en ningún caso a estos niveles. La producción se ha reducido en un 70% sin embargo los stocks prácticamente no se han movido y las piezas (tanto en cantidad como en referencias) son superiores las innecesarias en contraposición a las necesarias. A esto hay que añadir que aproximadamente el 40% del espacio utilizado en planta se está utilizando para el almacenamiento de este material innecesario en planta para el proceso diario de fabricación. A nivel de ahorro hay que tener en cuenta varios factores importantes. Por un lado tenemos la liberación de espacio cuantificado aproximadamente en 320 m.<sup>2</sup> realizando una estimación. Cabe remarcar que a partir de la liberación de espacio el siguiente paso es realizar un estudio del layout de la planta para agrupar equipos de trabajo. Es esta agrupación la que nos va a proporcionar el segundo grupo de ventajas a nivel económico. Si reducimos el área efectiva de trabajo y agrupamos las diferentes líneas de fabricación tenemos que tener en cuenta que automáticamente el flujo de materiales varía sustancialmente. La materia prima tiene que recorrer menos metros así como el producto acabado y esto se resume en menos movimientos por parte de los listeros y por tanto mayor aprovechamiento de los recursos en cuestión de mano de obra indirecta.

➤ Regularizaciones de material: Remitiéndome a las regularizaciones de stocks de piezas del periodo que comprende enero a diciembre de 2009 el balance de piezas dadas de baja por regularizaciones de stock se contabiliza hasta 4.679.053 de piezas valorados en 30.211,16€. Por otro lado las piezas dadas de alta en los inventarios de stock sin realizar ningún proceso productivo ascienden a 3.909.689 de piezas valoradas en 23.906,48€. En la mayoría de los casos estas regularizaciones son provocadas por varios motivos pero principalmente por stocks excesivos en planta, falta de control en la recepción de materiales, falta de identificación a nivel macro (no hay ubicación física definida para las cajas de piezas) y micro (las piezas no viene identificadas) por lo cual se hace imposible llevar un control del stock en planta.

Estos datos son concluyentes a la hora de valorar la implantación de las 5S como primera herramienta para la mejora de la planta de fabricación. A continuación se muestran unas ilustraciones de la situación actual de la planta de fabricación.



Fig. 3.2. Situación actual planta de Montura Automática

### 3.2.1 Visión general de las 5S.

5S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para mantener continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la organización. Esta metodología fue elaborada por Hiroyoki Hirano, y se denomina 5S debido a las iniciales de las palabras japonesas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que significan clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Las 5S están divididas en dos partes importantes:

Las 3 primeras S están orientadas a las cosas; como las condiciones de trabajo y en general al entorno laboral.

Clasificación.- Consiste en retirar del área de trabajo todos aquellos objetos y herramientas que no son necesarios para la realización de las tareas

diarias, dejando solo aquellos que se requieren para trabajar de una forma productiva y con calidad. Mediante la clasificación se deben eliminar desperdicios, se optimizan las áreas de trabajo y almacenaje y en general se aumenta la productividad.

Orden.- Organización de los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad por cualquier persona en el entorno de trabajo. Ordenar tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos en el entorno de trabajo. Con esto se reduce el tiempo destinado a la búsqueda de materiales, útiles o herramientas de trabajo, se cuenta con áreas más limpias y se promueve la cultura del orden. En definitiva se trata de tener un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar de forma identificada.

Limpieza.- Mantener el área de trabajo limpia para crear un ambiente propicio para la producción diaria con una buena calidad y bajo un ambiente agradable. Limpieza significa eliminar suciedad y polvo de todos los elementos de la empresa. Además es conveniente inspeccionar las fuentes de suciedad e inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza con el fin de identificar problemas de escapes, averías o fallos.

La 4ª y 5ª S están orientadas a uno mismo como persona

Estandarización.- Todo lo relacionado con el estado de la salud tanto física como mental que requiere una persona para estar en condiciones óptimas para poder desempeñar su trabajo diario con calidad. Pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las 3 primeras S. Sugiere observar hábitos como el aseo personal, revisión médica, descanso adecuado, actitud positiva en el trabajo, cumplimiento de las normas de seguridad y en definitiva cualquier valor que aporte calidad al trabajador. Para conseguir el objetivo se necesitan crear estándares de limpieza e inspección para realizar acciones de autocontrol periódicas y permanentes.

Disciplina.- El efecto de las cuatro primeras S's desaparecerá si no se cuenta con la disciplina necesaria que ayude a incorporarlas en los hábitos diarios, esto significa evitar que se eliminen los procedimientos ya establecidos. Consiste básicamente en fomentar el seguimiento mediante la disciplina de los estándares formalizados dando importancia a los beneficios relacionados con la implantación de las cuatro primeras S's. Se muestra a continuación una ilustración que se ha añadido a la cuartilla que se facilitó al personal de planta para familiarizarse con las 5S.

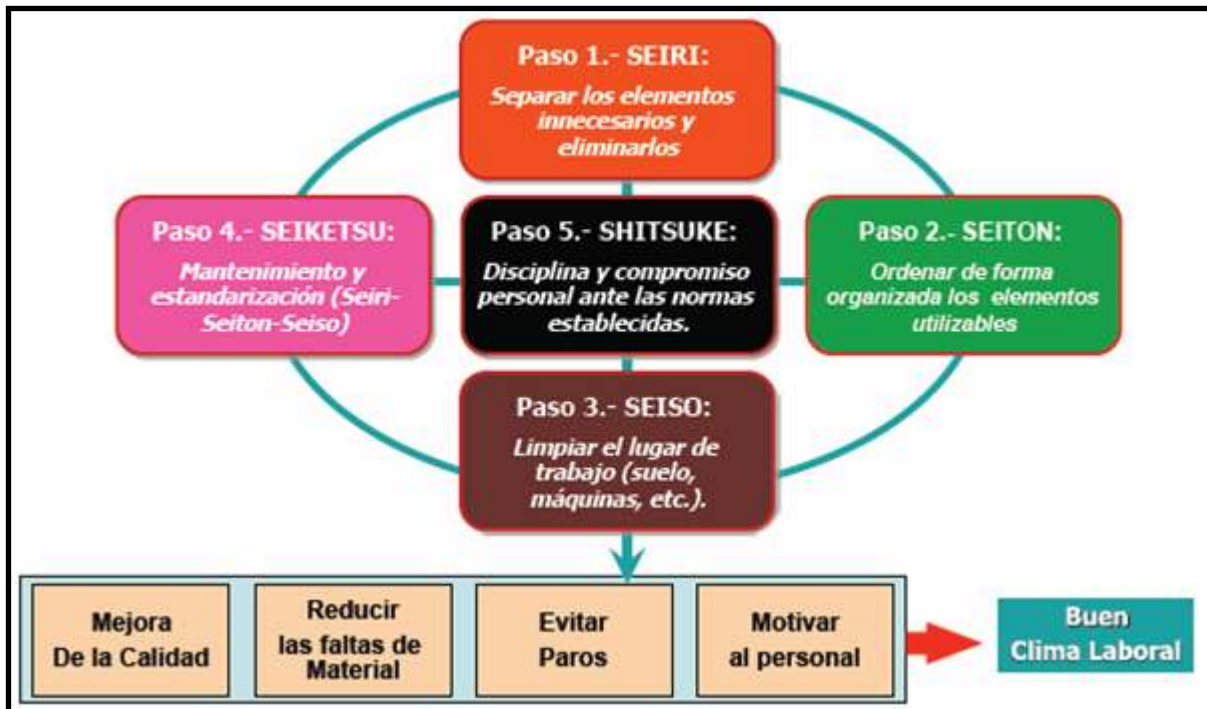


Fig. 3.3. Resumen acciones implantación 5S´s.

### 3.2.2 Seiri (Clasificar)

La verdadera finalidad de esta primera S es la de eliminar lo innecesario. Para la correcta ejecución de la misma se ha sido exigente con las decisiones tomadas al mismo tiempo que cuidadosos para clasificar los diferentes elementos. Hemos determinado tres grupos para clasificar los elementos:

- Necesarios de uso constante o forzoso.
- Necesarios de uso ocasional.
- Innecesarios.

Para realizar la clasificación física de los elementos a evaluar hemos apilado todos los elementos que hay ubicados en el área de trabajo y se ha realizado una primera clasificación en base estrictamente a la necesidad de los mismos. Para la realización de la clasificación se ha seleccionado un diagrama de secuencia.

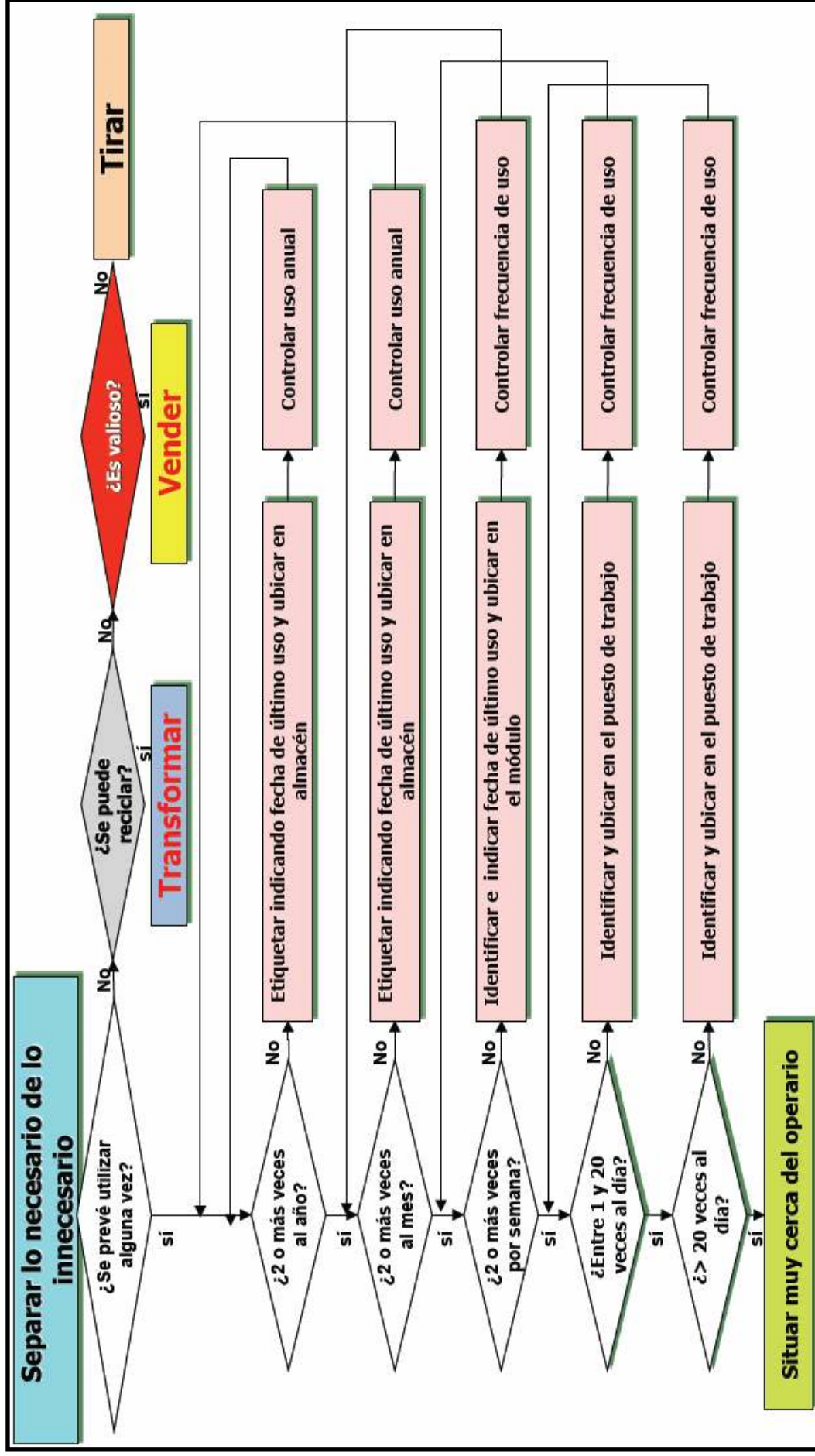


Fig. 3.4. Diagrama Seiri (Necesario/Innecesario).

La primera selección ha sido diferenciar entre lo que sirve y lo que no sirve. A continuación se define que realizar con los tres tipos de materiales

- **Elementos innecesarios:** Estos elementos tiene varias posibilidades antes de decidir su eliminación. Para definir que acción se realizará con los elementos innecesarios se define una tarjeta roja donde se identifica el elemento, sus características, la fecha, el número de identificación, la cantidad y la acción a ejecutar; en caso de poder reciclar se puede transformar para su posterior utilización, de no ser así, pero tener un valor de mercado, se puede vender. Si ninguna de estas dos vías fueran viables el destino final sería deshacerse del mismo. A continuación se muestra la figura de la tarjeta utilizada para los elementos innecesarios.

**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Número:** \_\_\_\_\_

**Área:** \_\_\_\_\_

**Nombre del Elemento:** \_\_\_\_\_

**Cantidad:** \_\_\_\_\_

**Disposición:**

**TRANSFERIR**

**ELIMINAR**

**INSPECCIONAR**

**Comentario:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

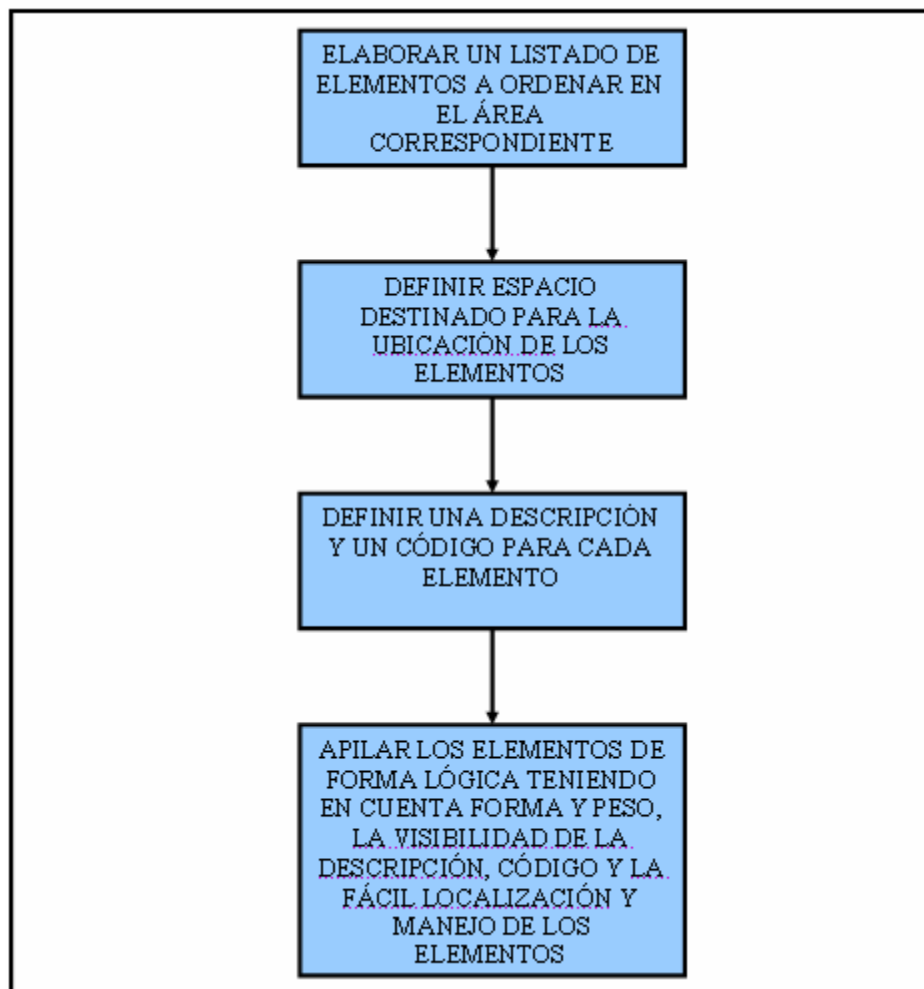
*Fig. 3.5 Tarjeta roja para clasificación de elementos innecesarios.*

- **Elementos necesarios:** En función de la frecuencia de uso se ubica de más próximo al operario cuando la frecuencia es máxima, o buscar una ubicación en el almacén en caso de que la frecuencia fuera mínima.

### 3.2.3 Seiton (Ordenar)

Es en esta etapa donde una vez seleccionados los elementos necesarios se deben identificar estos y su ubicación (identificación a nivel micro y macro de todos los materiales, identificación de herramientas, útiles y en general cualquier elemento necesario en el entorno de trabajo así de como su ubicación. Es necesario identificar también al área de la planta que pertenece. El objetivo de esta herramienta es que cualquier elemento tenga un lugar de ubicación y que tanto esta como la finalidad del elemento sean rápidamente reconocidas por cualquier persona que pertenezca al entorno de trabajo y por otro lado minimizar los tiempos de búsqueda de los elementos propios del área de trabajo. La metodología utilizada para definir estos conceptos queda expuesta en el

siguiente diagrama de la figura 3.6 que será el utilizado para aplicar la herramienta.



*Fig. 3.6. Diagrama de implantación de Seiton*

### 3.2.4 Seiso(Limpieza)

La implementación de Seiso comprende en encontrar las claves para lograr y mantener la limpieza en el área de trabajo. Para llegar al objetivo es necesario cumplir unas reglas básicas definidas a continuación:

1. No ensuciar. Reducir o eliminar las causas que pueden generar suciedad:
  - En cualquier ocasión, eliminar inmediatamente cualquier situación de suciedad que se haya generado.
2. Eliminar la suciedad, los defectos o las imperfecciones, dejar los medios de trabajo (máquinas, útiles, instalaciones, herramientas, mobiliario, etc.) limpios (sin grasa, polvo, etc.):
  - Trabajar en un entorno sucio y desordenado es inseguro con un alto riesgo de accidentes y además, afectará directamente a la calidad obtenida de los productos fabricados.



- La clave del éxito en la consecución y mantenimiento de la limpieza de una empresa depende de la actitud y participación del personal que la forma.

### 3. Procedimientos para efectuar una operación de limpieza:

- Diseñar un programa de limpieza (diario y periódico) con tareas claramente definidas (quién, cuándo, cómo, dónde)

- Comprobar periódicamente que los responsables de la ejecución de las tareas mantienen el nivel logrado.

- Designar al responsable de cada equipo de mantenimiento de limpieza y asegurar mediante su figura la verificación de las tareas realizadas.

- Definir claramente las líneas que delimitan las áreas de responsabilidad y asegurarse de que no haya áreas muertas (sin responsable). Estas áreas suelen estar comprendidas en zonas comunes o de paso que por su ubicación no quedan claramente definidas.

- Es conveniente que el responsable de la limpieza de un área evalúe otra área ajena a su ejecución.

- Las áreas difíciles u ocultas requieren una evaluación especial y si los resultados no fueran los deseados una patrulla específica que demuestre la intención de alcanzar los niveles más altos de Seguridad, Calidad y Productividad.

#### 3.2.5 *Seiketsu (Estandarizar)*

Tiene como objetivo la constancia en la aplicación de las 3 primeras S's; orden, limpieza e higiene del puesto de trabajo. El objetivo es desarrollar un sistema claro de reglas que aseguren el mantenimiento de los resultados obtenidos al aplicar las S's anteriores. Al igual que en Seiso existe una serie de normas a tener en cuenta:

1. Para mantener y perfeccionar continuamente los procedimientos y normas utilizados en la aplicación de un Plan de 5S es necesario recoger por escrito aquellos elementos que han facilitado el avance en las tres primeras S's. Por tanto se trata de registrar todas las acciones que se han llevado a cabo con el resultado esperado.

2. En función de las áreas (fabricación, administrativa, etc.) se elaborará un manual de aplicación de 5S. Este manual deberá contener como mínimo:

- Condiciones iniciales previas del área de trabajo correspondiente (superficie ocupada, distribución en planta, etc.).

- Layout general de las áreas, mobiliario y equipos que lo forman (incluir responsable del área y forma de contacto).

- La documentación que estandariza el plan debe estar al alcance de cualquier persona de la planta. Los progresos deben estar visibles mediante ilustraciones en paneles informativos y la información se ha de ir actualizando periódicamente.

- Una vez obtenidos los resultados deseados definir los procedimientos y medios de limpieza. Estos procedimientos serán revisados periódicamente.

### 3.2.6 Shitsuke(Disciplinar)

Es la S con más peso específico en la aplicación y consolidación de resultados puesto que sin ella las metas conseguidas con la aplicación del resto de S's se disiparán con el tiempo. Por tanto Shitsuke ha de garantizar la creación y el mantenimiento de buenas prácticas de seguridad y eficiencia en el ámbito del orden y limpieza de los elementos, personas y lugares de puesto de trabajo. En resumen ha de ser la filosofía que impere dentro de la compañía.

Debido a los hábitos generados por la práctica de estas actividades se han de derivar ventajas como:

- Mayor libertad de actuación personal en el ámbito de trabajo sin necesidad de supervisión rigurosa.
- Menor esfuerzo en la práctica repetitiva de las actividades del programa.
- Mayor eficiencia y satisfacción en el trabajo.
- Mayor cuidado con el manejo y la conservación de los elementos productivos tanto individuales como colectivos.

Con el fin de alcanzar los niveles más altos de competencia se requiere por parte del personal de la compañía disciplina y compromiso utilizando los estándares establecidos y cooperando en la aplicación práctica y mejora de procedimientos.

## 3.3 IMPLEMENTACIÓN 5 S's EN MONTURA AUTOMÁTICA.

Para la implantación de las 5S's se decide llevarla a cabo en tres fases.

- La primera fase consiste en aplicar las tres primeras S's en una zona denominada piloto la cual ha sido elegida por ser la más conflictiva en cuestión de orden y limpieza de la planta. El área de trabajo elegida como piloto es la zona destinada al almacenaje de los terminales del modelo de bolígrafo B-Compact y al área de ensamblaje del mismo modelo. Este modelo de bolígrafo tiene once terminales diferentes y por tanto el volumen de material que se desplaza es importante. Además es la segunda línea de montaje con más porcentaje de trabajo anual con un 11% de la producción total aproximadamente. Por otro lado un factor importante para elegirlo como zona piloto es su ubicación ya que se encuentra ubicada justo enfrente de la mesa de los jefes de equipo de la planta; zona habitual de paso por parte de todos los operarios de la planta, mandos intermedios y responsables de departamento.

- La segunda fase engloba la aplicación de las tres primeras S's en el resto de la planta. Esta acción se lleva a cabo prácticamente en paralelo con la aplicación en la zona piloto con un desfase de días. Esta acción de separar en dos

fases la implantación de las tres primeras S's es un simplemente un hecho organizativo puesto que estamos llevando a cabo las primeras acciones para implantar las 5'S y los pasos que se den ahora son decisivos para lograr los objetivos programados. El objetivo de dividir en fases es por un lado aprender la metodología de las 5S's, concentrar los esfuerzos para asegurar el éxito y disponer de un claro ejemplo de mejora que pueda estimular a toda la organización.

- La tercera fase inicia su proceso en paralelo con la finalización y seguimiento de las 3 primeras S's. Se trata de normalizar y disciplinar las acciones llevadas a cabo en la implantación de las 3 primeras S's.

Para la realización y seguimiento de las acciones que se van a llevar a cabo en la implantación de las 5 S's se forma un comité de evaluación de las 5 S's. En la segunda reunión llevada a cabo con la dirección se propone el personal que se considera que debería formar parte de esta comisión de forma permanente y se propone que algún miembro de la alta dirección se persone esporádicamente en las comisiones de evaluación. Con el fin de que todos los departamentos y grupos piramidales de la empresa estén representados se decide que la comisión de evaluación va estar formada por la siguiente relación de personal:

- Responsable de Proyecto
- Director de Producción
- Responsable de Calidad (ISO 14001)
- Responsable de Mantenimiento
- Responsable Planta Fabricación
- Planificador Planta Fabricación
- Jefe de Equipo
- Operario

Con fecha 27 de Mayo de 2010 se constituye la comisión de evaluación de las 5 S's en la Planta de Montura Automática y se define como primera reunión el día 4 de Junio de 2010.

Para poder medir la evolución de la implantación de las 5 S's se realiza en esta primera reunión y por parte de la comisión de evaluación una auditoria para cuantificar el nivel de orden y limpieza de la planta. La auditoria es realizada por cada miembro de la comisión de evaluación mediante un cuestionario incluido en el ANEXO A elaborado por el Responsable de Proyecto y denominado "Formulario de auditoría 5 S's". Para evaluar y poder puntuar cada S se realizan 10 preguntas sobre cada tema. Las preguntas positivas suman un punto y las negativas lo restan. Para contabilizar numéricamente el nivel de las 5 S's se realiza un promedio de todos los cuestionarios realizados. Con el fin de evitar posibles errores de puntuación o transcripción en cada una de las puntuaciones no se tienen en cuenta la de mayor y menor puntuación. Se muestra a continuación la puntuación por cada S de la primera evaluación.

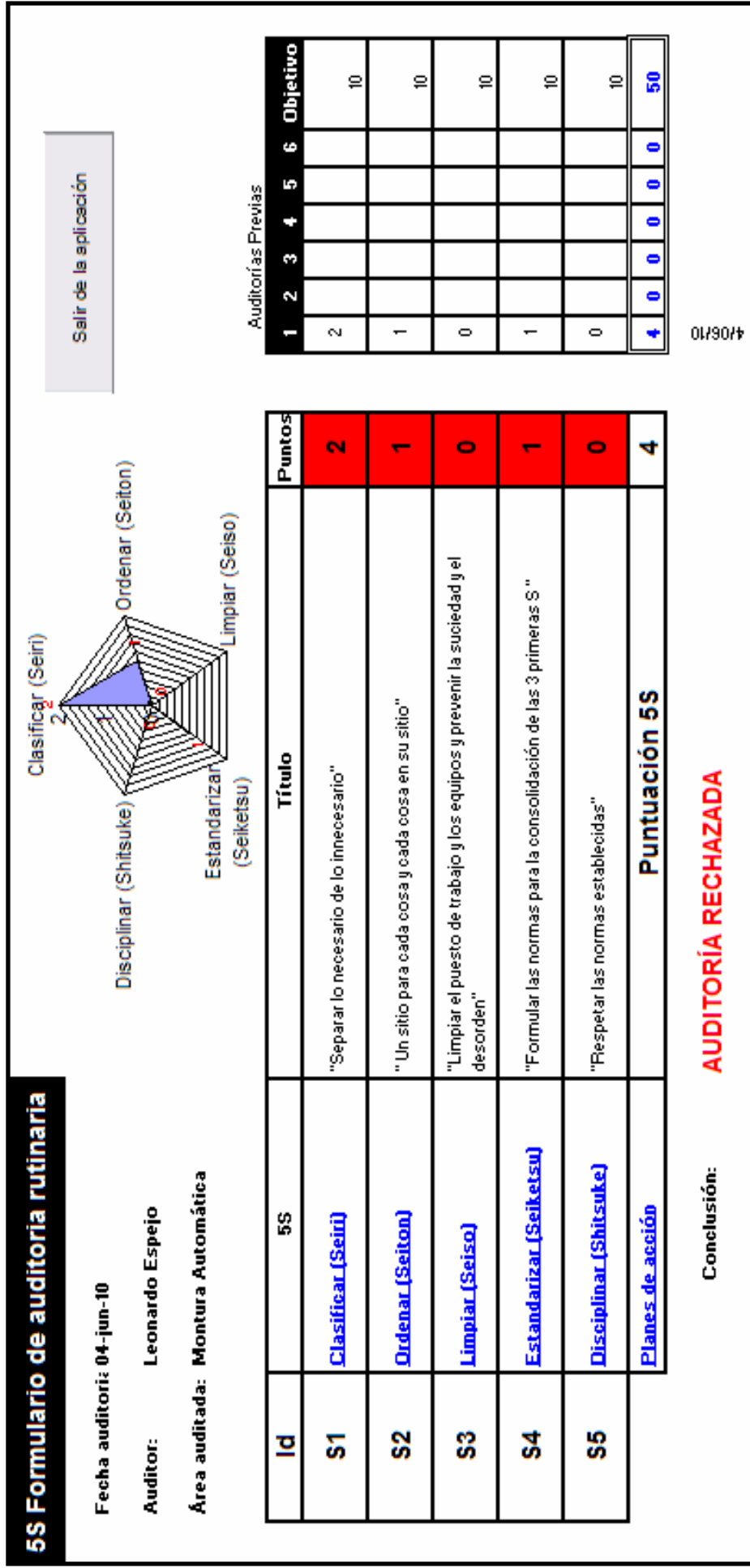


Fig. 3.7. Página principal seguimiento auditorías.

Para realizar el seguimiento de las 5 S's se realiza una hoja de Excel hipervinculada incluida en el ANEXO A. Mediante este hoja se llevará un control de todas las auditorías quincenales, su puntuación por cada S, gráfico de evolución para cada S y finalmente cada acta de evaluación se cerrará con un Plan de Acción; en adelante PA, donde mediante una tabla se enumerarán los PA a



El responsable de cada acción de mejora tiene la obligación de realizar el seguimiento de la misma y de redactar un informe (formato establecido) sobre la implantación y la evolución de la misma. Una vez considerada la consolidación de la implantación se creará un hipervínculo en el Id asignado con una ilustración en la que aparezca la situación inicial antes de implantar la mejora y la situación final una vez consolidada la misma. A continuación se muestra un ejemplo de una de las mejoras implantadas en el PA con fecha 4 de Junio.



*Fig. 3.9. Ilustración de plan de acción de mejora (desperfecto en instalaciones.)*

La mejora pertenece al Id 5 cuya descripción del problema era como se muestra en la figura 3.9 "Desperfectos en el suelo" motivados principalmente por el paso de carretillas como aparece en la tabla. La solución determinada es reparar y una vez llevada a cabo la acción correctora el responsable del seguimiento de la acción coloca en el Id 5 la ilustración mostrada anteriormente.

Para utilizar un baremo de seguimiento de implantación se mostrarán tres mensajes diferentes en función de la puntuación obtenida en la evaluación particular de cada S y para la puntuación total de la herramienta. En la hoja de Excel aparecerá un mensaje de "S NO OK" si la puntuación es igual o inferior a 5 puntos. Si la puntuación está comprendida entre 6 y 9 ambos incluidos el mensaje será: "PRIMERA S OK". Finalmente en caso de puntuación igual a 10 el mensaje sería: "S 100% IMPLANTADA". Es conveniente responsabilizar al personal que esta herramienta busca la excelencia y que no se ha de bajar la guardia ni consiguiendo la máxima puntuación ya que el objetivo es llegar y mantenerse.

Toda esta información que se actualiza quincenalmente cuando se redacta el acta de la comisión de evaluación es enviada a la dirección de empresa. Por otro lado toda la información se imprime y se muestra en paneles ubicados en la planta para que todo el personal tenga acceso a la misma. Es de vital importancia para involucrar al personal y conseguir el objetivo final que la información sea lo más visible posible; las gráficas y las ilustraciones deben resumir de forma clara y escueta las evoluciones conseguidas.

Para formalizar la implantación de las 5S's se realizan un tríptico informativo sobre las 3 primeras S's. Este folleto, incluidos en el ANEXO A de este proyecto como "Tríptico 5S's", se distribuyen al personal de planta como primera toma de contacto de la aplicación.

El inicio de la implantación de las 5S's comienza convocando una jornada de limpieza profunda donde se pretende involucrar en la actividad a todo el personal que pertenece a la planta. Previamente se informa a la Dirección de la importancia de la presencia de algún miembro de la misma para fijar el compromiso con la implantación de la herramienta. Esta jornada se realiza el día 7 de junio y la duración de la misma es de tres horas.

A partir de la realización de la actividad se pone en marcha el comité de evaluación para determinar las pautas a seguir, fijar la periodicidad de las auditorias y el seguimiento de las mismas.

Con la finalidad de controlar los elementos necesarios (materiales, útiles, herramientas, etc.) en las áreas de trabajo se realiza una lista identificando y denominando los diferentes elementos. Estos listados permanecerán en su área de trabajo para evitar almacenar elementos innecesarios con posterioridad.

Se delimita un área roja donde ubicar los elementos innecesarios para su posterior evaluación mediante etiqueta roja. Durante la jornada de limpieza profunda todos los elementos innecesarios o de dudosa necesidad se acumulan en esta área como se muestra en la figura 3.10. Se contabilizan 47 tarjetas rojas para un total de 141 artículos catalogados como innecesarios. Se mantiene una reunión para determinar la disposición de los artículos que comprenden la lista. Dicha lista queda incluida en el ANEXO A de este proyecto denominada "Listado materiales jornada limpieza 5S's".



*Fig. 3.10. Antes y después de la zona roja (material pendiente de evaluar).*

Mediante tarjeta roja se identifican todos los elementos ubicados en esta zona. Con este formato se decide que realizar con estos elementos (transferir, eliminar o inspeccionar).

De las 47 tarjetas rojas 29 fueron catalogadas como innecesarias para su eliminación lo que representa el 62% del total de tarjetas. 9 tarjetas fueron destinadas a otras áreas puesto que en planta no tenían funcionalidad pero si en otras áreas de la empresa. Al material correspondiente a 9 tarjetas se le aplicó orden; es decir, se cambió de ubicación dentro de la planta ya que en la ubicación inicial donde se encontraban no se realizaba ningún servicio sino que lo prestaba en un área diferente.

Paralelamente a las acciones llevadas a cabo con elementos innecesarios se realiza un estudio de los materiales ubicados en la planta para determinar la necesidad de los mismos. El estudio (incluido en el ANEXO A como "Evolución almacén montura-cargas") en cuestión es un balance de los movimientos realizados en los últimos 4 años en la planta. En la actualidad y antes de llevar a cabo cualquier acción para regularizar los stocks tenemos un stock en planta de 27 millones de terminales almacenados. Estos materiales son excedentes de producciones almacenados en las estanterías de planta. Debido a la nula necesidad del 96% de este material se realiza un estudio por referencias y cantidades para controlar el stock y ubicar las piezas en el almacén central. A continuación se muestra la gráfica de evolución del control de stock realizado durante el periodo de 2010.



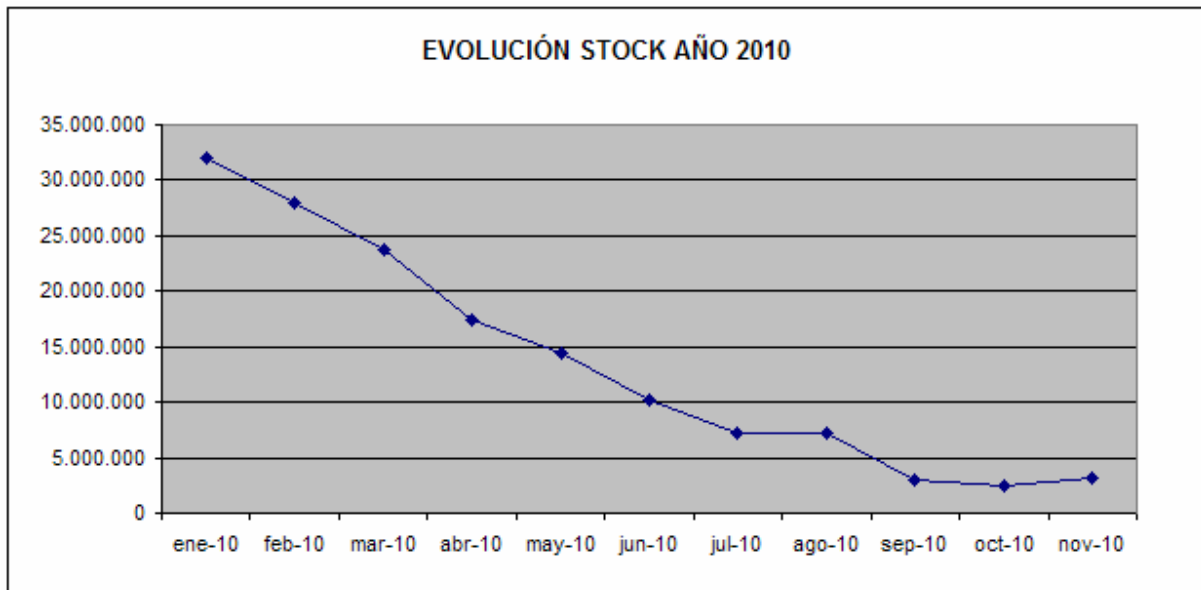


Fig. 3.11. Evolución almacén año 2010.

En el estudio se observa que en planta tenemos 1280 referencias (terminales diferentes) que suman una cantidad de 25 millones. La regularización del stock empieza en el mes de enero y se estima ubicar en almacén central 120 referencias mensualmente. Con estos valores la estimación para tener controlado el stock en planta se prevé para el mes de noviembre. En la tabla de la figura 3.12 se muestra la evolución de los dos almacenes donde se encuentran ubicados los materiales de la planta; ALMA para el Almacén de Montura Automática y ALCG para el Almacén de Cargas. La primera columna de la tabla corresponde a la entrada de terminales en planta. Estos terminales son los necesarios para satisfacer las órdenes de producción. La segunda columna de la tabla corresponde a las salidas de terminales; comprende los terminales que se descuentan al notificar los artículos montados por un lado y las devoluciones que se realizan al almacén principal para controlar el stock en planta y eliminar el stock innecesario de piezas en la misma. La tercera columna son las piezas almacenadas en ALMA. La cuarta, quinta y sexta son las equivalentes para el almacén de ALCG y la última columna corresponde al total de piezas en planta.


<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>Sección de Montura Automática y Cargas</b>  <b>Estado inventario Almacén Montura (ALMA) y Cargas (ALCG)</b> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>											
ALMA						ALCG					
Fechas inventario	Entrada en almacén Montura (ALMA)	Salidas en almacén Montura (ALMA)	Piezas en almacén Montura (ALMA)	Entrada en almacén Cargas (ALCG)	Salidas en almacén Cargas (ALCG)	Piezas en almacén Cargas (ALCG)	Entrada en almacén Cargas (ALCG)	Salidas en almacén Cargas (ALCG)	Piezas en almacén Cargas (ALCG)	Total de piezas en almacén Montura-Cargas	
ene-10	10.650.947	12.450.885	22.565.886	5.080.058	7.059.343	9.362.342				31.928.228	
feb-10	13.466.109	16.414.604	19.617.391	4.834.561	5.894.367	8.302.536				27.919.927	
mar-10	11.235.660	14.684.766	16.168.285	5.014.625	5.774.325	7.542.836				23.711.121	
abr-10	8.499.061	13.510.475	11.156.871	3.858.821	5.066.417	6.335.240				17.492.111	
may-10	10.932.776	13.933.980	8.155.667	3.665.929	3.701.665	6.299.504				14.455.171	
jun-10	10.545.282	14.605.100	4.095.849	5.248.859	5.380.331	6.168.032				10.263.881	
jul-10	9.894.971	12.175.665	1.815.155	4.110.589	4.912.388	5.366.233				7.181.388	
ago-10	4.165.887	4.212.960	1.768.082	0	0	5.366.233				7.134.315	
sep-10	19.664.538	19.945.216	1.487.404	7.002.812	10.908.375	1.460.670				2.948.074	
oct-10	23.196.543	23.623.610	1.060.337	6.621.031	6.700.734	1.380.967				2.441.304	
nov-10	25.116.791	24.387.759	1.789.369	6.881.755	6.811.298	1.451.424				3.240.793	
dic-10											

Fig. 3.12. Evolución de los almacenes de la planta de montura automática en 2010.

Teniendo en cuenta la evolución de los almacenes se ha reducido en un 80% las estanterías de la planta. De las 102 estanterías que inicialmente habían en la planta destinadas al almacenamiento de materiales tenemos 26 operativas en la actualidad. A nivel de mejora en la planta, el control de stock ha servido para:

- Liberación de espacio útil en la planta (306 m.<sup>2</sup>).
- Eliminación de despilfarros producidos por el desorden (4,5 millones de piezas en el periodo de 2009).
- Eliminación de pérdidas por terminales deteriorados debido al almacenaje defectuoso o de larga duración (800.000 piezas en el periodo de 2009).
- Reducción del tiempo de respuesta a la hora de buscar materiales.
- Minimizar el tiempo destinado a la consecución del orden.
- Disminución de las pérdidas de herramientas y útiles.
- Mejor control visual de los stocks debido a la disminución de los mismos.

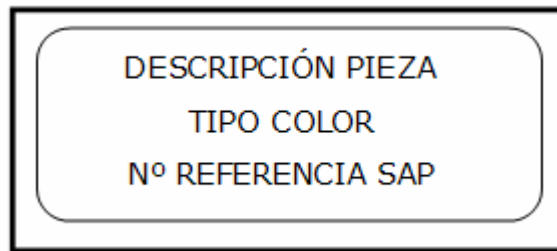
Finalizada la etapa de reducción de inventarios y elementos innecesarios en planta y con la finalidad de ordenar los materiales existentes en la planta se procede a definir tanto la identificación a nivel micro (piezas, cajas, etc.) como a nivel macro (estanterías, zona de cartonaje, zona de producto acabado, etc.) de todos los elementos utilizados en la planta.

Se define en acta nº 3 de la comisión de evolución el formato para identificar todos los terminales existentes en la planta. Dicho formato se realizará mediante pauta. Se muestra a continuación formato de la identificación de cajas que contienen los terminales conjuntamente con ilustración de caja con la nueva identificación.



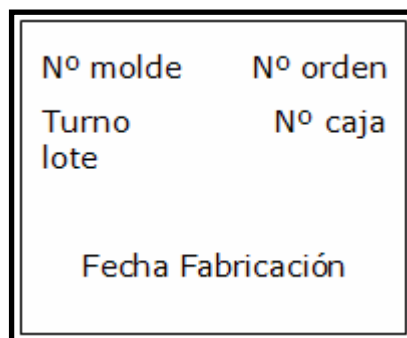
*Fig. 3.14. Caja de terminales identificada a nivel micro.*

Como se observa en la caja de la fotografía tenemos dos tipos de etiqueta. La primera es de identificación y contiene la información que se muestra en la etiqueta tipo.



*Fig. 3.15. Etiqueta de identificación de terminales.*

La segunda etiqueta contiene la información respecto a la calidad de los terminales que se encuentran en la caja. Hay diferentes formatos en función del tipo de terminal (inyección, pieza metálica, pieza externa, etc.). La mostrada a continuación es un ejemplo de terminal de inyección.



*Fig. 3.16 Etiqueta control de calidad.*

Toda y cada una de las cajas ubicadas en la planta tienen que estar identificadas con estas dos etiquetas. A nivel macro es necesario definir todas las ubicaciones físicas que dispone la planta para el almacenamiento de material. Esta ubicación se realiza mediante el diagrama expuesto en la figura 3.6 del apartado 3.2.3. Para poder desarrollar el punto 4 del diagrama donde se debe definir la ubicación de los elementos en función de la frecuencia de uso y teniendo en cuenta volumen y peso se ha elaborado un esquema para realizar una correcta distribución de los materiales. Se muestra en la figura 3.17 el diagrama de definición de ubicaciones.



Fig. 3.17. Diagrama de ubicación de materiales según utilización.

Al igual que a nivel micro se define un formato estándar para definir ubicaciones. Se muestra en la figura 3.18 la diferencia entre el formato inicial (sin identificación) y con el formato actual (identificación micro y macro) extraído del acta nº 3 de la comisión de evaluación.



Fig. 3.18. Identificación a nivel macro (estanterías) y micro (cajas).

Los beneficios del orden en planta se pueden resumir en:

- Se evitan errores en la fabricación gracias a la mejora de la información (9 devoluciones en el año 2009 por equivocación en el ensamblaje de materiales).
- Se facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Todos los elementos tienen una ubicación definida. Cualquier elemento sin ubicar provoca desorden.
- La presentación y estética de la planta se mejora, se comunica orden y se minimiza el riesgo a accidentes.
- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes (3 bajas en el período de 2009 debido a accidentes por desorden)

Con el fin de controlar diariamente el stock de planta se extrae mediante transacción de SAP un listado diario de los movimientos de materiales en la planta. La finalidad es filtrar todas las referencias por necesidad cero y una vez controlado el stock de dichas piezas realizar traspaso al almacén para su correcto almacenaje. De esta forma el control en planta de los terminales será del 100% y los terminales almacenados en la misma serán única y exclusivamente los destinados al montaje de las órdenes de producción. Esta operación está definida para el listero de la planta en el turno de tarde.

Finalizado el control de los materiales y elementos necesarios en la planta de fabricación se procede a definir y delimitar las diferentes áreas de la planta; pasillos, contenedores de residuos banales, productos de limpieza, zona de material no conforme, almacenaje de tintas, zona de artículos acabados, cartonaje, etc. Se tiene en cuenta para la ubicación de las zonas el mismo diagrama que para los materiales ya que tanto la frecuencia de uso como el volumen que ocupa y el lugar donde se hace servir son factores determinantes para definir ubicación. Se expone a continuación los parámetros más relevantes para la ubicación de los materiales expuestos con anterioridad:

- Producto acabado: Se destinan dos zonas: Una primera zona para artículos finalizados pendientes de manipular para su encajado y otra zona de artículos finalizados pendientes de expedir (artículos encajados). La ubicación es contigua a las máquinas de encajar puesto que la manipulación del 100% de la producción se realiza en estas máquinas. Se muestra ilustración de la nueva ubicación.



*Fig. 3.19. Zona de almacenaje de palets producto acabado.*

- Zona de cartonaje: Se delimitan dos zonas. El cartonaje para expediciones; ubicado en palets es el material utilizado para expedir los pedidos. Su ubicación física es en el lateral contiguo a las máquinas de encajar y queda identificado a nivel micro y macro. Se muestra en la figura 3.20 del acta nº 2 de la comisión de evaluación la situación inicial donde se aprecia el desorden en los materiales que generaban continuas regularizaciones de stock, pérdidas de material y tiempos de búsqueda prolongados. Por el contrario en la situación actual se diferencian dos espacios claramente definidos: cajas de inner (encajado a granel de 50 bolígrafos) de las cuales tenemos 4 referencias en función del tamaño y cajas de master (encajado de las cajas inners) de las cuales contamos con 7 referencias en función del tamaño.



*Fig. 3.20. Zona de almacenaje de cartón para encajar.*

- Almacenaje de tintas: En la situación inicial encontramos hasta 5 ubicaciones diferentes para almacenar tintas principalmente por dos motivos; existen dos tipos de tintas (tinta convencional y tinta base agua) y además todas las tintas existentes en fábrica se almacenan en la planta (entre 2000 y 5000 kg. aproximadamente). A todo esto se ha de añadir que las tintas en base agua tienen un formato que no se adapta a las necesidades de consumo de la planta ya que se presenta en barricas de 200 litros. Se muestran varias ilustraciones de las diferentes ubicaciones de almacenaje para las tintas de la planta.





Fig. 3.21. Situación inicial almacenaje de tintas.



Fig. 3.22. Situación actual almacén de tintas.

Para configurar una ubicación única de almacenamiento de tintas se llevan a cabo diferentes acciones:

1- Ajuste de stock: La tinta queda ubicada en el almacén central de fábrica. En planta solo se almacena la necesidad para cubrir 72 horas de producción (180 litros base agua y 150 litros tinta convencional).

2- Al ajustar los stocks de tintas en planta se reduce considerablemente el espacio utilizado para el almacenaje de tintas. Se centraliza el almacenamiento en una única ubicación (Almacén de Tintas).

3- Unificación de formato: Al unificar el almacenaje de tintas es imprescindible definir el formato de fabricación del proveedor, por este motivo se le reclama al proveedor trabajar con un solo formato para facilitar el almacenamiento. Con el fin de identificar de forma visual y evitar posibles errores se realiza las siguientes distinciones: los recipientes de 25 litros de color azul son exclusivamente para tinta convencional. Los recipientes del mismo formato pero de color negro son exclusivamente para tinta base agua. El color de la tinta queda definido mediante el color del tapón del recipiente.

Una vez ordenadas las tres grandes áreas de materiales de la planta el resultado es concluyente: se han reducido en 14 ubicaciones de palets el almacén de tintas (de 16 ubicaciones inicialmente a 2 ubicaciones en la actualidad). En la zona de cartonaje se ha pasado de 12 ubicaciones de palets a 6, es decir, se han reducido 6 ubicaciones. La zona de producto acabado no se ha reducido pero se ha ganado en orden y claridad. Por tanto la reducción en metros utilizados ha sido de 20 m<sup>2</sup>.

A nivel de delimitación de áreas (trabajo, material, máquinas, pasillos) no existe ningún tipo de marca. Se definen el tipo de marcas que se realizarán para señalar los diferentes elementos de la planta: los pasillos estarán delimitados en color gris, las zonas de trabajo (áreas próximas a las máquinas y de dominio del operario) estarán delimitadas de color amarillo así como las ubicaciones de palets en el suelo. Se muestra en la figura 3.23 la diferencia entre la situación inicial y la final en el área que delimita el montaje automático del modelo B-COMPACT recogida en el acta nº 2 de la comisión de evaluación.



*Fig. 3.23. Delimitación en el suelo zona piloto.*

Eliminados los elementos innecesarios de la planta, clasificados y ordenados los necesarios se establece las pautas de limpieza de las diferentes áreas que comprenden la planta. Inicialmente se divide la planta de montura en áreas de limpieza. Se trata de definir a quien corresponde limpiar las diferentes áreas, quien es el responsable de la limpieza y quien el responsable de supervisar las acciones de limpieza así como cuales son las actividades a realizar.

Debido al horario que se realiza en la planta se diseña un cuadrante de horarios para llevar a cabo las acciones de limpieza. Se divide la acción de limpieza en tres turnos que coincide con el final de cada turno de trabajo. Se muestra a continuación el Mapa 5S donde se especifica las áreas de limpieza y el horario de limpieza asignado según turnos.

TURNO	HORARIO	TURNO LIMPIEZA
MAÑANA	06:00-14:00	13:30-14:00
TARDE	14:00-22:00	21:30-22:30
NOCHE	22:00-06:00	05:30-06:00

Figura 3.24. Turnos de limpieza.

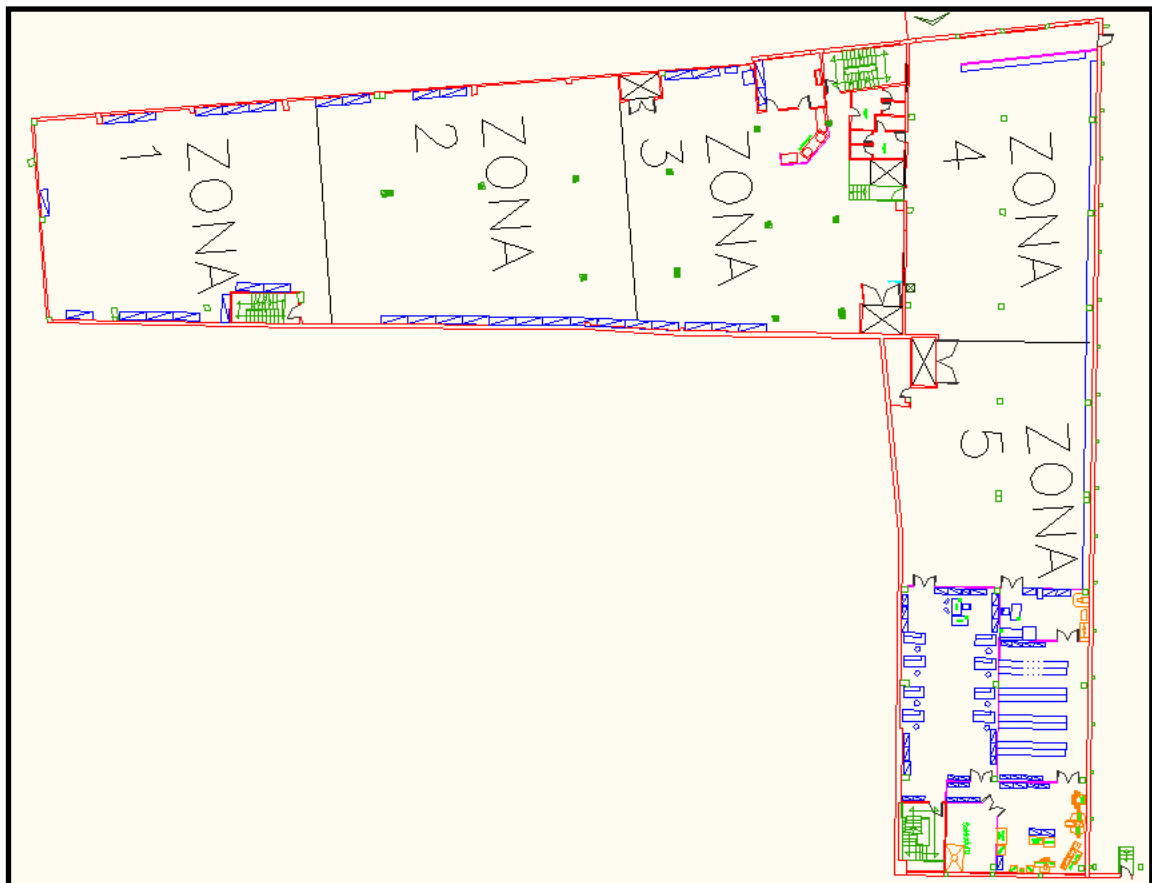


Fig. 3.25. Definición áreas de limpieza en la planta de montura.



- Reducción de despilfarro de materiales.
- Optimización de espacios.
- Incremento de la vida útil de herramientas y utillajes (menor frecuencia de pérdidas).
- Mejora de la calidad del producto. Se han evitado pérdidas por caída de piezas al suelo ya que en la actualidad son recuperables.

Después de 5 semanas desde el inicio de la implantación de las 5 S's se realizan los primeros trabajos a través de la comisión de evaluación para obtener la estandarización en el orden y limpieza en la planta. Básicamente se trata de convertir las reglas definidas para lograr los resultados de las 3 primeras S's en hábitos de trabajo; es decir, que el personal que pertenece a la planta lo vea como una práctica cotidiana y no como unas reglas impuestas.

- Se coloca un buzón de sugerencias para mejorar en la práctica de buenos hábitos dentro del orden y limpieza en la planta.
- Se coloca en el pasillo principal un panel donde de forma visual se registra el avance de cada S implantada.
- Se coloca en zona contigua al despacho del responsable de planta los datos mensuales de calidad (figura 3.27).



*Fig. 3.27. Panel informativo datos mensuales de la no calidad de la planta.*

Se observa que las acciones que se realizaban inicialmente como trabajos especiales para la implementación de las 5 S's se están convirtiendo en rutinas de trabajo. Al convertirse las acciones de limpieza y orden en un mantenimiento autónomo por parte del personal se facilita el seguimiento de las acciones de

limpieza y control visual de la planta. El mantenimiento de las condiciones de orden y limpieza de la planta se han convertido en parte natural de los trabajos regulares de cada día.

Paralelamente a la normalización y estandarización de las tareas que implementan las 4 primeras S's el objetivo final de la implantación es conseguir que los resultados obtenidos se prolonguen en el tiempo creando un respeto a las normas y estándares establecidos. Es evidente que para conseguir esta prolongación en el tiempo es indispensable mantener la disciplina.

A diferencia de la clasificación, orden, limpieza y estandarización la disciplina no es visible ni cuantificable, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina. Es necesario contar con la implicación de la dirección para promover un desarrollo de cultura del autocontrol (desde el campo de visión del orden y la limpieza) y por eso la dirección tiene las siguientes responsabilidades:

- Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5S y mantenimiento autónomo.
  - Asignar el tiempo para la práctica de las 5S y mantenimiento autónomo.
  - Suministrar los recursos para la implantación de las 5S.
  - Motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades.
  - Evaluar el progreso y evolución de la implantación en cada área de la empresa.
  - Participar en las auditorias de progresos semestrales o anuales.
  - Aplicar las 5S en su trabajo.
  - Enseñar con el ejemplo para evitar el cinismo.
- Demostrar su compromiso y el de la empresa para la implantación de las 5S.

Con fecha 28 de Julio de 2010 se disuelve la comisión de evaluación de la implantación de 5 S's en la planta de Montura Automática en acta nº 5. A partir de esta fecha queda formada una comisión para realizar las tareas de seguimiento necesarias con el fin de velar por el buen funcionamiento de la planta.

Para la realización del seguimiento se define una pauta incluida en el ANEXO A del proyecto como "Pauta seguimiento 5S's" para valorar el nivel de orden y limpieza en la planta y se programan auditorias trimestrales por parte de la comisión de seguimiento. Por otro lado se acuerda realizar 3 auditorias anuales sin previa planificación por parte de la dirección cuyo objetivo es cuantificar el grado de implementación de la herramienta. Es necesario hacer partícipe a la dirección para conseguir consolidar los resultados. El personal tiene que percibir el compromiso de la empresa para continuar con entusiasmo el aprendizaje e implantación de las 5 S's.

A nivel de costes en la implantación de las 5S's es necesario puntualizar que el grueso del coste es debido a tres motivos principales:

- Coste por formación del personal: Se han realizado 7 sesiones de formación a 19 operarios de la planta de montura de dos horas de duración y 4 sesiones de dos horas a 2 jefes de equipo de la misma duración.

- Coste horas instaladores y montadores: Se han invertido 112 horas de montadores para realizar tareas de desmontaje de maquinaria obsoleta y 91 horas de instaladores para desmontar las instalaciones de estas máquinas.

- Coste horas personal no cualificado: Se han invertido 196 horas con varios fines: movimientos de mobiliario, desmontaje de estanterías, pintado, etc.

Todas las horas listadas con anterioridad son internas, es decir, todas las acciones realizadas han sido llevadas a cabo por personal de la empresa.

COSTE IMPLANTACIÓN 5S'S						
ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LAS 5S'S.						
<u>DESARROLLO DEL PROYECTO</u>						
			<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>p/u</u>	<u>TOTAL</u>
	Horas departamento Oficina Técnica (Ingeniería)		78	horas	50,00	3.900,00
<u>INSTALACIONES</u>						
	Horas personal técnico (Montadores)		112	horas	25,50	2.856,00
	Horas personal técnico (Instaladores)		91	horas	25,50	2.320,50
	Horas personal no cualificado		196	horas	14,30	2.802,80
<u>FORMACIÓN PERSONAL</u>						
	Costes de formación de personal	cualificado	16	horas	17,90	286,40
		no cualificado	266	horas	14,30	3.803,80
<b>TOTAL</b>						<b>15.969,50</b>

Fig. 3.28. Tabla coste implantación 5S's.

### 3.4 BENEFICIOS, OBTENIDOS, DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE LAS 5S'S.

5 S's es una herramienta de difícil cuantificación económica por diversos motivos, como se definió al principio del capítulo es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para mantener continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la organización.

No obstante al implementar 5 S's hay parámetros claramente cuantificables como son: espacio liberado, disminución de materiales desechables (scrap) motivado por almacenamiento defectuoso, no control del FIFO, etc. Además al conseguir implementar las 5 S's se han visto mejorados los procesos de la

planta disminuyendo los tiempo improductivos ocasionados por búsqueda de materiales, herramientas, utillajes.

Es conveniente mencionar que implementando las 5 S's se ha conseguido mejora la calidad en términos de despilfarro de materiales ya que al tener un entorno ordenado y limpio no generamos contaminación de terminales ni materias primas.

Para avanzar en la implementación de cualquier otra herramienta de Lean Manufacturing es necesario que exista un alto grado de disciplina en la organización. El resultado obtenido se mide tanto en productividad como en satisfacciones del personal respecto a los esfuerzos que han realizado para mejorar las condiciones de trabajo. La aplicación de esta técnica tiene un impacto a largo plazo. La implementación de las 5S puede ser uno de los primeros pasos del cambio hacia mejora continua.

En definitiva 5S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para mantener continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la organización. Se pueden resumir las mejoras obtenidas en la planta de montura mediante la siguiente puntualización.

- Liberación de espacio útil en la planta (306 m.<sup>2</sup>).
- Eliminación de despilfarros producidos por el desorden (5 millones de piezas en el periodo de 2009) de los cuales 1,4 millones de unidades fueron debidas al defectuoso almacenaje o de larga duración.
- Reducción del tiempo de respuesta a la hora de buscar materiales.
- Minimizar el tiempo destinado a la consecución del orden.
- Disminución de las pérdidas de herramientas y útiles.
- Mejor control visual de los stocks debido a la disminución de los mismos.

En términos económicos, la implementación de las 5 S's no ha generado un coste directo a la empresa ya que todas las herramientas definidas e implantadas han sido de carácter interno y por tanto no han generado un coste externo adicional.

Por contra a la hora de cuantificar los beneficios que se han generado de la implantación de las 5 S's se pueden observar en la siguiente tabla resumen:



<b>BENEFICIOS</b>				
ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN 5S's				
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL
<u>SUPERFICIE UTILIZADA</u>				
	m2	Base (€/m2)	SUBTOTAL (€)	TOTAL (€)
Reducción de la superficie utilizada	306	1747	534.582,00	534.582,00
<u>MATERIALES</u>				
	u.			TOTAL (€)
Regularizaciones de material	4.967.053			30.211,16
			<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>TOTAL (€)</b>
			<b>AHORRO SUPERFICIE</b>	<b>30.211,16</b>
				<b>534.582,00</b>

Fig. 3.29. Tabla resumen beneficios implantación 5S's.

<b>TABLA RESUMEN BALANCE</b>	
	[€]
AHORRO PRIMER AÑO (AMORTIZACIÓN DE COSTES DE IMPLANTACIÓN)	14.241,66
AHORRO ANUAL AÑOS POSTERIORES	30.211,16
AHORRO SUPERFICIE	534.582,00

Fig. 3.30. Tabla resumen balance económico implantación 5S's.

# CAPÍTULO 4:

## KANBAN.

### 4.1 INTRODUCCIÓN AL KANBAN.

Al igual que las 5 S's, Kanban es una herramienta fundamental en la filosofía JIT y que se implementa con otros términos como la buena organización en el trabajo, la candelarización de la producción mediante tarjetas y el flujo tirado de la producción para obtener unos resultados óptimos de rendimiento de los equipos con los mínimos desperdicios.

Kanban es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas. Esta basada en la demanda y consumo del cliente, y no en la planificación de la demanda. Puede entenderse también, como un sistema de producción que determina el flujo de materiales a través de señales que indican cuando debe producirse un bien o producto y cuando debe reabastecerse de materias primas entre dos centros de trabajo que son consecutivos.

Un kanban se caracteriza por tener asociado un lote de un tipo concreto de productos y queda definido mediante texto, imagen, código de barras, etc. El lote lleva asignada una cantidad concreta y puede añadir otra información de utilidad, como puede ser la identificación de los procesos que relaciona, origen-final, el tipo de embalaje del producto, la ubicación del material en el área de almacenamiento.

A cada pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se debe especificar la referencia máquina, descripción de pieza, así como la cantidad de piezas que ha de esperar cada contenedor para ser llenado antes de ser trasladado a otra estación de trabajo.

En definitiva la etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios, y como transportarlo.

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema Kanban es necesario tener claros dos principios fundamentales:

### 1. El control de la producción.

Por control de la producción se entiende la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en el cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requeridos en las diferentes etapas de la fabricación. En el ámbito operativo, pequeñas y frecuentes entregas son la clave del sistema.

La proximidad entre centros es, por lo tanto, un elemento muy importante, pues mejora el control, la comunicación, el coste y la puntualidad de las transacciones, lo cual permite mantener inventarios de entrada mínimos. Las exigencias en términos de calidad y puntualidad pasan a primer plano debido al corto margen de sobreproducción.

### 2. Mejora continua.

Por la función de mejora de los procesos se entiende la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante técnicas ingenieriles. Mediante estas técnicas se buscan obtener los siguientes resultados:

- Eliminación de la sobreproducción y desperdicios.
- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
- Dar instrucciones basadas en las condiciones actuales del área de trabajo.
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.
- Se facilita el control del material.
- Organización del área de trabajo.
- Reducción del set-up (cambio de modelo).
- Reducción del WIP (Work in Process).
- Anteponer la necesidad a la totalidad de la ocupación de la maquinaria.
- Manejo de multiprocesos.
- Mecanismos a prueba de error.
- Mantenimiento preventivo.
- Reducción de los niveles de inventario.

Se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de implementar Kanban:

- Determinar un sistema de calendarización de producción para desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado antes de la implantación plena del Kanban con el fin de suavizar el flujo actual de materiales.
- Se debe establecer una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, se debe hacer obvio cuando el material está fuera de su lugar.
- El uso de Kanban está ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.
- Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.

- Se debe formar a la totalidad del personal del sistema de funcionamiento del Kanban. Este punto es vital para el futuro del nuevo sistema.

Mediante un sistema Kanban se promueven mejoras en dos aspectos:

1. El Kanban hace patentes las situaciones anormales cuando son provocadas por averías de máquinas y defectos del producto.

2. Una reducción gradual en el número de Kanbanes conduce a reducciones en el stock, lo que termina con el rol de stock como amortiguador frente a las inestabilidades de la producción. Esto pone al descubierto los procesos infracapacitados y a los que generan anomalías y simplifica el descubierta de los puntos que requieren mejora. La eficiencia global se incrementa concentrándose en los elementos débiles.

Una de las funciones de Kanban es la de transmitir la información al proceso anterior para saber cuales son las necesidades del proceso actual. Si hay muchos Kanbanes, la información deja de ser tan efectiva, si hay muchos Kanbanes no se sabe que partes son realmente necesitadas en ese momento.

## 4.2 IMPLANTACIÓN DEL KANBAN.

En la situación actual en la planta de montura automática hay dos factores determinantes para concretar la implantación del Kanban en el proceso de montaje de los consumibles de bolígrafos.

1- Control de la producción: históricamente los niveles de producción de estos artículos se cifraban en 60 millones de unidades anuales (250.000 unidades/día aproximadamente). Esta cantidad es próxima a la capacidad de fabricación con los recursos que existían en la planta y debido a las inestabilidades que presentaba el proceso y la poca fiabilidad de la maquinaria era impensable no contar con un stock de seguridad tanto en producto acabado como en material por ensamblar para poder amortiguar estas ineficiencias.

Sumando las distintas referencias que se fabrican en el proceso se contaba en la planta con un stock de seguridad de 4,5 millones de artículos. A este stock de seguridad tenemos que sumar los diferentes stocks intermedios que existían en los terminales que intervienen en el proceso y que sumaban una cantidad próxima a los 13 millones de terminales.

Actualmente se cuenta con los mismo medios que se disponían en el pasado pero la necesidad se ha reducido a una cuarta parte del histórico, es decir 15 millones de consumibles.

Evidentemente a las circunstancias actuales se suman factores como los stocks innecesarios, los despilfarros por sobreproducción, el coste del almacenamiento, y la poca flexibilidad en el proceso, factores todos ellos determinantes para cambiar el proceso de producción de estos consumibles.

2- Recursos limitados: Tenemos que tener en cuenta que el volumen de producción existente en la planta históricamente enmascaraba las ineficiencias del proceso y esto era directamente proporcional a los recursos utilizados para obtener los resultados. En el año 2004 se contaba en la planta de montura

automática con 6 operarios especialista en la fabricación de consumibles para un total de fabricación anual de 64 millones de artículos. Este proceso de montaje estaba destinado exclusivamente a este personal y este personal solo tenía asignada esta tarea. En la actualidad es impensable disponer de mano de obra especialista ya que va en contra de la filosofía Lean; además los recursos en la planta son justos y la polivalencia de los operarios es de vital importancia para el funcionamiento de la planta. La no especialidad de los operarios repercute en la productividad de las máquinas sobre todo porque el proceso es inestable, por este motivo se ha de estudiar el proceso de fabricación antes de desarrollar el kanban. Queda definido en el ANEXO B el proceso de fabricación de cargas en el documento "PR-MA-01.01".

Además de los dos factores expuestos con anterioridad tenemos otros condicionantes en la fabricación de los consumibles que permiten pensar que un kanban es la situación ideal de fabricación para este tipo de artículo:

- Elevados stocks de seguridad. (4,5 millones en total).
- Producciones repetitivas.
- Lead time conocido y controlado (gran capacidad de respuesta debido a los recursos industriales y humanos con los que se cuentan).
- Continuos desajustes de stocks por frecuencia y cantidad de movimiento. (regularización de stocks diarios).
- Pequeños lotes de fabricación debido a múltiples referencias. (Continuos cambio de modelo).
- Exigencia de la calidad controlada (único proceso de la fábrica 4 Sigma).
- Máquinas con relativa estabilidad productiva (entorno al 80%)
- Clara mejora de proceso debido al cambio entre la situación actual respecto a la situación inicial en términos de producción.
- Problemas en el desplazamiento de material ya que tenemos 20 puntos diferentes en la planta donde se utiliza este producto.

Es importante el entrenamiento del personal para conocer el funcionamiento del modelo. El personal encargado de producción, control de producción y compras tiene que ver el sistema como una herramienta para facilitar su trabajo y mejorar su eficiencia mediante la reducción de la supervisión directa. Por su parte los trabajadores deben saber qué están produciendo, qué características lleva, así como qué van a producir después y qué características tendrá. Por tanto y debido a los múltiples cambios que significa trabajar con un kanban respecto a la situación inicial (producción por grandes lotes) es indispensable formar y entrenar al personal.

Es necesario entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usar Kanban; sin embargo, es un error considerar un gasto la inducción de personal ya que al final, la corrección de estas omisiones en la aplicación del sistema suelen ser más caras. Es ineludible explicar y hacer ver a la dirección de la que las características expuestas en producción requieren de trabajadores polivalentes con capacidades para trabajar en común e identificados con la empresa de tal forma que colaboren para su mejora.

La reducción de inventario al mínimo supone trabajar bajo una mayor presión, con tiempos más ajustados y con mayor perfección. En la selección de trabajadores cobra principal importancia la capacidad de estos para integrarse en la dinámica más que la formación, que en muchos casos es proporcionada por la propia empresa.

Además de las situaciones mencionadas con anterioridad, agregar que existen reglas sobre el funcionamiento del Kanban que deben de ser entendidas y analizadas por cada una de las empresas que planean establecer Kanban como la solución a sus manejos de inventarios. Por este motivo se ha preparado una presentación, incluida en el ANEXO B de este proyecto como "Presentación Kanban" para informar a la dirección de lo que supone la implantación del kanban, sus normas, reglas y beneficios además de sus obligaciones. En la actualidad, la necesidad de producir eficientemente sin causar trastornos ni retrasos en la entrega de un producto determinado es un factor de suma importancia para las empresas que desean permanecer activas en un mercado como el actual, que exige respuestas rápidas y cumplimientos en calidad, cantidad y tiempos de entrega. Por lo tanto, la implementación de sistemas de producción más eficientes ha llegado a ser un factor que se debe marcar como primordial por implementar en las plantas productivas.

Todos los artículos montados en la planta disponen de un consumible, motivo por el cual en el pasado y con la mentalidad de fabricación por grandes lotes se crearon estos stocks como seguros ante los incidentes que pudieran surgir. Además añadir el paradigma antiguo de no tener los medios productivos parados aunque esto generase stocks innecesarios bajo la premisa de que acabarían teniendo salida.

La idea gira entorno a, inicialmente reducir para posteriormente eliminar, el stock de cargas, el espacio destinado a estos consumibles y mediante Kanbanes generar las órdenes para fabricar justo la necesidad en función de los pedidos. El sistema tiene que ser fácilmente observable por los operarios y listeros de la planta, que al mismo tiempo les indique las acciones que han de tomar sin consultar a su supervisor, con objeto de eliminar las transacciones, el papeleo y reducir los inventarios en proceso.

Se abrirá un horizonte en SAP para controlar la necesidad. El kanban tiene que ser capaz de proporcionar una señal como información para producir y recoger, transportar productos; evitar producir en exceso, sirve como orden de trabajo para los operadores; ha de evitar que se avancen productos defectuosos al siguiente nivel de ensamble y sirve como control de los inventarios.

Se utilizan localidades o cuadros kanban entre operaciones de las celdas de manufactura o entre celdas de manufactura o procesos, para regular la diferencia en velocidad de producción constante. El proceso se iniciará con el pedido del cliente, con el cual se prepararán las máquinas automáticas y materiales, generando una tarjeta kanban al almacén de consumible de la planta, en caso de no haber producto se generará a su vez otra tarjeta kanban al operario de la última operación, para indicarle que tiene autorización para producir la cantidad indicada y no más. Si el último operario necesitara materiales de procesos anteriores, podrá utilizar otra tarjeta kanban de movimiento de materiales para solicitarlos, dejando la tarjeta de kanban de producción al proceso anterior y así

sucesivamente hasta el almacén de origen, quien solo suministra materiales si cuenta con una tarjeta kanban.

#### MOTIVOS

- Elevados stocks de seguridad. (4,5 millones en total).
- Lead time conocido y controlado (gran capacidad de respuesta debido a los recursos con los que se cuentan).
- Continuos desajustes de stocks por frecuencia y cantidad de movimiento. (regularización de stocks diarios).
- Pequeños lotes de fabricación debido a múltiples referencias. (Continuos cambio de modelo).
- Exigencia de la calidad controlada (único proceso de la fábrica 4 Sigma).
- Máquinas con estabilidad productiva (entorno al 80%)
- Clara mejora de proceso debido al cambio entre la situación actual respecto a la situación inicial en términos de producción.
- Problemas en el desplazamiento de material ya que tenemos 20 puntos diferentes en la planta donde se utiliza este producto.
- Producciones repetitivas.

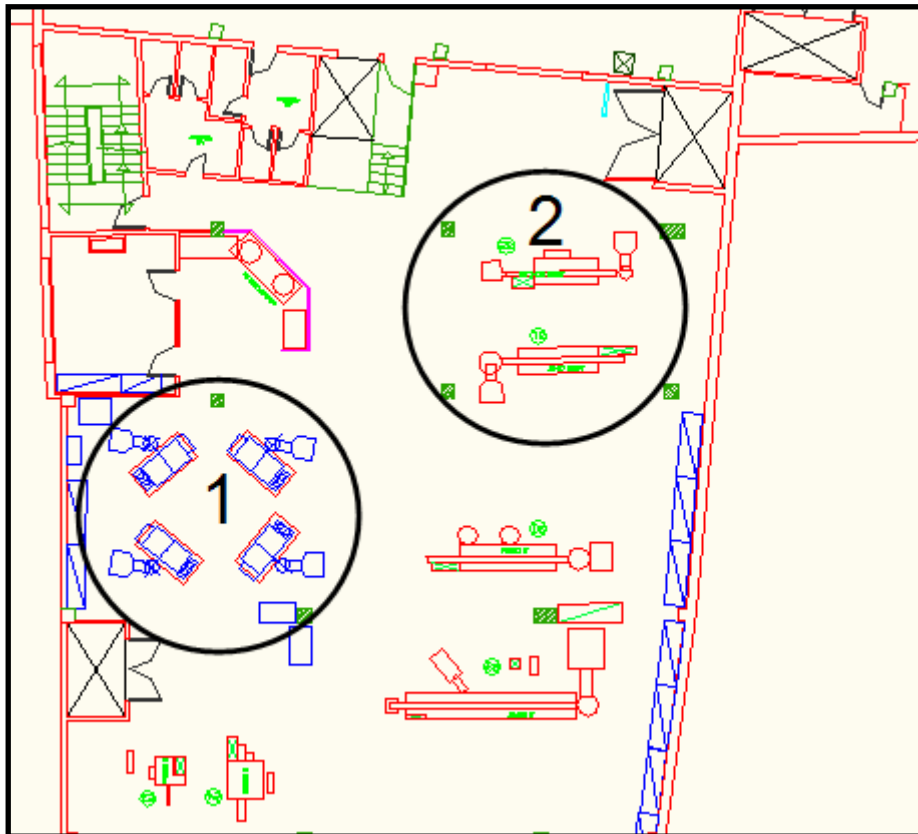
#### *4.2.1 Situación actual*

El cálculo del kanban se ha realizado partiendo de la referencia de consumible que más necesidad genera. Sobre esta referencia se han hecho los cálculos iniciales y la implantación piloto del kanban. Una vez implantada la referencia piloto se ha procedido al cálculo de las referencias restantes para los consumibles utilizados en la planta.



*Fig. 4.1. Stock de seguridad del almacén de cargas.*

En la planta de montura automática se cuenta con 4 referencias diferentes de consumibles: carga in-in azul, carga in-in negra, carga tp azul y carga tp negra. Las cargas in-in son fabricadas en las máquinas automáticas modelo impis y las cargas tp son fabricadas en las máquinas modelo transfer. Actualmente en la planta de fabricación se cuenta con 4 máquinas impis; número 1 en la figura 4.2 y 2 máquinas modelo transfer número 2 en la misma figura, ubicadas en dos islotes independientes. Para cada línea de producción contamos con unas estanterías donde ubicamos los materiales necesarios para la fabricación de modelos. Estos terminales están ordenados por tipología de material y en ningún caso los tenemos diferenciados en función de la necesidad por referencia. Este hecho hace complicado el control rápido y de forma visual del material que tenemos almacenado en planta y los inventarios son diarios.



*Fig. 4.2 Situación inicial máquinas ensamblaje de cargas*





*Fig. 4.3. Máquinas impis para fabricación de cargas in-in.*



*Fig. 4.4. Máquinas transfer para fabricación de cargas tp.*

Antes de definir el kanban se realiza un estudio de las necesidades actuales en la fabricación de consumibles y del proceso de fabricación de los mismos para acotar los parámetros que posteriormente definirán el kanban.

Para realizar el estudio se analizan los datos productivos de los últimos 4 años con el fin de valorar el índice de productividad de las máquinas y los recursos necesarios para cubrir las necesidades. Se muestra en las gráficas de la figura

4.5 un resumen del estudio realizado; la totalidad del estudio queda reflejado en el ANEXO B de este proyecto con el título "Evolución producciones cargas".

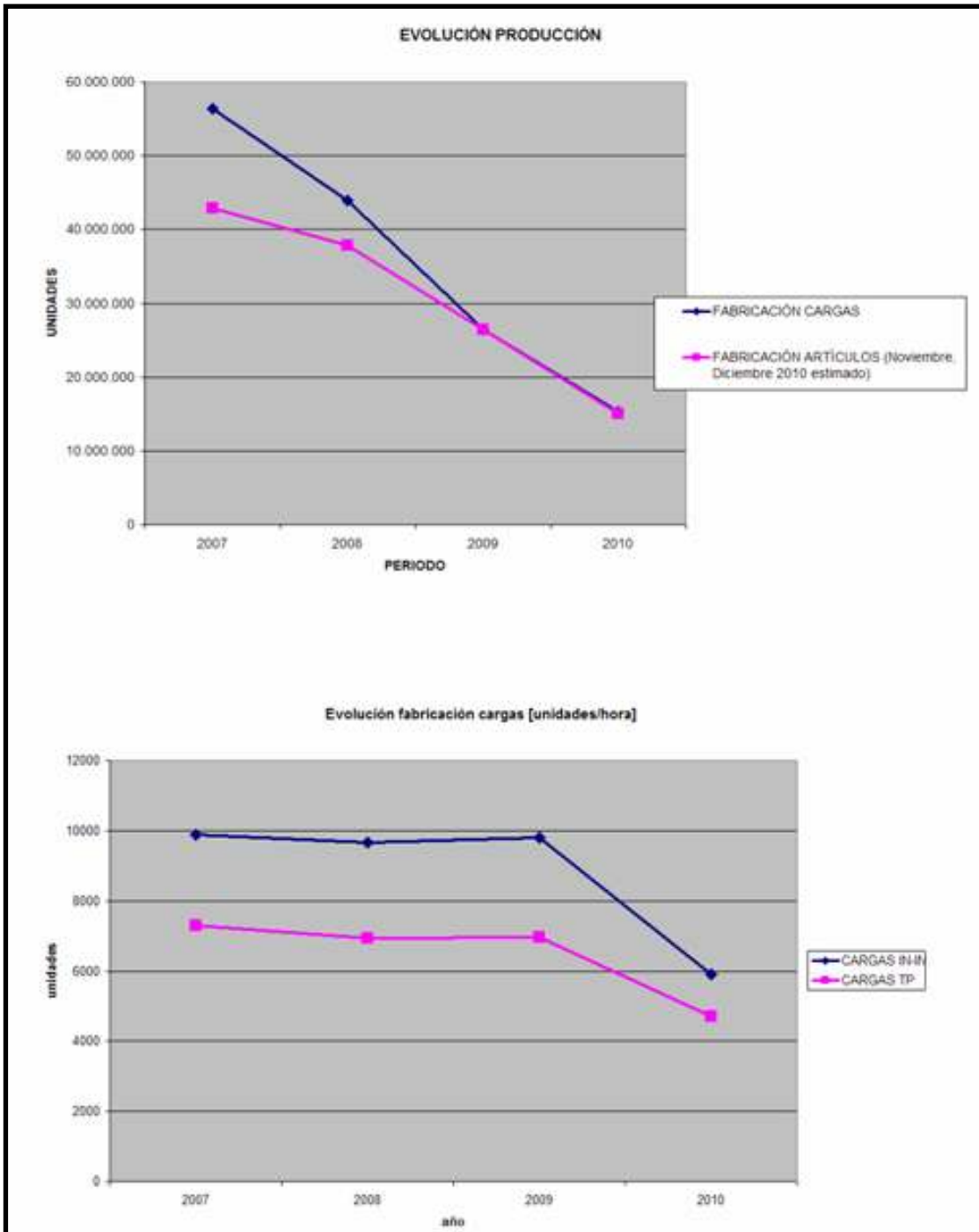


Fig. 4.5. Evolución fabricación cargas y productividad de las mismas.

Del estudio realizado se obtienen las siguientes conclusiones:

Entre el año 2007 y el año 2009 se trabaja con altos stocks de seguridad; próximos al millón de consumibles por referencia, lo que hace que la productividad de las máquinas sean elevadas puesto que se antepone la producción de las máquinas a las necesidades.

Desglosado en años nos encontramos que las horas invertidas para la fabricación de consumibles en el año 2007 son próximas a las equivalentes a cuatro operarios. Es por este motivo y debido a la necesidad que en este año las dos líneas de producción trabajaban a dos turnos y la productividad/hora estaba ajustada a la necesidad.

Entre el año 2008 y 2009 la necesidad baja a la mitad del año anterior y esto se resumen a nivel productivo al recorte de un turno de trabajo puesto que las horas invertidas son equivalentes a la de dos operarios/año.

En la actualidad la necesidad de operarios/línea está próxima al 0,5 anual para las máquinas impis y para las máquinas transfer. Este factor sumado a la eliminación de stock de seguridad es el motivo por el cual la productividad piezas/hora se ha reducido en el año 2010 en un 40%. Actualmente se trabaja al 50% de la capacidad total para cubrir exclusivamente las necesidades diarias.

Por este motivo antes de estudiar el kanban se propone realizar un cambio en el método de trabajo de los consumibles con el fin de optimizar los recursos. Para el nuevo proceso de fabricación de los consumibles se propone una nueva distribución de las máquinas formando un solo islote de trabajo ya que con la necesidad actual de producción limitaríamos los recursos humanos a la mitad (de dos operarios actuales a uno con la nueva distribución) y reduciríamos el tiempo de cambio de modelo ya que con las necesidades actuales y los recursos técnicos que se disponen uniendo a esto la implantación del kanban los cambios de modelo serían prácticamente nulos como se mostrará más adelante. Además y debido al kanban las producciones se lanzarán por lotes solo cuando sean necesarias y los almacenes se reducen aproximadamente en un 600%. La nueva distribución de las máquinas se muestra en la figura 4.6.

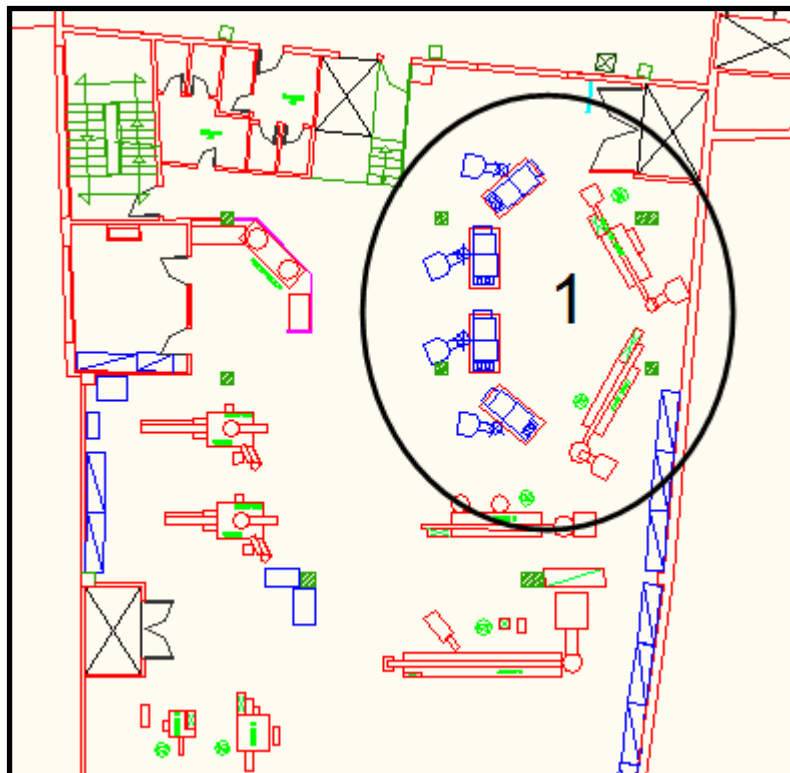


Fig. 4.6. Nueva distribución para máquinas de ensamblar cargas (islote).



*Fig. 4.7. Islote de ensamblaje de cargas.*

En la figura 4.6 se muestra el islote que comprende las cuatro máquinas impis y las dos máquinas transfer. Mediante el diseño del nuevo layout las necesidades productivas quedan cubiertas con un operario/día y la productividad aumenta como a los niveles del año 2007 ya que la mano de obra invertida para la producción de los consumibles está saturada entorno al 90% en contraposición de la situación actual que era del 45% aproximadamente.

Debido al cambio en el layout de fabricación de consumibles y a la implantación del kanban se redefine el proceso de fabricación de los consumibles. El nuevo proceso queda recogido en el ANEXO B con nº de documento "PR-MA-01.02".

#### *4.2.2 Cálculo del kanban*

Una vez definidos los parámetros que dimensionarán el kanban se han realizado los cálculos para dimensionar el mismo. Inicialmente se realizan para la referencia más solicitada y por tanto más conflictiva; necesidad de más fabricación, recursos, materiales y por contra menos margen de error. Por otro lado y como se mostrará a continuación una vez dimensionado el kanban e implantado se han tenido que realizar correcciones sobre el mismo debido a problemas que surgieron en su implantación.

La referencia que servirá como piloto es la carga in-in azul. Actualmente esta carga tiene unas necesidades mensuales aproximadas de 860.000 unidades. Para dimensionar el lote de producción del kanban y las tarjetas que lo formarán es

necesario precisar que lo ideal es cubrir el lapso de tiempo (lead time) desde que es solicitado un material al principio del proceso hasta que se obtiene dicho contenedor lleno en el mismo lugar, incluyendo el proceso de producción del mismo. Para poder calcular el kanban es necesario definir algunas magnitudes:

K (Tamaño del lote de fabricación): Es el valor que vamos a calcular. Este valor nos proporciona la magnitud del lote de fabricación en función de la demanda, el tiempo fabricación y entrega de la orden (lead time), la capacidad para producirlo y la desviación establecida.

DS (Demanda semanal): Necesidad semanal en unidades de los consumibles a producir.

TE (Tiempo de entrega de orden): O lo que es lo mismo Lead Time. Total de tiempo invertido desde que se solicita y se envía la necesidad al proceso anterior, hasta que se recibe la necesidad cubierta. Esto incluye el período de producción y suministro (en caso necesario) dentro del proceso anterior. Este tiempo será expresado en semanas.

CPS (Capacidad de fabricación semanal): Al igual que el TE expresado en unidades/semanas es la capacidad que tiene el proceso anterior para generar unidades en una semana.

U (Nº de ubicaciones): Este número equivale al número de ubicaciones destinadas al lote de producción del kanban. Se expresa en unidades enteras.

%UD (Desviación): En caso de considerar la existencia de un stock de seguridad como cantidad adicional al tamaño del lote de fabricación y para asumir pequeñas incidencias en el proceso y se expresa en tanto por uno.

- Cálculos para carga in-in azul

Una vez definidos los parámetros para calcular el lote del kanban procedemos al mismo mediante la fórmula:

$$K = DS * TE * U * (1 + \%UD)$$

; donde

DS = 198.000unidades

$$TE = \frac{DS}{CPS} = \frac{198.000unidades}{400.000 \frac{unidades}{semana}} = 0,495semanas$$

U = 1

%UD = 0,1

Por tanto:

$$K = 198.000 * 0,495 * 1 * 1,1 = 107.811 \approx 110.000unidades$$

El lote del kanban para el consumible de carga in-in azul es de 110.000 unidades.

Definido el lote de fabricación tenemos que definir cuantas tarjetas formarán el kanban bien sean de producción o transporte. Para determinar el número de tarjetas que deben existir en el proceso se han de definir las siguientes magnitudes con el fin de calcularlo:

Q (Consumo): Consumo medio previsto del material por unidad de tiempo.

LT (Lead Time): Definido en el cálculo del lote.

q (Capacidad del contenedor): Cantidad que figura en la tarjeta y con la que se llenarán los contenedores.

$\mu$  (Porcentaje de seguridad): Coeficiente en tanto por uno para contemplar un stock de seguridad.

Kb (Cantidad tarjetas kanban): Número de tarjetas que podrán existir entre transporte y producción. La distribución de las mismas dependerá del proceso.

El cálculo de Kb queda definido mediante la expresión:

$$K_t = \frac{Q * LT * (1 + \mu)}{q}$$

; donde

Q=198.000 unidades/semana

LT= 0,495 semanas

q=14.000 unidades

$\mu$ =0,25

$$K_t = \frac{198.000 * 0,495 * 1,25}{14.000} = 8 \text{ kanbanes}$$

Una vez definidos los dos parámetros principales que definirán nuestro kanban se han de realizar algunos cálculos para definir el número de contenedores que se dispondrán en el proceso así como la distribución en la ubicación del lote.

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = K/Q$$

Número de contenedores = 110.000/14.000=8 contenedores. Los contenedores estarán formados por carros con 20 cajas a 700 unidades por caja. Cada carro llevará asignado su kanban de transporte.

➤ Funcionamiento del Kanban:

Debido al corto lead time del proceso se definen inicialmente la siguiente distribución de tarjetas:

8 kanbanes ( $110.000/8=13750$ )

4 kanbanes de producción  $13750*4=55.000/14.000=4$  contenedores

4 kanbanes de transporte  $13750*4=55.000/14.000=4$  contenedores

Lote de kanban 110.000 unidades por tanto se distribuyen de la siguiente forma. Se colocan en los carros de transporte (cada carro lleva asociado un kanban de transporte) 20 cajas de 700 unidades (1 contenedor) como se muestra en la figura 4.8 que son los que se distribuyen por planta para realizar la fabricación. Cuando el listero (acarreador) va consumiendo los kanbanes de transporte se dirige al almacén donde están ubicadas las piezas del proceso anterior con sus correspondientes kanbanes de producción. Cada kanban de transporte coincide con un kanban de producción en cantidad, por tanto, cada vez que el listero rellene un kanban de transporte debe dejar en la tabla del kanban una tarjeta de producción asociada a este lote.



*Fig. 4.8. Contenedor kanban de transporte.*

La orden de fabricación la genera el último kanban de producción que se deposita en el tablón. En este momento el operario que fabrica los consumibles tiene que comenzar a fabricar el lote de producción perteneciente a la referencia asociada al kanban y con la cantidad que especifican los kanbanes de producción.

Por tanto cuando tenemos los 4 kanbanes de producción en el tablón para comenzar la producción del lote kanban tenemos como mínimo 1 contenedor pendiente de consumir (14.000 consumibles) que corresponden al último kanban de transporte que el listero ha rellenado. Teniendo en cuenta que el consumo máximo de la planta es de 2500 unidades x máquina x hora y que el número máximo de máquinas es de 4 el consumo máximo a la hora es de 10.000 unidades y por tanto tenemos 1,4 horas de producción cubiertas en el caso más desfavorable (las 4 máquinas automáticas fabricando con la misma referencia de consumible al mismo tiempo).

#### KANBANES DE TRANSPORTE PARA APROVISIONAMIENTO DE MATERIAL

##### CUERPOS AZULADOS (CARGAS IN-IN):

Ubicación: estantería 1 balda 1 y 2 (ubicaciones 1.1 y 1.2). Estanterías dinámicas: dos alturas de 4 cajas (10.000 unidades por caja); cuando se vacía una estantería el listero recoge Kankan de transporte y coloca el Kankan de producción en la estantería de abajo. El operario está obligado a coger el material de la estantería donde está señalizada con el Kankan de producción y así nos aseguramos el fifo (Primero en entrar primero en salir). El listero se dirige al panel del aprovisionamiento de materiales y deja el kanban de transporte. El jefe de equipo realiza mediante SAP la solicitud al almacén. Cuando se receptiona el material se ubica en estantería.

##### TAPONES AZULES:

Ubicación: estantería 1 balda 3 pos. 1 (ubicación 1.3.1). 4 cajas (25.000 unidades por caja). Cuando se recoge la 2ª caja por parte del operario automáticamente se genera el kanban de transporte para el aprovisionamiento de material. Se produce igual que con los cuerpos. El listero coloca las dos cajas procedentes del almacén y la tarjeta kanban en la 2ª caja que quedaban en el estante para asegura el fifo. El operario tiene la obligación de consumir el material en función de la caja marcada con el kanban.

##### PUNTAS:

Ubicación: estantería 1 balda 3 pos. 2 (ubicación 1.3.2). 12 botes (15.000 unidades x bote). Dispuestos en 3 filas de 4 botes. El kanban está asociado a la última fila (se activa cuando quedan 4 botes). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable, una vez receptionado el material de poner los botes que hay en la estantería en la posición más elevada para garantizar su consumo asegurando el fifo.

##### TUBO METÁLICO:

Ubicación: estantería 1 balda 4 pos. 1 (ubicación 1.4.1). 12 botes (15.000 unidades x bote). Dispuestos en 3 filas de 4 botes. El kanban está asociado a la última fila (se activa cuando quedan 4 botes). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable, una vez receptionado el material de poner los botes que hay en la



esterería en la posición más elevada para garantizar su consumo asegurando el fifo.

TINTA AZUL:

Ubicación: estantería 1 balda 4 pos. 2 (ubicación 1.4.2). Debido a que comparte código la carga in-in azul y la carga tp azul y que esta va ubicada en calderín para atemperar es necesario contar con un stock mínimo de 100 Kg. en la planta de montura. El kanban se activará cuando queden 2 bidones de 25 Kg. de tinta (50 Kg. + 50 Kg. que caben en dos calderines. Inicialmente partiremos de 4 bidones de 25 kg. Cuando el operario retire el segundo se activará el kanban. Al igual que en los otros materiales con el fin de asegurar el fifo cuando el listero ubique los 2 depósitos procedentes del almacén colocará la tarjeta en el sentido del consumo del operario.

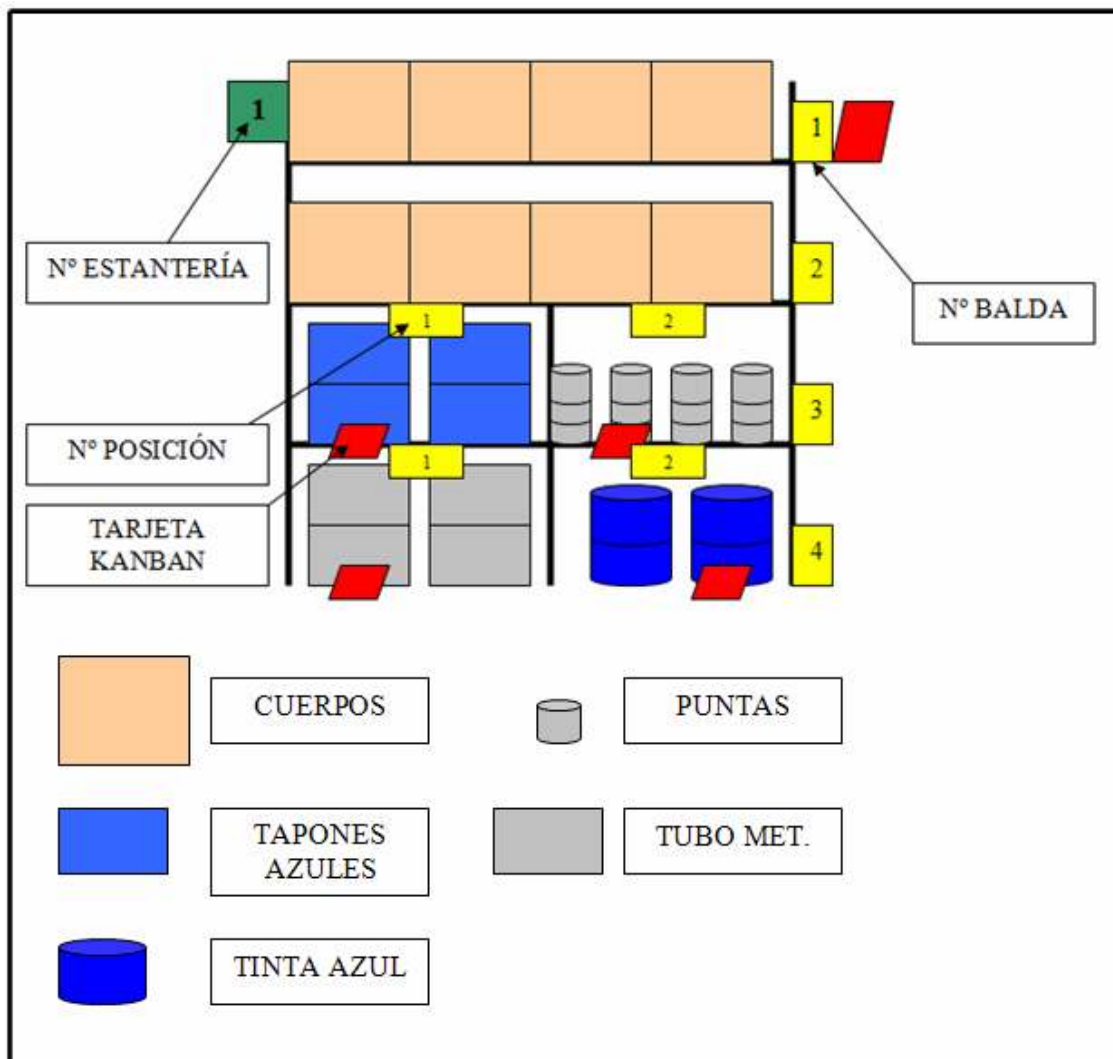


Fig. 4.9. Esquema estantería N° 1 ubicación materiales kanban.

- Cálculos para carga in-in negra

DS = 102.000 unidades

$$TE = \frac{DS}{CPS} = \frac{102.000 \text{ unidades}}{400.000 \frac{\text{unidades}}{\text{semana}}} = 0,255 \text{ semanas}$$

$U = 1$

$\%UD = 0,1$

Por tanto:

$$K = 102.000 * 0,255 * 1 * 1,1 = 28611 \approx 30.000 \text{ unidades}$$

El lote del kanban para el consumible de carga in-in negra es de 30.000 unidades.

Cálculo para definir número de kanbanes para carga in-in negra

$Q = 102.000$  unidades/semana

$LT = 0,255$  hora

$q = 10.000$  unidades

$\mu = 0,25$ , en este caso y debido a que el lote es reducido tanto en cantidad como en LT se calcula un porcentaje del 25% de seguridad en kanbanes.

$$K_t = \frac{102.000 * 0,255 * 1,25}{10.000} = 3 \text{ kanbanes}$$

- Funcionamiento: 3 kanbanes ( $30.000/3=10.000$ )

2 kanbanes de transporte  $10.000 * 2 = 20.000 / 10.000 = 2$  contenedores

1 kanbanes de producción  $10.000 * 1 = 10.000 / 10.000 = 1$  contenedor

Lote de kanban 30.000 unidades por tanto se distribuyen de la siguiente forma. Se colocan en los dos carros de transportes, cada uno de ellos asociado a un kanban, 14 cajas de 700 unidades de consumibles (10.000 unidades) que son los que se distribuyen por planta para realizar la fabricación en función de la necesidad. Cuando el listero deja el segundo kanban de transporte en el tablón de producción automáticamente se genera la orden de fabricación y el operario tiene que fabricar la referencia asociada a dicha orden. Al igual que en el primer caso el "pulmón de material" asociado a dicha orden es de 10.000 unidades. En el caso más desfavorable tenemos cubierta durante 1 hora la necesidad de la planta. Hay que remarcar que durante el año 2010 en ningún caso se ha llegado a producir el caso más desfavorable para esta referencia, es decir, en ningún caso las 4 máquinas de montura automática han estado trabajando simultáneamente con esta referencia.

## KANBANES DE TRANSPORTE PARA APROVISIONAMIENTO DE MATERIAL

### CUERPOS CARGA NEGROS (CARGAS IN-IN):

Ubicación: estantería 2 balda 1 (ubicaciones 2.1). 4 cajas (10.000 unidades por caja); El kanban de transporte para el abastecimiento de materiales se activa cuando el operario recoge la 3ª caja del lote. El procedimiento para reclamar el material es idéntico al caso anterior. Una vez recepcionado el material el listero pone en primer lugar la caja que queda en la estantería y a continuación el material recepcionado para asegurar el fifo del material.

### TAPONES NEGROS:

Ubicación: estantería 2 balda 2 pos. 1 (ubicación 2.2.1). 2 cajas (25.000 unidades por caja). Cuando se recoge la 2ª caja por parte del operario automáticamente se genera el kanban de transporte para el aprovisionamiento de material. Se produce igual que con los cuerpos. El listero coloca las dos cajas procedentes del almacén y la tarjeta kanban en la 2ª caja.

### PUNTAS:

Ubicación: estantería 2 balda 2 pos. 2 (ubicación 2.2.2). 3 botes (15.000 unidades x bote). El kanban está asociado al segundo bote (es decir se activa cuando el operario ha cogido el penúltimo bote de la estantería). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable de asegurar el fifo en la colocación del material recepcionado.

### TUBO METÁLICO:

Ubicación: estantería 2 balda 2 pos. 3 (ubicación 2.2.3). 3 botes (15.000 unidades x bote). El kanban está asociado al segundo bote (es decir se activa cuando el operario ha cogido el penúltimo bote de la estantería). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable de asegurar el fifo en la colocación del material recepcionado.

### TINTA NEGRA:

Ubicación: estantería 2 balda 2 pos. 4 (ubicación 2.2.4). Nos encontramos en el mismo caso de la tinta azul ya que comparte código con la carga tp negra y ésta también va ubicada en calderín, por tanto, es necesario contar con un stock mínimo de 100 kg. en la planta de montura. El kanban se activará cuando queden 2 bidones de 25 kg. de tinta (50 kg. + 50 kg. que caben en dos calderines. Inicialmente partiremos de 4 bidones de 25 kg. Cuando el operario retire el segundo se activará el kanban. Al igual que en los otros materiales con el fin de asegurar el fifo cuando el listero ubique los 2 depósitos procedentes del almacén colocará la tarjeta en el sentido del consumo del operario.

- Cálculos para carga tp azul.

DS = 89.000 unidades

$$TE = \frac{DS}{CPS} = \frac{89000}{60000 * 5} = 0,297 \text{ semanas} \quad U = 1$$

$$\%UD = 0,1$$

$$K = 89.000 * 0,297 * 1 * 1,1 = 29076 \approx 30.000 \text{ unidades}$$

Cálculo para definir el número de kanbanes para carga tp azul.

$$Q=89.000 \text{ unidades/semana}$$

$$LT=0,297 \text{ semanas}$$

$$q=10.000 \text{ unidades}$$

$$\mu=0,25$$

$$K_t = \frac{89.000 * 0,297 * 1,25}{10.000} = 3 \text{ kanbanes}$$

➤ Funcionamiento: 3 kanbanes (30.000/3=10.000)

2 kanbanes de transporte  $10.000 * 2 = 20.000 / 10.000 = 2$  contenedores

1 kanbanes de producción  $10.000 * 1 = 10.000 / 10.000 = 1$  contenedor

Lote de kanban 30.000 unidades por tanto la distribución es exactamente igual que en el caso anterior (carga in-in negra). Se ha de especificar también que en ningún caso en el período de 2010 han coincidido en las máquinas de planta esta referencia y por tanto las 10.000 unidades de seguridad son más que suficientes a falta de poner en práctica el kanban.

Por este motivo, el kanban de producción se activa en el mismo caso que el anterior; cuando en tablón se encuentran los dos kanbanes de transporte y el de producción.

#### KANBANES DE TRANSPORTE PARA APROVISIONAMIENTO DE MATERIAL

##### CUERPOS CARGA TP (CARGAS TP):

Ubicación: estantería 2 balda 4 (ubicaciones 2.4). 6 cajas (10.000 unidades por caja); Los cuerpos de carga tp son comunes para la carga azul y negra y por este motivo se dimensiona el lote de cuerpos para la carga de los dos códigos. El kanban de transporte para el abastecimiento de materiales se activa cuando el operario recoge la 4ª caja del lote. Una vez recepcionado el material el listero pone en primer lugar las dos cajas que quedan en la estantería y a continuación el material recepcionado para asegurar el fifo del material.

##### TAPONES AZULES:

Ubicación: estantería 2 balda 3 pos. 1 (ubicación 2.3.1). 2 cajas (25.000 unidades por caja). Cuando se recoge la 2ª caja por parte del operario automáticamente se genera el kanban de transporte para el aprovisionamiento de material. Se produce igual que con los cuerpos. El listero coloca las dos cajas procedentes del almacén y la tarjeta kanban en la 2ª caja.

##### PUNTAS:

Ubicación: estantería 2 balda 3 pos. 2 (ubicación 2.3.2). 3 botes (15.000 unidades x bote). El kanban está asociado al segundo bote (es decir se activa cuando el operario ha cogido el penúltimo bote de la estantería). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable de asegurar el fifo en la colocación del material recepcionado.

TINTA AZUL:

Queda cubierta la necesidad ya que se calculó para la carga in-in.

- Cálculos para carga tp azul.

DS = 83.000unidades

$$TE = \frac{DS}{CPS} = \frac{83.000}{30.000 * 5} = 0,28\text{semanas}$$

U = 1

%UD = 25%

K = 83.000 \* 0,28 \* 1 \* 1,25 = 29051 ≈ 30.000unidades

Cálculo para definir el número de kanbanes para carga tp azul.

Q=83.000 unidades/semana

LT= 0,28 semanas

q=10.000 unidades

μ=0,25

$$Kt = \frac{82.000 * 0,28 * 1,25}{10.000} = 3\text{kanbanes}$$

- Funcionamiento: 3 kanbanes (30.000/3=10.000)

Al estar igual dimensionado que el kanban para la carga tp azul el funcionamiento para este modelo es exactamente igual que para la carga mencionada con anterioridad.

KANBANES DE TRANSPORTE PARA APROVISIONAMIENTO DE MATERIAL

CUERPOS CARGA TP (CARGAS TP):

Queda cubierta la necesidad ya que se sobredimensionó para cubrir la necesidad de este código.

TAPONES NEGROS:

Ubicación: estantería 2 balda 4 pos. 2 (ubicación 2.4.2). 2 cajas (25.000 unidades por caja). Cuando se recoge la 2ª caja por parte del operario automáticamente se genera el kanban de transporte para el aprovisionamiento

de material. Se produce igual que con los cuerpos. El listero coloca las dos cajas procedentes del almacén y la tarjeta kanban en la 2ª caja.

**PUNTAS:**

Ubicación: estantería 2 balda 4 pos. 3 (ubicación 2.4.3). 3 botes (15.000 unidades x bote). El kanban está asociado al segundo bote (es decir se activa cuando el operario ha cogido el penúltimo bote de la estantería). La forma de proceder para el aprovisionamiento es idéntica a los dos casos anteriores. El listero es el responsable de asegurar el fifo en la colocación del material recepcionado.

**TINTA NEGRA:**

Queda cubierta la necesidad ya que se calculó para la carga in-in.

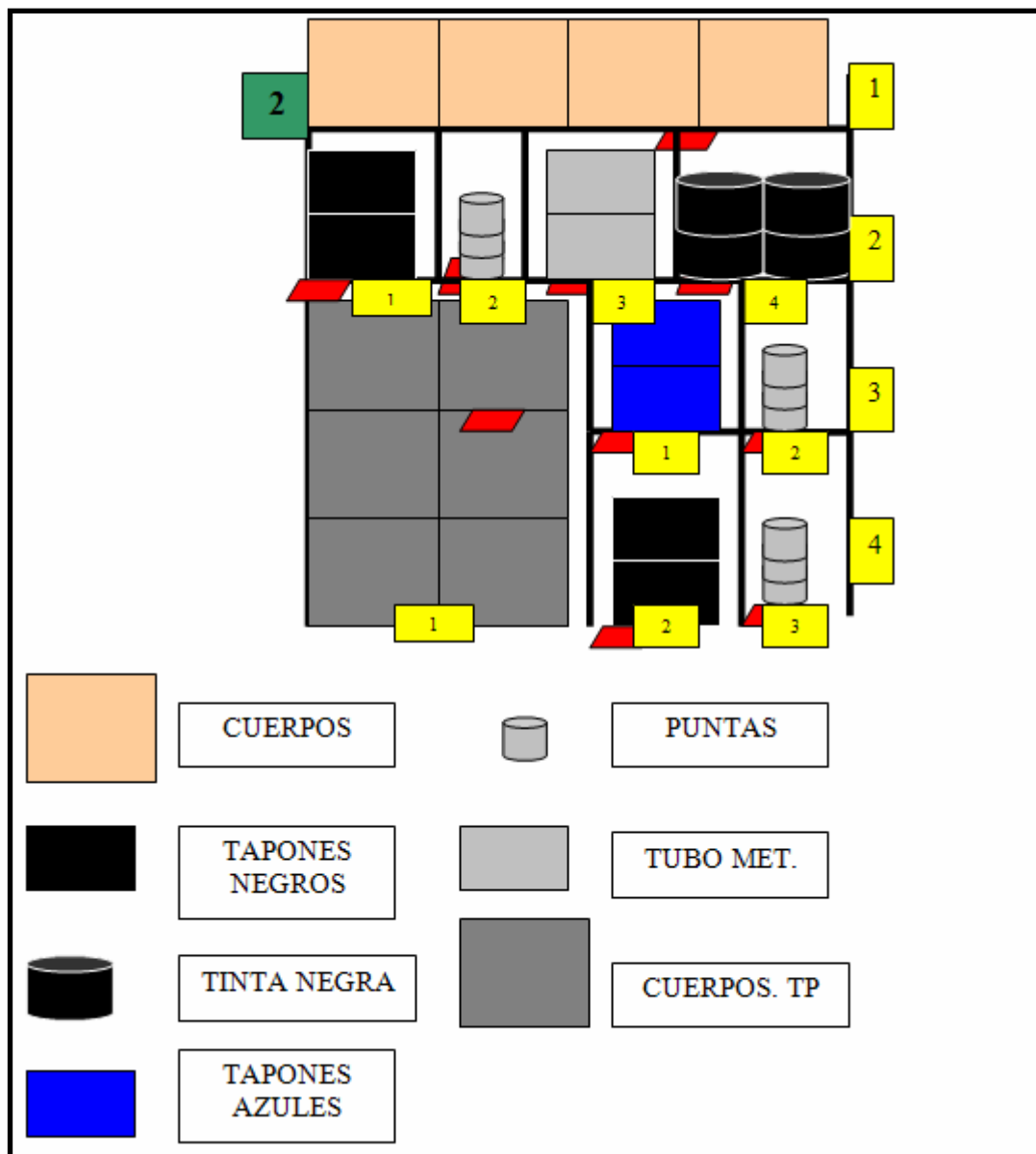


Fig. 4.10. Esquema estantería Nº 2 ubicación material kanban.

### 4.2.3 Definición funcionamiento del kanban.

El funcionamiento de los diferentes kanbanes diseñados para este artículo en concreto es igual en todos los casos si obviamos el número de kanbanes que forman cada uno. No obstante y como se puntualizará más adelante en el caso del kanban piloto (consumible carga in-in azul) una vez puesto en marcha se ha cambiado el tipo de kanban de trabajo ya que debido a la demanda de esta referencia y a diferentes aspectos que no se tuvieron en cuenta cuando se diseñaron el kanban, se han tenido que realizar ajustes sobre el mismo.

A continuación se explica como se ha desarrollado funcionalmente el kanban para este tipo de artículos en la planta de monturas automática en Inoxcrom, cómo funcionan los dos tipos de kanbanes diseñados y como se mueven por los diferentes procesos por los que intervienen:

1- El listero que abastece las líneas de montaje de bolígrafos es el responsable de retirar y suministrar los contenedores llenos a las líneas de fabricación de bolígrafos realizando la actividad con una periodicidad de 1 hora.

2- El listero se dirige a la zona de producción de las cargas y cambia los contenedores vacíos por contenedores llenos. En realidad no cambia físicamente los contenedores por no contar en la actualidad con suficientes contenedores en la planta sino que carga los contenedores vacíos con consumibles fabricados en el almacén destinado a la producción de los consumibles. El mismo listero cuelga en el tablón de producción los kanbanes de producción para reponer y los kanbanes de transporte que hayan quedado vacíos por falta de artículos. En caso de disponer de algún contenedor vacío lo deja en la zona de almacenaje de material. En la figura 4.11 se muestra el tablón donde se ubican los kanbanes.



Fig. 4.11. Tablón kanbanes de la planta de montura automática.

3- Reemplaza los kanbanes de producción retirados por kanbanes de transporte siempre realizando la comprobación de forma cuidadosa de que las referencias coincidan.

4- Una vez se hace uso del kanban de transporte en la línea de montaje, el kanban ha de ser colgado en el tablón de producción para asegurar su reemplazamiento.

5- Es importante mantener el orden de llegada de los diferentes kanbanes al tablón puesto que este orden es el que marcarán la preferencia de producción.

6- La producción de una determinada orden la pondrá en marcha el jefe de equipo en función de las tarjetas asociadas a los diferentes kanbanes y que se describieron en el apartado 4.2.2 para cada referencia. El jefe de equipo entregará los kanbanes de producción al operario de línea para que este paralelamente a la fabricación asocie un kanban a cada contenedor fabricado.

7- La cantidad de piezas a producir son exactamente las indicadas en los kanbanes.

8- En el proceso de fabricación el operario es el responsable de que las piezas y los kanbanes correspondientes vayan siempre juntos.

9- En el proceso de transporte y en el aprovisionamiento de materiales el listero es el responsable de que las piezas vayan asociados a los kanbanes correspondientes.

10- Cuando se finaliza el proceso de producción el operario es el responsable de depositar la producción en el lugar correspondiente para su posterior utilización por parte del listero.

11- El operario de línea deposita los kanbanes de transporte para aprovisionamiento de materiales en la zona del tablón destinada a los kanbanes de transporte para aprovisionamiento.

12- El listero con una frecuencia determinada (2 horas) es el responsable de recoger los kanbanes de aprovisionamiento de materiales. Mediante la necesidad que marquen los kanbanes solicitará vía SAP la petición de material al almacén central. Recepcionados los materiales es el responsable de ubicar los materiales en su disposición adecuada según lo redactado en el capítulo 4.2.2 y dejará cada kanban asociado a su material en su ubicación correspondiente.

13- Cada kanban fabricado se le asocia un número de entrega en la hoja de registro de producción. Esta hoja es recogida con una periodicidad determinada (2 veces por turno) por el jefe de equipo el cual notifica la producción realizada mediante SAP. Mediante notificación se realiza una implosión sobre el material que se ha utilizado en la orden para "descargar" de ficha dicho material y así cuadrar los stocks.

14- Cada 48 horas se realizará un inventario de las piezas asociadas a los consumibles para regularizar en caso de desviación el terminal en concreto. Este inventario debe ser de forma visual utilizando el documento fotográfico asociado a cada estantería redactado en el capítulo 4.2.2

Se muestran a continuación las tarjetas asociadas a los kanbanes realizados en la planta de montura automática.

Kanban de transporte:

- Ubicación: Lugar donde se encuentra físicamente el material indicado en la tarjeta kanban.
- Almacén de destino: Lugar donde se dispondrá el contenedor para su utilización en la planta de fabricación.



- Código pieza: Código asignado al consumible en SAP.
- Descripción: Descripción del consumible asignado en SAP.
- Proceso anterior: Proceso del cual precede al consumible (en nuestro caso ninguno ya que no procede de ningún proceso).
- Proceso posterior: Proceso al cual está destinado el consumible (en este caso el proceso es montura automática).
- Capacidad de caja: Capacidad del contenedor (en nuestro caso 14.000 unidades dispuestas en cajas tipo z-2 de 700 unidades).
- Nº contenedor: Número asociado al kanban (en este caso es el primero de los cuatro emitidos para esta referencia).

Se muestra a continuación en la figura 4.12 un kanban de producción de consumible carga in-in azul.

<u>Ubicación: ALCG IN-AZUL</u>	<u>Proceso anterior</u>
<u>Almacén destino: ALMA IN-AZUL</u>	NINGUNO
<u>Código pieza: 53850010</u>	<u>Proceso posterior</u>
<u>Descripción: CARGA IN-IN AZUL 1MM.</u>	MONTAJE AUTO.

Capacidad caja	Tipo caja	Nº contenedor
14.000(700)	z-2	1/4

Fig. 4.12. Kanban de transporte carga in-in azul.

Kanban de producción:

- Centro de trabajo: Nº de identificación del centro de trabajo asignado en SAP a la fabricación del consumible en cuestión.
- Proceso: Denominación de la descripción del proceso en SAP.
- Almacén destino: Ubicación física donde se tiene que almacenar el kanban una vez producido.
- Código pieza: Código asignado al consumible en SAP.
- Descripción: Descripción del consumible asignado en SAP.
- Materiales requeridos: Listado de la explosión de los materiales asignados al kanban de producción (código SAP, descripción SAP, cantidad requerida para la fabricación del kanban y ubicación física de los materiales).

<u>Centro de Trabajo: IMPIS (MA-800/804)</u>	<u>Proceso</u>		
	ENSAMBLAJE CARGA		
<u>Almacén destino: ALCG IN-AZUL</u>			
<u>Código pieza: 53850010</u>			
<u>Descripción: CARGA IN-IN AZUL 1MM</u>			
<u>Capacidad contenedor: 28.000 (700 z-2)</u>	<u>Nº contenedor</u>		
	1/4		
<u>Materiales requeridos:</u>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIP.</b>	<b>CANT.</b>	<b>UBICACIÓN</b>
52027390	Grasa silicona IF 4311	4286[gr.]	E2B5
52027216	Tinta bolígrafo azul	14140[gr.]	E1B4P2
53997129	Punta inox. 1MM (1,87)	14140 [u.]	E1B3P2
53997188	Tubito punta 1,87 níquel	14140 [u.]	E1B4P1
53997319	Cpo. carga azulado	14140 [u.]	E1B1 - E1B2
53997364	Tapón adap. IN-IN azul	14140 [u.]	E1B3P1

*Fig. 4.13. Kanban de producción carga in-in azul.*

Kanban de transporte (abastecimiento de materiales).

- Proceso: Denominación del proceso donde se ubica el kanban.
- Ubicación: Almacén donde se ha de solicitar la petición de material mediante transacción de SAP. Entre paréntesis se especifica el código SAP del departamento solicitado.
- Almacén destino: Denominación donde se ubica físicamente el material del kanban asociado (en este caso en la estantería 1 balda 1 y 2).
- Código pieza y descripción pieza: Descritos con anterioridad en el kanban de producción.
- Nº de bultos: Cantidad de bultos que se han de recepcionar cuando se realice la petición.
- Capacidad de la caja: Cantidad nominal de unidades por caja.
- Tipo caja: Referencia SAP de codificación del tipo de caja que llevan las piezas.
- Cantidad solicitada: Cantidad asociada al kanban que se ha de solicitar.

<u>Ubicación: ALMACÉN GENERAL (INOX)</u>	<u>Proceso</u>
<u>Almacén destino: E1B1 - E1B2</u>	ENSAMBLAJE CARGAS
<u>Código pieza: 53997319</u>	<u>Nº contenedor</u>
<u>Descripción: CPO. CARGA AZULADO</u>	1/1

Nº bultos	Capacidad caja	Tipo caja	Cantidad solicitada
4	10.000	b-3	40.000

Fig. 4.14. Kanban de transporte para abastecimiento de terminales.

Por último es necesario puntualizar de forma breve la relación de reglas que se han redactado y que quedan especificadas en el ANEXO B de este proyecto como "Reglas Kanban" para asegurar el funcionamiento del mismo. Se ha de realizar especial énfasis en el cumplimiento de estas reglas puesto que sin ellas es imposible que el kanban funcione.

Regla 1: Cada proceso retirará del proceso anterior los productos necesarios en las cantidades necesarias y en el momento necesario.

Regla 2: En cada proceso deben fabricarse los productos en las cantidades retiradas por el proceso posterior.

Regla 3: Nunca deberán pasar al proceso posterior productos defectuosos.

Regla 4: Debe minimizarse el número de kanbanes.

Regla 5: Deberá utilizarse el kanban para adaptarse a las pequeñas fluctuaciones de la demanda (ajuste fino de la producción).

#### 4.2.4 Problemas detectados.

Una vez implantado el kanban piloto se detectan varios problemas tanto en el diseño como en el funcionamiento. A continuación se realiza una breve exposición de los mismos para posteriormente definir las soluciones adoptadas en cada caso.

- Desajustes en las necesidades del consumible carga in-in azul: Debido a que: el lote de producción es grande, pequeñas fluctuaciones en las necesidades de producción y picos de necesidades elevados (máxima necesidad en la planta debido a que coinciden reiteradas veces las máquinas de montura con el mismo consumible) hacen que en esta referencia en concreto tengamos puntualmente un cuello de botella. Este efecto se puede minimizar realizando un cambio de modelo de las 4 máquinas impis (productoras de la carga) al mismo modelo sopesa sobre el consumible de tinta negra. No obstante la idea del kanban parte

de la base de minimizar recursos y realizar los mínimos cambios posibles por eso se debe realizar otro tipo de acción para mejorar el funcionamiento del kanban.

- Periodicidad de inventarios: Es excesiva ya que para realizar un inventario se han de llevar a cabo varias acciones para poder ejecutarlo; listar material mediante SAP, imprimir listado, verificar el listado con el material físico, traspasar incidencias al planificador de la planta para asumir regularizaciones. Todas estas acciones están próximas a una hora del listero cuya saturación en planta está próxima al 100% y por tanto no es asumido por su persona.
- Lanzamiento de órdenes: El responsable del lanzamiento de las órdenes en primera instancia es el jefe de equipo de producción del turno. Esta persona por sus tareas destinadas en la planta y en función de los requerimientos puede ausentarse de su puesto de trabajo durante estancias prolongadas. Por este motivo y debido al corto margen con el que disponemos es necesario lanzar las órdenes en el momento que el kanban lo requiere. Por tanto es necesario buscar una alternativa para el lanzamiento de órdenes preferencialmente gestionadas por el personal que interviene en el kanban.
- En el primer mes de funcionamiento del kanban piloto se han tenido que hacer 8 tarjetas nuevas, bien por deterioro o bien por pérdida de las mismas.

#### 4.2.5 Mejoras propuestas.

- Desajustes en las necesidades del consumible carga in-in azul: Después de varios ajustes sobre el kanban que inicialmente se ha diseñado se propone cambiar el kanban asociado a esta referencia por un kanban visual. Es decir, a nivel de producción se sustituyen los kanbanes de producción por un kanban de señal. Este kanban de señal de forma triangular sirve para especificar la producción de un lote en el proceso de ensamblaje de los consumibles. Como se muestra en las figuras 4.15 y 4.16 (parte delantera y trasera respectivamente del kanban de señal) un kanban de señal específica de forma visual cuando ha de comenzar la fabricación de un lote en función del consumo de las piezas. Es decir cuando las retiradas de material llegan a la posición en que se halla el kanban, debe ponerse en marcha la orden de producción.

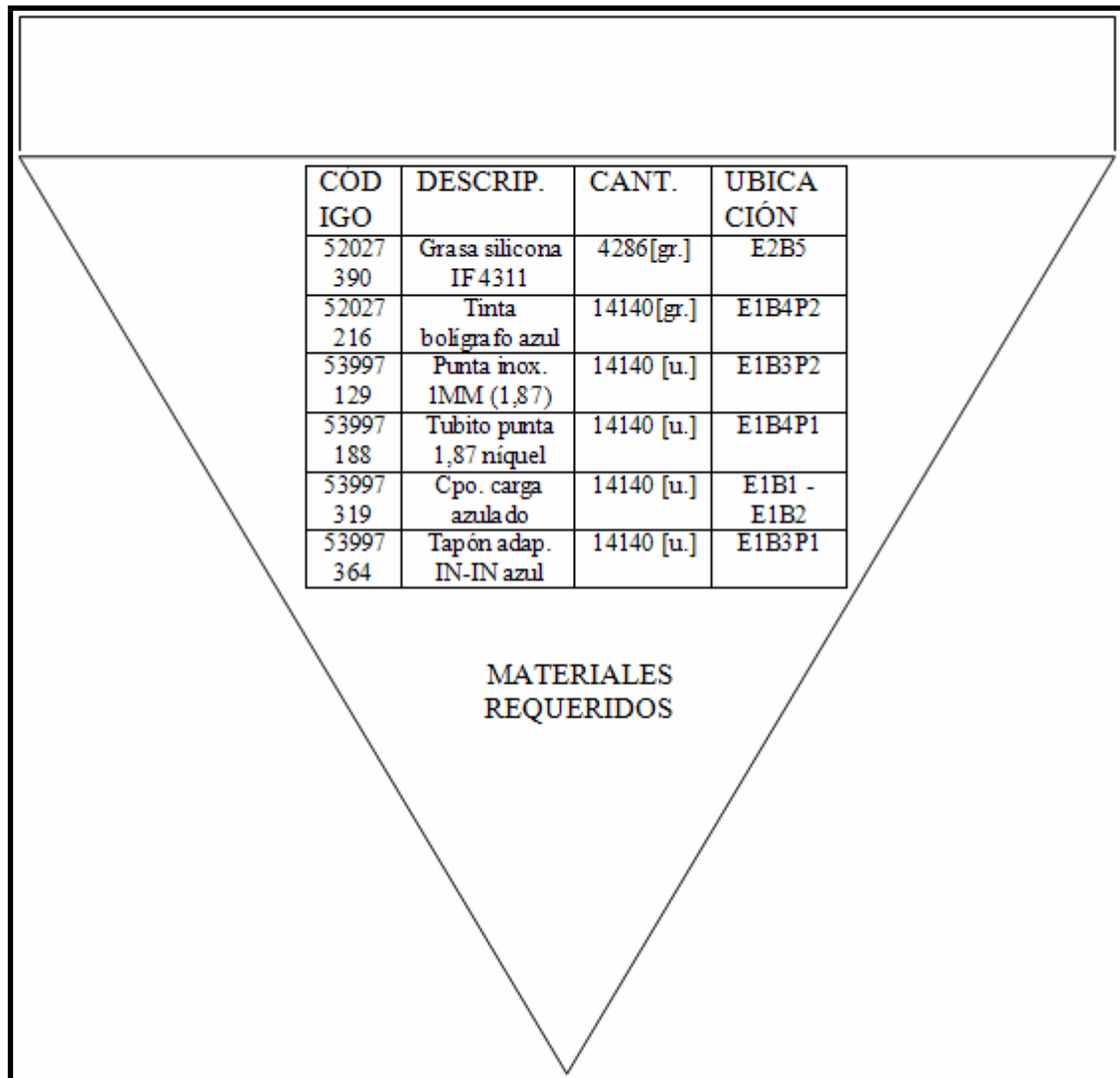
Kanban de señal: Muestra la misma información que el kanban de producción pero añade 3 informaciones asociadas al kanban de señal:

- Punto de reposición: cantidad a la que se activa el lote de producción. Es el punto de reposición donde se encuentra el kanban de señal. El listero es el responsable de activar el lote de producción. Cuando realiza una reposición para rellenar un carro (contenedor) para enviarlo a su punto en la línea de producción y el kanban de señal es alcanzado el listero desplaza el kanban al tablón de producción que automáticamente genera la orden de producción. De esta forma se consigue una mayor respuesta y se agiliza el comienzo del lote ya que en ningún caso tiene que intervenir el jefe de equipo.
- N° de alarma contenedor: Está asociado al nivel en el cual se deposita el kanban de señal y que marcará la orden para el inicio de la producción. Es evidente que la cantidad del punto de reposición se extrae de multiplicar el n° de alarma contenedor por la capacidad del contenedor.

➤ Tamaño del lote: En el kanban de producción cada tarjeta iba asociada al tamaño del contenedor que era una cantidad fija por tarjeta (14.000 unidades). Para el kanban de señal la cantidad a fabricar es igual a la totalidad del lote (110.000).

Centro de Trabajo: IMPIS (MA-800/804) ENSAMBLAJE CARGA	Punto de reposición: 28.000	Descripción: CARGA IN-IN AZUL 1MM. Código pieza: 53850010
Capacidad contenedor: 14.000 (700 z-2)	Nº alama contenedor: 2	Tamaño del lote: 110.000
Tipo caja: z-2	Nº de contenedores: 8	Materiales al dorso
	Almacén destino: ALCG IN- AZUL	

Fig. 4.15. Kanban de señal de carga in-in azul.



CODIGO	DESCRIP.	CANT.	UBICACIÓN
52027 390	Grasa silicona IF 4311	4286 [gr.]	E2B5
52027 216	Tinta bolígrafo azul	14140 [gr.]	E1B4P2
53997 129	Punta inox. 1MM (1,87)	14140 [u.]	E1B3P2
53997 188	Tubito punta 1,87 níquel	14140 [u.]	E1B4P1
53997 319	Cpo. carga azulado	14140 [u.]	E1B1 - E1B2
53997 364	Tapón adap. IN-IN azul	14140 [u.]	E1B3P1

MATERIALES  
REQUERIDOS

*Fig. 4.16. Posterior del kanban de señal. Listado de materiales.*



Fig. 4.17. Kanban de señal carga in-in azul

- Periodicidad en los inventarios: Debido a la disminución del stock del almacén de ALCG al implantar el kanban y teniendo en cuenta las regularizaciones realizadas en la fase de implantación del kanban (61.322 terminales al mes antes de la implantación por 4.439 terminales en el primer mes de la implantación) se decide ampliar los inventarios para el almacén de ALCG. Se varía la frecuencia de realización de inventarios de 48 horas a una semana con la cual cosa se reduce la cantidad de los inventarios en un 60% (inicialmente se realizaba un inventario cada día).

- Lanzamiento de órdenes: Con el fin de poder dar una respuesta lo más rápido posible en el lanzamiento de órdenes de trabajo se realiza un cambio para el lanzamiento de las mismas. Se ubica el tablón del kanban en el área de trabajo próxima a la fabricación de los consumibles. La idea es que el jefe de equipo no intervenga en el lanzamiento de las órdenes para evitar los tiempos muertos por solapamiento de actividades del jefe de equipo. Una vez solucionado el kanban más conflictivo debido a las interferencias que generaba (kanban de señal para el consumible carga in-in azul) los kanbanes para el resto de referencias seguirán funcionando como originalmente estaban diseñados. No obstante se varía el lanzamiento de órdenes de trabajo. El listero es el responsable de depositar las kanbanes de producción en el tablón de kanbanes. La secuencia para el lanzamiento de órdenes sigue siendo la propuesta en el apartado 4.2.2 pero la persona responsable es el listero. Cuando el secuenciador marca la fabricación de una referencia el listero desplaza los kanbanes al puesto de trabajo del operario para comenzar la producción.

Cabe remarcar que debido a las nuevas competencias del listero y a petición del personal afectado se realiza una evaluación del puesto de trabajo tomando la determinación de pasar de categoría grupo 6 a categoría grupo 5.

- En el primer mes de funcionamiento del kanban piloto se han tenido que hacer 8 tarjetas nuevas bien por deterioro o bien por pérdida de las mismas: Analizado el problema se detectan dos factores determinantes para la pérdida de los kanbanes:

- El personal necesita conocer la importancia del mantenimiento de las tarjetas para el buen funcionamiento del sistema ya que parte de las pérdidas es por imprudencias de los propios operarios de línea que generalmente por desinformación no conocen el flujo de estas tarjetas. Por este motivo y teniendo en cuenta que antes de implantar el kanban se realizaron las sesiones de formación se decide colocar las normas del kanban en los tablones de anuncios de la planta y mensualmente se colocará la información respecto a las tarjetas que se han tenido que reponer con la finalidad de concienciar al personal de la planta de la importancia del buen uso de las mismas.

A nivel de costes están centrados en dos puntos principales:

- Coste del estudio e implantación del kanban y traslado de las máquinas para el nuevo layout del islote de las máquinas de ensamblado de cargas.
- Formación del personal de la planta sobre el funcionamiento del kanban.

Se muestra en la tabla de la figura 4.18 los datos detallados del coste de la implantación del kanban.

<b>COSTE IMPLANTACIÓN KANBAN</b>						
ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DEL KANBAN						
<u>DESARROLLO DEL PROYECTO</u>						
			<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>p/u</u>	<u>TOTAL[€]</u>
Horas departamento Oficina Técnica (Ingeniería)		80	horas	50,00		4.000,00
<u>INSTALACIONES</u>						
Horas personal técnico (Montadores)		140	horas	25,50		3.570,00
Horas personal técnico (Instaladores)		104	horas	25,50		2.652,00
<u>FORMACIÓN PERSONAL</u>						
Costes de formación de personal	cualificado	20	horas	17,90		358,00
	no cualificado	126	horas	14,30		1.801,80
<b>TOTAL[€]</b>						<b>12.381,80</b>

Fig. 4.18. Tabla de coste implantación Kanban.



## 4.3 BENEFICIOS, OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DEL KANBAN.

Son numerosos los beneficios de implantar el kanban en la planta de montura automática. Al igual que pasa en las 5 S's no solo estos son económicos y enumeran a continuación:

- Eliminación de stocks intermedios y por tanto eliminación de inventarios intermedios, regularizaciones.
- Eliminación de espacio de almacenaje.
- Flexibilidad en las producciones. Pequeños lotes de fabricación. Cantidades controladas.
- Calidad controlada. Al ser lotes más pequeños están más acotadas las desviaciones. Disminuye la cantidad de consumibles por no calidad.
- Clara mejora de proceso debido al cambio entre la situación actual respecto a la situación inicial en términos de producción. Se reduce al 50% la mano de obra invertida en el proceso y por tanto se obtiene una mejora sustancial a nivel de productividad.
- Centralización del producto acabado. Solo existe un punto de almacenaje por referencia y por tanto el control de existencias se simplifica notoriamente.
- Disminución del espacio invertido para el almacenaje del stock de seguridad. Se paso de 4,5 millones de stock de seguridad a 200.000 unidades de consumibles totales. En m<sup>2</sup> equivale a 22.
- Disminución del espacio destinado al almacenaje de terminales para el ensamblaje de los consumibles. Se cuantifica en 14 m<sup>2</sup> el espacio ahorrado. Como se muestra en la gráfica de la figura 4.19 se reduce el volumen de terminales almacenados de 13 millones a 1,5 millones aproximadamente.

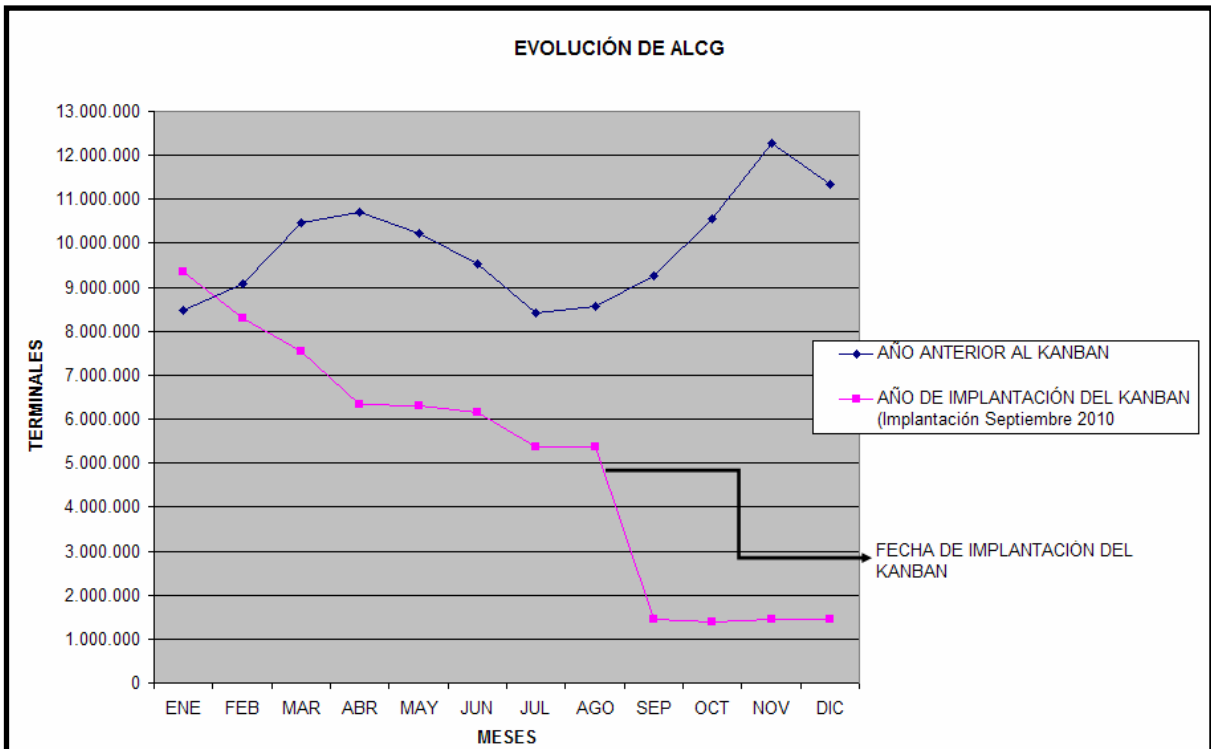


Fig. 4.19. Evolución del almacén ALCG (terminales para ensamblaje de cargas).

Se muestra a continuación mediante la tabla resumen mostrada en la figura 4.20 donde se pueden observar los beneficios económicos adquiridos con la implantación del kanban.

BENEFICIOS				
ESTUDIO DE KANBAN				
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL
<u>SUPERFICIE UTILIZADA</u>				
	m2	Base (€/m2)	SUBTOTAL (€)	TOTAL (€)
Reducción de la superficie utilizada	36	1747	62.892,00	62.892,00
<u>MATERIALES</u>				
	u.			TOTAL (€)
Regularizaciones de material	112.160			2849*
<u>MEJORA PROCESOS</u>				
	horas	€/hora		TOTAL (€)
Reducción mano de obra	1.750	18,1		31.675,00
				<b>TOTAL (€)</b>
			<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>39.426,00</b>
			<b>AHORRO SUPERFICIE</b>	<b>62.892,00</b>

\* Se calcula en base a las regularizaciones realizadas en los dos últimos meses en comparación con el mismo periodo del año anterior.

Fig. 4.20. Tabla resumen beneficios implantación Kanban.

TABLA RESUMEN BALANCE	
	[€]
AHORRO PRIMER AÑO (AMORTIZACIÓN DE COSTES DE IMPLANTACIÓN)	27.044,20
AHORRO ANUAL AÑOS POSTERIORES	39.426,00
AHORRO SUPERFICIE	62.892,00

Fig. 4.21 Tabla resumen balance económico implantación kanban.

# CAPÍTULO 5:

## SMED.

### 5.1 INTRODUCCIÓN AL SMED.

EL SMED (Single Minute Exchange of Die), que en su traducción al español significa "cambio de matriz en menos de 10 minutos", es una herramienta Lean esencial en el marco actual de la productividad de una empresa. Precisamente SMED nace de la necesidad de ajustarse a la flexibilidad que actualmente las empresas precisan en función de la demanda. Estas necesidades pasan por reducir el tamaño de los lotes, fabricación ajustada, minimizar stocks y por tanto resulta crítico reducir al mínimo los tiempos tanto para los cambios de herramientas como para las preparaciones de máquinas.

Reducir al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales; esta es en esencia la filosofía SMED. Hoy se apuesta no sólo a reducir al mínimo los tiempos de preparación, sino también los tiempos de reparación y mantenimiento.

Aunque existen un gran número de técnicas destinadas al incremento o mejora de la productividad, SMED merece especial consideración y es importante por tres motivos:

1. Generalmente los lotes de producción son grandes debido a que el tiempo de cambio es alto y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria, eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios.

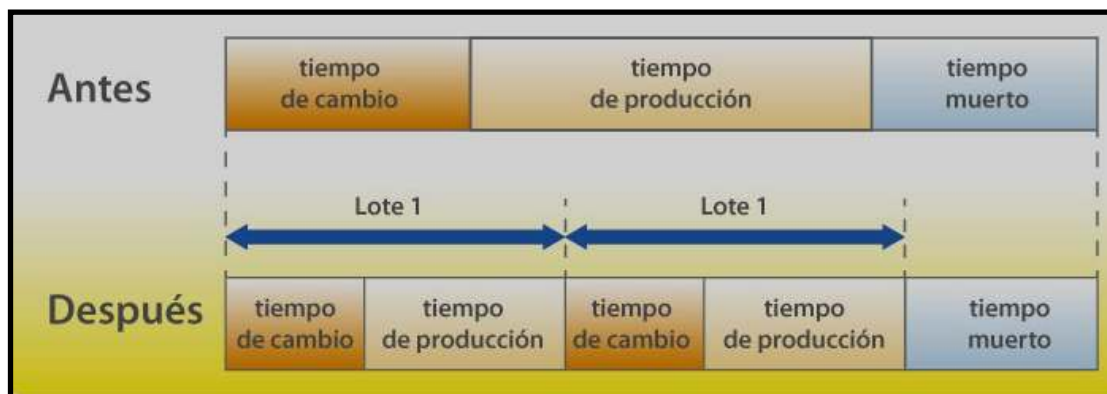


Fig. 5.1. Esquema comparativo grandes series (antes) lotes cortos (después).

2. Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de herramientas y útiles. Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones (mejora de la calidad).

3. Con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad de la máquina sin necesidad de hacer inversión en maquinaria nueva. Si la necesidad de las máquinas es superior al 100% de la capacidad, una opción para tener más capacidad, es reducir su tiempo de cambio y preparación.

Cabe remarcar que es tal la importancia de esta técnica que actualmente esta filosofía de trabajo ya no sólo se aplica en los cambios de herramientas y preparación de máquinas y equipos, sino también en la preparación y puesta a punto de quirófanos, preparación de embarques aéreos, atención de automóviles Fórmula Uno y de otras actividades vinculadas a los servicios.

También es necesario puntualizar que para realizar de forma óptima una puesta en funcionamiento en SMED, actividades como organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina son esenciales. Por tanto poder contar con la aplicación de las 5S's en el entorno de trabajo es beneficioso para implantar el SMED.

Antes de comenzar la implantación de SMED es necesario estudiar el proceso actual de cambio de modelo. Para realizar este estudio se pueden emplear diferentes técnicas de uso sencillo pero necesario para profundizar en el método.

### 5.1.1 Metodología para el cambio de métodos.

Como en el caso de otros métodos de trabajo, se hace uso de diversas técnicas para realizar el estudio:

- Análisis de Pareto: Esta técnica está destinada a diferenciar lo trivial de lo vital. O sea concentrarse en aquellas pocas actividades que absorben la mayor parte en el tiempo de cambio y/o preparación.

- Las seis preguntas clásicas: ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué?, correspondientes a cada una de las respectivas respuestas, con el objetivo de eliminar lo innecesario, combinar o reordenar las tareas y simplificarlas.

- Los cinco ¿Por qué? sucesivos: a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas comprendidas en el proceso de cambio de herramientas o preparación de las máquinas equipos. Esta técnica está fundamentalmente enfocada en la búsqueda de la causa raíz, o sea en los factores que en éste caso concreto determinan los tiempos de preparación o cambio de herramientas.

A veces, las acciones llevadas a cabo diariamente tanto por el personal de planta como por los responsables de la misma se convierten en verdades absolutas que no son cuestionadas. Mediante estas técnicas se intenta poner en duda todas y cuantas acciones se llevan a cabo para poder definir si, por un lado son vitales y por otro lado, siendo vitales, si se están realizando de la mejor forma posible.

### *5.1.2 Conceptos fundamentales del SMED.*

Cuando se produce un cambio de modelo en una máquina de producción se realizan unas operaciones que incluyen las tareas de preparación y ajuste que se realizan antes y después de procesar cada lote. Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos:

- Internas: Comprenden todas aquellas actividades para cuya realización es imprescindible detener la máquina o equipo.
- Externas: Comprenden todas aquellas actividades que pueden efectuarse mientras la máquina está en funcionamiento.

Esta misma técnica aplicada a la preparación de equipos, máquinas o líneas de producción durante las actividades de cambio de modelo o producto o, también durante la ejecución del mantenimiento, como por ejemplo el mantenimiento preventivo, puede conllevar a reducir hasta en un 60% los tiempos de parada programada de máquina. Para aplicar la técnica es necesario ejecutar las fases descritas a continuación:

- Fase mixta (Separar la preparación interna de la externa): El primer paso y quizás el más importante. Como primer paso para mejorar el tiempo de preparación es distinguir las actividades que se llevan a cabo: Preparaciones externas y preparaciones internas. El tiempo es reducido eliminando del tiempo de preparación interna todas las tareas que pueden ser desempeñadas mientras el equipo está en funcionamiento, este es el primer paso en las mejoras. Se pueden conseguir reducciones de tiempo de hasta 50%.

- Fase división (Convertir preparaciones internas en externas): Se enumeran a continuación los métodos que pueden ser usados para convertir las preparaciones o actividades internas a externas:

- Preensamblar. Hacer esto durante la preparación externa, posicionar en la preparación interna.
- Usar estándares o plantillas de rápido acomodo. Considerar el uso de plantillas de rápido posicionamiento.
- Eliminar los ajustes. Establecer valores constantes que permitan intervenciones rápidas.

➤ Usar plantillas intermedias. Presentan pre-reglajes ya ajustados. Para eliminar pequeñas pérdidas de tiempo es necesario considerar las siguientes preguntas:

- ¿Qué preparaciones se necesitan hacer por adelantado?
- ¿Qué herramientas se deben a mano?
- ¿Están las herramientas y plantillas en buenas condiciones?
- ¿Que tipo de mesa de trabajo es necesaria?
- ¿Dónde deben ubicarse los dados y plantillas después de ser utilizados?

Tres reglas simples deben tenerse en mente al tratar de mejorar tiempos de intervención:

- Que no se busque por partes herramientas.
- No mover cosas innecesariamente, establecer la mesa de trabajo y el área de almacenaje de forma apropiada.
- No usar las herramientas o repuestos incorrectos.

Estas reglas están relacionadas a las 2 primeras etapas de la aplicación de las 5S: Seiri (clasificación) y Seiton (orden). Implementando mejoras descubiertas por este tipo de interrogaciones, se puede reducir el tiempo de preparación en un 30-50%.

- Fase transferida (Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación): En esta etapa se busca perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales.

Aunque se recomienda ser sistemático, esta etapa suele hacerse junto con la segunda. Se deja para una "tercera etapa" la mejora de las operaciones externas. Para reducir operaciones o mejorarlas es preciso preguntarse:

- ¿Es necesaria la tarea?, ¿Puede eliminarse?
- ¿Son apropiados los procedimientos actuales?, ¿Son difíciles?
- ¿Puede cambiarse el orden de las tareas?, ¿Pueden hacerse de forma simultánea?
- ¿Es adecuado el número de personas?
- ¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen la máquina?

Una vez realizado el análisis anterior el objetivo es centrarse en optimizar los ajustes inicialmente eliminando los innecesarios y posteriormente mejorando los ajustes inevitables:

- Eliminar ajustes. Muchos ajustes pueden ser ejecutados sin prueba y error, sólo los ajustes inevitables deben permanecer. Para eliminar ajustes es necesario analizar su propósito, causas, métodos actuales y eficacia.
  - Investigar causas. Identificar porqué los ajustes son necesarios.
  - Considerar alternativas y mejoras que eliminarán la necesidad de hacer ajustes.

➤ Mejorar ajustes inevitables. Cuando los ajustes no pueden ser eliminados, varias estrategias pueden ser adoptadas :

- Seleccionar valores definidos. Usar valores constantes para evitar ajustes, considerar métodos de medición que permitan evaluar con valores numéricos.
- Establecer un procedimiento estándar para ejecutar los ajustes.
- Mejorar las destrezas de los trabajadores practicando los procedimientos.

Después de pasar por estas tres fases de mejora en la aplicación del SMED el tiempo de preparación de máquinas debe de haber reducido a un punto en el cual las líneas de producción tendrán mayor disponibilidad, podrán trabajar con lotes más pequeños.

• Fase mejorada (Suprimir la propia fase de preparación). A los efectos de prescindir por completo de la preparación, pueden adoptarse dos criterios. El primero consiste en utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distintos productos; y el segundo enfoque consiste en producir las distintas piezas al mismo tiempo. Esto último puede lograrse por dos métodos. El primer método es el sistema del conjunto. Por ejemplo, en el mismo troquel, se tallan dos formas diferentes. El segundo método consiste en troquelar las distintas piezas en paralelo, mediante la utilización de varias máquinas de menor costo.

Esta última fase generalmente requiere de un estudio concienzudo sobre los cambios a implementar y en el caso de las máquinas que se tratan en este proyecto no tienen un efecto claramente útil. Se muestra en la figura 5.2 una visión general del sistema SMED.

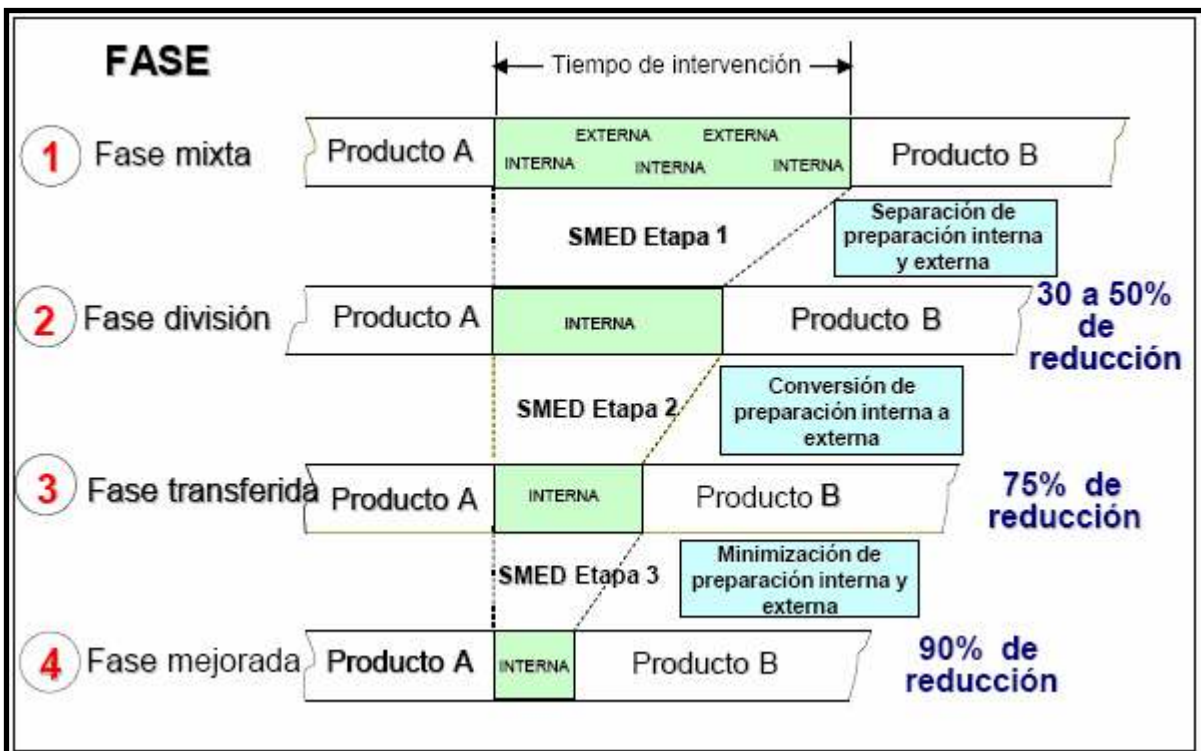


Fig. 5.2. Fases de implantación de SMED.



En la gráfica se observa el recorte del tiempo de intervención en función del avance de implantación de las diferentes fases. Es evidente que no en todos los casos es posible alcanzar los porcentajes indicados en la figura sin embargo y como se mostrará en el apartado de implantación los tiempos son reducidos drásticamente.

### *5.1.3 Técnicas de aplicación.*

Se utilizan en el SMED seis técnicas destinadas a dar aplicación a los cuatro conceptos anteriormente expuestos.

1- Estandarizar las actividades de preparación externa. Las operaciones de preparación de los utillajes, herramientas y materiales deben convertirse en procedimientos habituales y estandarizados. Tales operaciones estandarizadas deben recogerse por escrito y fijarse en la pared para que los operarios las puedan visualizar. Después, los trabajadores deben recibir al correspondiente adiestramiento para dominarlas.

2- Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina. Si el tamaño y la forma de todos los utillajes se estandarizan completamente, el tiempo de preparación se reducirá considerablemente. Pero dado que ello resulta de un costo elevado, se aconseja estandarizar solamente la parte de la función necesaria para las preparaciones.

3- Utilizar un elemento de fijación rápido. Si bien el elemento de sujeción más difundido es el perno, dado que el mismo sujeta en la última vuelta de la tuerca y puede aflojarse a la primera vuelta, se han ideado diversos elementos que permiten una más eficaz y eficiente sujeción. Entre tales elementos se cuenta con la utilización del orificio en forma de pera, la arandela en forma de U y la tuerca y el perno acanalado.

4- Utilizar una herramienta complementaria. Los utillajes deben unirse a una herramienta complementaria en la fase de preparación externa, y luego en la fase de preparación interna esta herramienta puede fijarse en la máquina casi instantáneamente. Para hacer ello factible es necesario proceder a la estandarización de las herramientas complementarias.

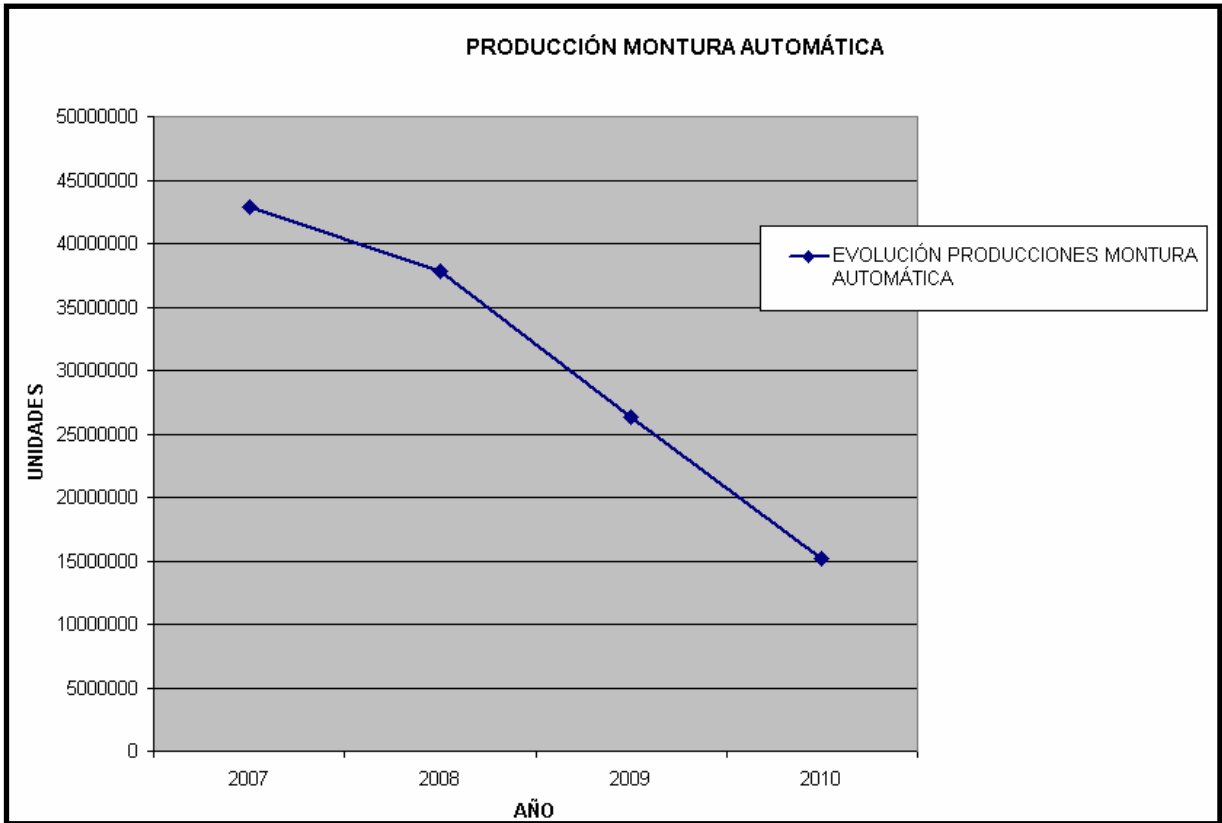
5- Hacer uso de operaciones en paralelo. Existen operaciones de preparación de las máquinas que ocuparán mucho tiempo al operario. Pero, si se procede a aplicar a tales máquinas operaciones en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse así el tiempo de preparación.

6- Utilización de un sistema de preparación mecánica. Hacer uso de sistemas hidráulicos o neumáticos para facilitar las maniobras de ajuste en caso de ser necesario.

## **5.2 IMPLANTACIÓN DE SMED.**

En la situación actual y como se ha puntualizado en más de una ocasión en este proyecto es necesario adaptarse a las necesidades de los clientes en cuestiones de flexibilidad, plazos de entrega, costes, etc. Como se ha descrito en el apartado anterior Smed es una herramienta para reducir el tiempo de cambio de modelo. Esta operación adquiere un valor significativo al aumentar

exponencialmente el número de veces que se realiza en un periodo definido. Como se muestra en las gráficas 5.3 y 5.4 en los últimos años este porcentaje ha aumentado significativamente mientras que paralelamente se ha reducido de forma significativa la cantidad de unidades fabricadas para el mismo periodo.



*Fig. 5.3. Evolución volumen de producción planta montura automática.*

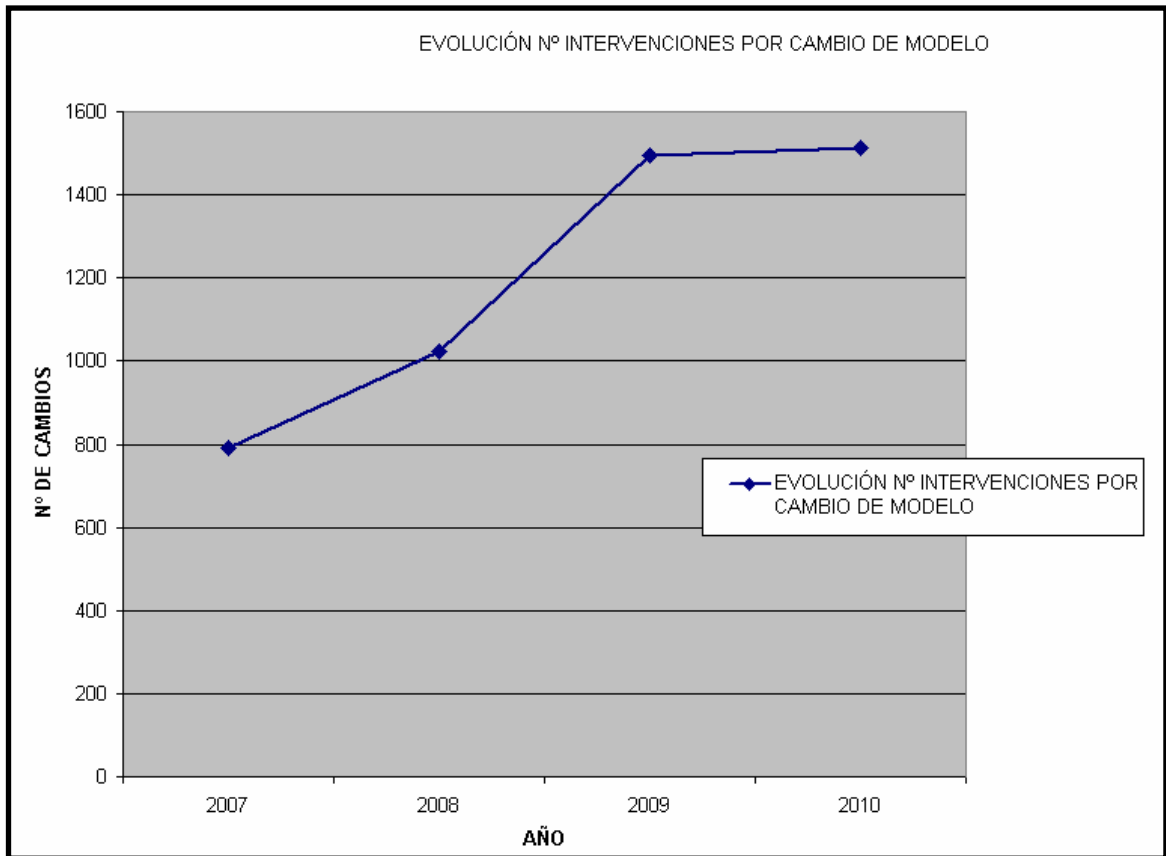
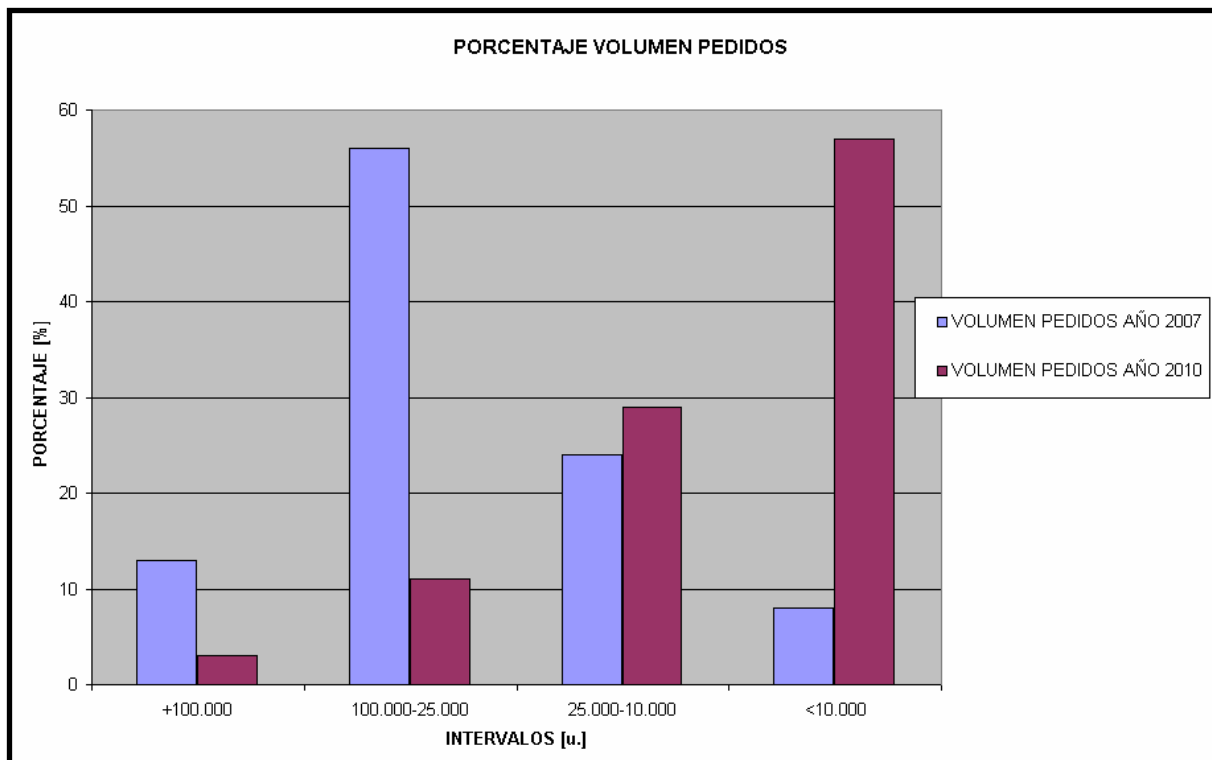


Fig. 5.4. Evolución volumen número de intervenciones por cambio de modelo.

Para realizar una comparativa en el año 2007 el 13% de los pedidos eran de un volumen superior a 100.000 unidades, el 56% estaba comprendido entre 100.000 y 25.000 unidades, el 24% se comprendía entre 25.000 y 10.000 unidades y el resto de porcentaje; un 8% era inferior en volumen a 10.000 unidades.

En la actualidad esta gráfica está completamente invertida; el 3% está representado por el volumen superior a 100.000 unidades, el 11% entre 100.000 y 25.000 unidades, el 29% comprendido entre 25.000 y 10.000 unidades y el 57% inferior a 10.000 unidades. Se muestran dos gráficas con los datos recogidos.



*Fig. 5.5. Porcentaje volumen de pedidos por intervalos.*

La implantación de esta herramienta se va a centrar en la máquina de ensamblar automáticamente el modelo B-COMPACT por varios motivos:

- Ocupación puntual superior al 100%: Sobre este modelo de bolígrafo se realizan la mayor parte de pedidos de gran volumen de la compañía (Fundación, Agatha, Bancaja, Pfizer, etc). Todos los pedidos enumerados anteriormente superan las 400.000 unidades y la carga de máquina puntualmente sobrepasa el 100% de la capacidad. A este factor hay que añadir que para montar un pedido de 1.000.000 de artículos (Fundación) es necesario un periodo largo de producción (entorno a 33 días laborables). Evidentemente el pedido no se realiza en un lote ya existe un compromiso con nuestros clientes de un plazo de entrega máximo de 16 días para cualquier pedido. Esto significa que entre medio de la producción de pedidos de cierto volumen es necesario realizar cambios diarios para poder servir el resto de pedidos en fecha. En el año 2010 el número de cambios realizados en la máquina de montar B-COMPACT asciende a 196.

- Ejecución del cambio no controlado: Inicialmente esta máquina realizaba un solo modelo de bolígrafo (B-COMPACT). A petición del departamento de marketing de la compañía y siendo un artículo de éxito se pidieron realizar modificaciones geométricas en alguno de sus componentes para actualizar el modelo. Realizadas las modificaciones se adaptaron los grupos para realizar su montaje en máquina automática con la finalidad de dar de baja el modelo antiguo. No obstante esto no se pudo llevar a cabo ya que parte de los clientes que adquirirían este modelo querían seguir haciéndolo. Por este motivo, un proyecto que inicialmente nació para no coexistir ambos modelos no se pudo llevar a cabo y en la actualidad es necesario realizar el cambio mediante ajustes mecánicos y eléctricos.

- Al no contemplar la posibilidad inicial de coexistir ambos modelos los cambios de serie no están reglados. No existe pauta ni método. No se tiene controlado el proceso y evidentemente no se tiene medido el tiempo invertido. Por tanto no se controlan los cambios.

Para poder comenzar a realizar el estudio de la implantación del SMED es necesario conocer el proceso actual en el cambio de modelo. Para realizar este estudio se realizan tres grabaciones de cambios de modelo con operarios diferentes para, por un lado redactar el proceso actual de cambio de modelo y por otro lado poder cuantificar en tiempo las acciones que se realizan. En esta primera fase no se realizará ningún análisis de las operaciones realizadas, solo se trata de cuantificar la situación actual para poder tener un base de trabajo.

Mediante esta operación se redacta el Proceso Cambio de Modelo en Máquina B-Compact ("PR-CM-01-01") el cual queda incluido en el ANEXO C de este proyecto. Paralelamente se realiza un diagrama de actividades simultáneas para realizar el estudio del cambio de modelo: relación del personal que interviene, acciones realizadas, tiempo empleado, etc. Se muestra a continuación el diagrama de actividades simultáneas de la situación inicial.

Aplicación de herramientas y técnicas de mejora de la productividad en una planta de fabricación de artículos de escritura.

ocupación	operario	ocupación	jefe equipo	tiempo	ESCALA	ocupación	resp. Mant.	ocupación	t.mecanico	ocupación	t.electrico
	MARCAR F.O PARAR MÁQUINA DE CICLO			106	—100—						
	VACIAR CLIP, SOLAPAR CAJA Y COLOCAR EN ESTANTERÍA			118	—200—						
	VACIAR CAPUCHÓN, SOLAPAR CAJA Y COLOCAR EN ESTANTERÍA			135	—300—						
	BUSCAR PISTOLA NEUMÁTICA Y ACOPLAR, VACIAR TAPÓN, SOLAPAR CAJA Y COLOCAR EN ESTANTERÍA			252	—400— —500— —600—						
	VACIAR CUERPOS, SOLAPAR CAJA Y COLOCAR EN ESTANTERÍA			92	—700—						
	VACIAR GOMAS, SOLAPAR CAJA Y COLOCAR EN ESTANTERÍA			85	—800—						
	CONFIRMAR CÓDIGO CARGAS			28	—900—						
	VACIAR CARGADOR CARGAS: POSTERIOR, ANTERIOR Y CINTA TRANSPORTADORA, SOLAPAR CAJA Y PONER EN ESTANTERÍA			272	—1000— —1100—						
	COGER PISTOLA, VACIAR PUNTERAS, SOLAPAR CAJA, COLOCAR EN ESTANTERÍA Y RÉCOGER PISTOLA			191	—1200—						
	PREPARAR Y PRECINTAR 3 CAJAS TIPO 28, COLOCAR RECHAZO MÁQUINA Y UBICAR EN PALET			110	—1300—						
	BUSCAR TRASPALETA Y SACAR PALET DEL PEDIDO ADJUNTANDO ORDEN DE TRABAJO, DESPLAZAR PALET A ZONA DE ENCAJADO Y DEJAR TRASPALETA EN SU UBICACIÓN			218	—1400— —1500— —1600—						
	COGER PLANING, MEDIANTE ORDEN DE TRABAJO PREPARAR MATERIAL NUEVA ORDEN			287	—1700— —1800—						

	LLENAR TOLVA CLIPS, CAPUCHÓN, TAPONES, CUERPOS, GOMAS, CARGAS Y PUNTERAS. PROGRAMAR DATOS DEL PEDIDO EN EL DISPLAY (CANTIDAD TOTAL, PARCIALES...)		407	1900 2000 2100 2200 2300			
	AVISAR AL JEFE DE EQUIPO		40	2400			
	ESPERAR	PREPARAR S.I. MANTENIMIENTO MECÁNICO, AVISAR TELEFONICAMENTE E INCIDENCIA	79	2500		RECIBIR INCIDENCIA TELEFONICAMENTE Y PREPARAR ORDEN DE TRABAJO	
	ESPERAR	ESPERAR	137	2600 2700 2800		NOTIFICAR AL TÉCNICO DE LA INCIDENCIA	
	ESPERAR		306	2900		VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MÁQUINA. AJUSTES: LINEAL CLIP Y FINAL DE CARRERA, LINEAL TAPÓN, ALTURA CLAVADA TAPÓN, CARRERA PINZA TRASLADO MECANISMO, DETECCIÓN CLAVADA MECANISMO, DETECCIÓN FUNCIONAMIENTO MECANISMO, SEGUIMIENTO INCIDENCIA (MÁQUINA EN	
	AVISAR AL JEFE DE EQUIPO PARA PREPARAR S.I. (AJUSTE SENSORES)	RECIBIR NOTIFICACIÓN OPERARIO, PREPARAR S.I. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, AVISAR TELEFÓNICAMENTE INCIDENCIA	43	4400		DOCUMENTAR O.T.	
	ESPERAR		74	4500			
	ESPERAR		58	4600		RECIBIR INCIDENCIA TELEFONICAMENTE. PREPARAR ORDEN DE TRABAJO	
	ESPERAR	ESPERAR	45	4700			
	ESPERAR	ESPERAR	95	4800		NOTIFICAR AL TÉCNICO DE LA INCIDENCIA	RECIBIR NOTIFICACIÓN RESPONSABLE
	ESPERAR		145	4900 5000 5100 5200 5300 5400		VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MÁQUINA. AJUSTE ESCALA LECTURA DETECCIÓN CLIP, AJUSTE ESCALA LECTURA DETECCIÓN CAPUCHÓN, AJUSTE LECTURA PUNTERA, SEGUIMIENTO INCIDENCIA (MÁQUINA EN AUTOMÁTICO)	
	ESPERAR		528				





Para las acciones realizadas por el operario de mayor a menor importancia encontramos que la acción de mayor duración es manejar los mandos mientras los técnicos de mantenimiento realizan los ajustes necesarios. Cabe destacar que el 98% del tiempo invertido el operario no realiza ninguna acción y por tanto el total del tiempo invertido en espera en esta intervención es de 29,06 minutos.

Otras acciones realizadas por el operario a estudiar son la búsqueda de materiales (4,59 minutos): acción realizada internamente y que fácilmente se puede realizar de forma externa. Desplazar artículos al jefe de equipo para validación de orden (3,79 minutos) y verificar datos de la orden y auto controlar terminales, las cuales al igual que la búsqueda de materiales se deberían hacer externamente.

La idea principal para las acciones realizadas por el operario es balancear las acciones para realizar las máximas posibles de forma externa y simultánea.

En el caso de la figura del jefe de equipo y debido a que el 80% del tiempo dedicado al cambio de modelo está destinado a tareas administrativas se plantea la posibilidad de realizar una única acción (validar orden de trabajo).

Debido a que el cambio de modelo no está estandarizado y que los ajustes son mediante reglajes mecánicos o eléctricos se plantea la posibilidad de realizar un estudio de ingeniería para diseñar los utillajes y mecanismos así como sus fijaciones para realizar un cambio rápido de modelo evitando la actuación del personal técnico. Sin duda esta será la reducción más sustancial por varios motivos:

- Se reduce de cinco a dos personas el número de personas que realizan el cambio.
- Al no depender del departamento de mantenimiento se reducen considerablemente los tiempos muertos y de espera.
- Directamente se eliminan todas las tareas administrativas.
- Se reduce cuantiosamente el coste de mano de obra del cambio ya que además de reducir el tiempo de cambio de modelo se elimina la mano de obra técnica (mayor coste que la del operario).

Establecidos los parámetros que definen el cambio de modelo que se realiza en la actualidad se inicia la implantación de SMED realizando la primera fase de la misma.

### *5.2.1 Implantación de la fase mixta.*

Se indicó en el anterior apartado que todas las acciones que se realizaban en el cambio de modelo eran con el equipo parado (operaciones internas). Las acciones externas que se realizan en el método actual son las tareas administrativas que como se puntualizó en el apartado 5.2 en el cambio de modelo rápido no se realizarán. Por este motivo en esta primera fase no se ha de realizar distinciones entre acciones.

### 5.2.2 *Implantación de la fase división.*

En esta fase se busca reducir hasta en un 50% el tiempo dedicado al cambio. Por este motivo esta fase es quizás la más importante a la hora de implantar SMED. Se ha de realizar un estudio concienzudo para intentar convertir todas las preparaciones internas posibles en externas. Una primera valoración para realizar los cambios es identificar que acciones inevitablemente tienen que ser internas y por tanto se realizarán con máquina parada necesariamente. Son el resto de acciones las que nos harán mejorar el cambio ya que se definirán para realizar con máquina en marcha. A continuación se resumen las acciones ha realizar con máquina parada, todas las acciones detalladas una a una quedan incluidas en el ANEXO C de este proyecto en el documento "Tipo operaciones".

- Todas las acciones de vaciado y llenado de tolvas realizadas por el operario.
- Tareas administrativas de comunicación de cambio de modelo entre jefe de equipo y responsable de mantenimiento.
- Todos los ajustes del personal técnico.

Por otro lado se enumeran las principales tareas que se pueden realizar externamente y que por tanto minimizarán de forma directa el tiempo de cambio de modelo. Todas las acciones externas quedan identificadas en el ANEXO C de este proyecto en el documento "Conversión operaciones".

- Todas las acciones de búsqueda y manipulación de materiales (exceptuando vaciado y llenado de tolvas) realizado por el operario.
- Validación orden fabricación realizada por el jefe de equipo.
- Todas las tareas administrativas exceptuando comunicación entre jefe de equipo y responsable de mantenimiento para informar del cambio.

Todas estas acciones listadas con anterioridad se pueden llevar a cabo con el equipo en marcha. Por este motivo se puede cifrar el ahorro de tiempo en el cambio de acciones de internas a externas. En total el tiempo destinado a acciones externas que se realizan de forma interna asciende a 42,13 minutos. Si tenemos en cuenta que el total del tiempo de máquina parada inicialmente es de aproximadamente 97 minutos el ahorro debido a la implantación de esta fase asciende a un 43%.

### 5.2.3 *Implantación de la fase transferida.*

Como se indica en el apartado 5.1.2 de este proyecto esta fase se suele implantar conjuntamente con la fase de división. Es necesario realizar la reducción o mejora de acciones conjuntamente con la fase de división ya que paralelamente a la mejora se puede realizar la acción de forma externa para minimizar el tiempo de cambio. En esta fase nos centraremos en las operaciones elementales y sobre estas realizaremos las mejoras oportunas para eliminar ajustes y mejorar los inevitables.

Es necesario definir un nuevo método de cambio de modelo ya que como se puntualizó en el apartado anterior parece necesario realizar operaciones internas de forma simultánea para minimizar el tiempo de máquina parada. Por este

motivo se plantea realizar el cambio con dos operarios simultáneamente. Se define el proceso de cambio de modelo nuevo cuyo documento se adjunta en el ANEXO C como "PR-CM-001-02" para definir el método de cambio de modelo. La idea principal de este método se centra en realizar el cambio de modelo con el operario de máquina y el listero de planta. Todas las acciones de movimientos de materiales anteriores y posteriores al cambio (búsqueda de materiales, validación de los mismos, preparación de cajas, palets, etc.) serán realizadas por el listero con máquina en marcha atendida por el operario. Todas las acciones de ajustes de grupos se realizarán por el operario de máquina previo estudio de mejora de utillajes, fijaciones, etc., por parte de oficina técnica.

Por este motivo el personal técnico que intervenía en el cambio queda excluido del mismo siendo este un ahorro importante en el coste del mismo.

Se muestra a continuación el diagrama de actividades simultáneas para el método de cambio de modelo mejorado para posteriormente explicar de forma extensa los cambios realizados para la posible ejecución del mismo.

Aplicación de herramientas y técnicas de mejora de la productividad en una planta de fabricación de artículos de escritura.

ocupación	Listero	tiempo	ocupación	Operario	ocupación	jefe equipo
	MEDIANTE ORDEN DE TRABAJO PREPARAR MATERIAL NUEVA ORDEN	275	--100-- --200--		MÁQUINA AUTOMÁTICA	
	MARCAR FINAL DE ORDEN. PARO DE CICLO	106	--300--			
	BUSCAR PISTOLA NEUMÁTICA Y ACOPLAR. VACIAR CLIP, CAP, TAP, CPO, GOMAS, CARGAS Y PUNTERAS	108	--400--		CAMBIAR LINEAL Y CARRERA CLIPS	
		97	--500--		CAMBIAR ALTURA LINEAL TAPONES	
		94	--600--		CAMBIAR ALTURA LINEAL TAPONES	
		296	--700-- --800-- --900--		CAMBIAR ALTURA LINEAL TAPONES	
		74	--1000--		CAMBIAR ALTURA LINEAL TAPONES	
		13			CAMBIAR ALTURA COMPROBACIÓN	
		43				
	COGER PLANNING, LLENAR CLIP, CAP, TAP, CPO, GOMA, CARGA, PUNT. PONER CICLO AUTOMÁTICO	126	--1100-- --1200--		AJUSTAR FOTOCELULA CLIP, CAPUCHÓN Y PUNTERA	
		85	--1300--		COLOCAR CAJAS TERMINALES, PROGRAMAR DISPLAY, CAJA PRODUCTO ACABADO	
		92	--1400--		ESPERA	
	VERIFICAR CAMBIO MEDIANTE CHIPS COLORES	216	--1500-- --1600--			
	LLEVAR ARTÍCULOS AL JEFE DE EQUIPO (AUTOCONTROL Y FIRMA)	87	--1700--			
		141	--1800--			VERIFICAR Y FIRMAR ORDEN

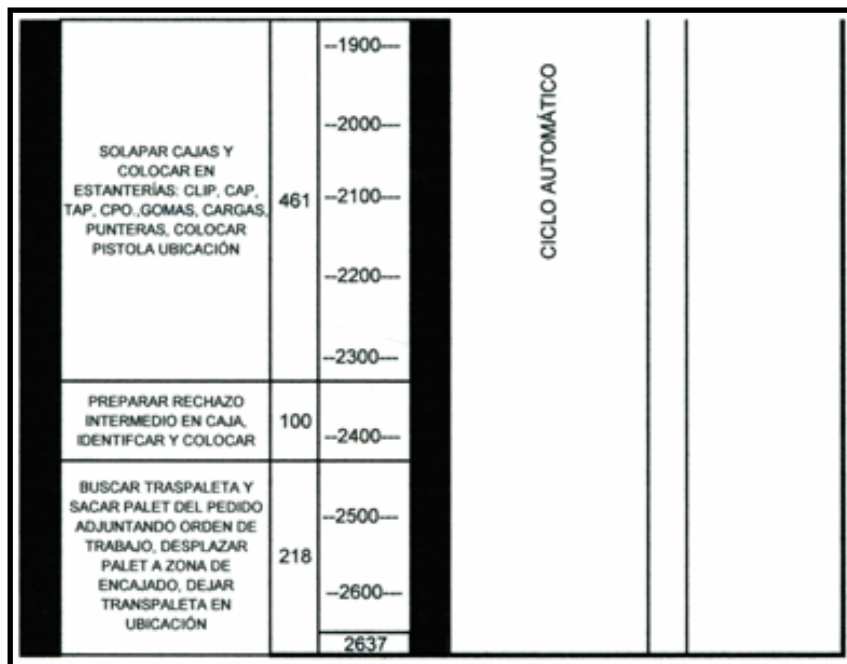


Fig. 5.7. Diagrama de actividades simultáneas propuesto.

Como se aprecia en el diagrama de actividades simultáneas que se muestra a continuación y que corresponde a las acciones realizadas en el método mejorado de cambio de modelo no se ha podido eliminar ninguna de las tareas que se llevaban a cabo por ser todas necesarias. No obstante la mayoría de las acciones se realizan de forma simultánea y con carga de trabajo repartida a diferencia del método inicial. Evidentemente el número de personas queda reducido de cinco a dos (no intervienen responsable de mantenimiento, técnico mecánico y eléctrico).

La mejora es sustancial en cuanto a tiempo de paro de máquina e intervención de operarios así como costes. Observando el diagrama de actividades simultáneas se extraen principalmente las siguientes conclusiones:

- En total intervienen dos personas en el cambio de modelo.
- El tiempo de máquina parada es de 23,83 minutos.
- El tiempo total invertido del personal que interviene en el cambio es de 63,85 minutos.
- El tiempo total de espera (tiempo inactivo) por parte del personal que realiza el cambio es de 1,53 minutos.
- El coste de la mano de obra es de 20,60€.
- El 55% del cambio se realiza en operaciones externas (máquina marcha).
- Se eliminan los tiempos por tareas administrativas.

También se observa en el diagrama una mejora notoria de los tiempos de preparación de máquina tanto en elementos mecánicos como eléctricos a diferencia del primer diagrama. Este efecto es posible principalmente a dos motivos:

➤ Eliminación de ajustes manuales: Todos los ajustes realizados con anterioridad eran reglajes mecánicos y eléctricos sin normalizar. Estos no estaban reglados y dependían en gran medida de la destreza del técnico para conseguir el resultado deseado.

➤ Normalización y estandarización del cambio. Debido a que los ajustes por parte del departamento técnico son incontrolados se han estudiado alternativas a estos ajustes estandarizando y normalizando el cambio mediante diseño y fabricación de utillajes para la realización del cambio rápido.

Estas dos acciones de mejora del método de cambio de modelo se han implantado en la última fase del SMED.

#### 5.2.4 *Implantación de la fase mejorada.*

Aunque no es lo habitual y debido a la premura de la implantación, se ha llevado a cabo la fase mejorada paralelamente a la fase transferida. Se listan las actividades que se realizarán para realizar la mejora del cambio de modelo en la máquina de montar bolígrafo del B-COMPACT:

- 1-Diseño, fabricación de utillajes y puesta en marcha.
- 2-Eliminación de los procesos de ajuste.
- 3-Utilización de sistemas de sujeción rápidos.
- 4-Ubicación y almacenaje de utillajes y herramientas.

Para entender estos puntos es necesario definir los aspectos diferenciadores de los artículos montados en la máquina para comprender las soluciones adoptadas. A continuación se expondrá detalladamente las necesidades a nivel de ajuste de máquina debido a las diferentes geometrías de los terminales en función del modelo de bolígrafo. Los modelos en cuestión tienen tres características geométricas que los diferencian:

- Geometría del tapón: En el modelo Compact el tapón es ovalado (color rosa) mientras que en el modelo New el tapón es plano (color verde).



*Fig. 5.8. Tapón mecanismo modelo New (verde) y modelo Compact (rosa).*

- Geometría del clip: El clip del modelo Compact es ovalado mientras que el del New es un paralelepípedo.



*Fig. 5.9. Geometría clip modelo New (amarillo) y modelo Compact (blanco).*

- Geometría de la goma: Para el modelo Compact la goma es lisa mientras que para el modelo New es rugosa.



*Fig. 5.10. Geometría gomas modelo New (rugosa) y modelo Compact (lisa).*

Se muestra en la figura 5.11 una ilustración de ambos modelos ensamblados.



*Fig. 5.11. Bolígrafo modelo New (naranja) y modelo Compact (azul).*

Las diferencias geométricas inciden directamente sobre 3 grupos de sub-ensamblaje de la máquina de montar artículos. Como se mostró en el diagrama de actividades simultáneas de la situación inicial el técnico mecánico realizaba tareas de ajustes en las estaciones del tapón, clip, mecanismo que evidentemente son los terminales geoméricamente diferentes en los modelos Compact y New. En el resto de operaciones de sub-ensamblaje y debido a que el resto de terminales son comunes no se realiza ajuste alguno. Coinciden también las acciones realizadas del técnico eléctrico sobre las mismas estaciones y por tanto el estudio de mejora se centrará en las mismas.

A pesar de que es conveniente mantener el orden las tres primeras actividades listadas anteriormente para realizar la mejora en el cambio de modelo, éstas se agrupan ya que están fuertemente relacionadas. En un primer paso se realiza un estudio de los tres grandes grupos de ajustes para intentar eliminarlos mediante el diseño de utillajes específicos.

En los tres casos las soluciones adoptadas son el diseño y fabricación de utillajes específicos para cada modelo. Se muestran mediante ilustración los utillajes fabricados para la realización del cambio rápido. Todos los detalles del cambio quedan recogidos en el dossier de "Cambio de modelo COMPACT-NEW" que se encuentra físicamente en el carenado de la propia máquina para consulta del operario y que queda recogido en el ANEXO C de este proyecto.

Las soluciones adoptadas para eliminar los ajustes realizados por el técnico mecánico son las siguientes:

- Ajuste lineal clip y final de carrera: En la situación inicial el mecánico realiza los ajustes colocando sobre espesores para absorber las diferencias de las piezas. El ajuste obliga al mecánico a desmontar completamente el lineal ya que para colocar los separadores es necesario desmontar el lineal. Con el fin de absorber las diferencias geométricas del clip se diseña un único utillaje para ambos modelos con dos planos de trabajo. En función del plano de trabajo la geometría recoge el alojamiento para trasladar el clip. Para evitar posibles errores de colocación los alojamientos de los elementos de fijación son asimétricos.





Fig. 5.12 Final de carrera modelo Compact.

- Ajuste tapón: Para realizar el cambio del tapón es necesario intervenir en dos partes diferenciadas de la máquina. Por un lado se ha de ajustar la altura techo del vibrador lineal del tapón. Este ajuste se realiza mediante coliso y a pesar de ser una acción ajustada en tiempo en ocasiones es necesario retocar el ajuste. Por este motivo se realiza en el perfil lateral del lineal una geometría en forma de coliso pero aumentando el diámetro final en ambos extremos del coliso (doble forma de pera). Estos aumentos de diámetro marcarán la posición justa para la altura techo en función del tapón. En la figura 5.13. se representa de forma esquematizada la forma. Para la sujeción del elemento se dispone de dos pernos con forma para un anclaje fácil y métrico 5 para llave allen.

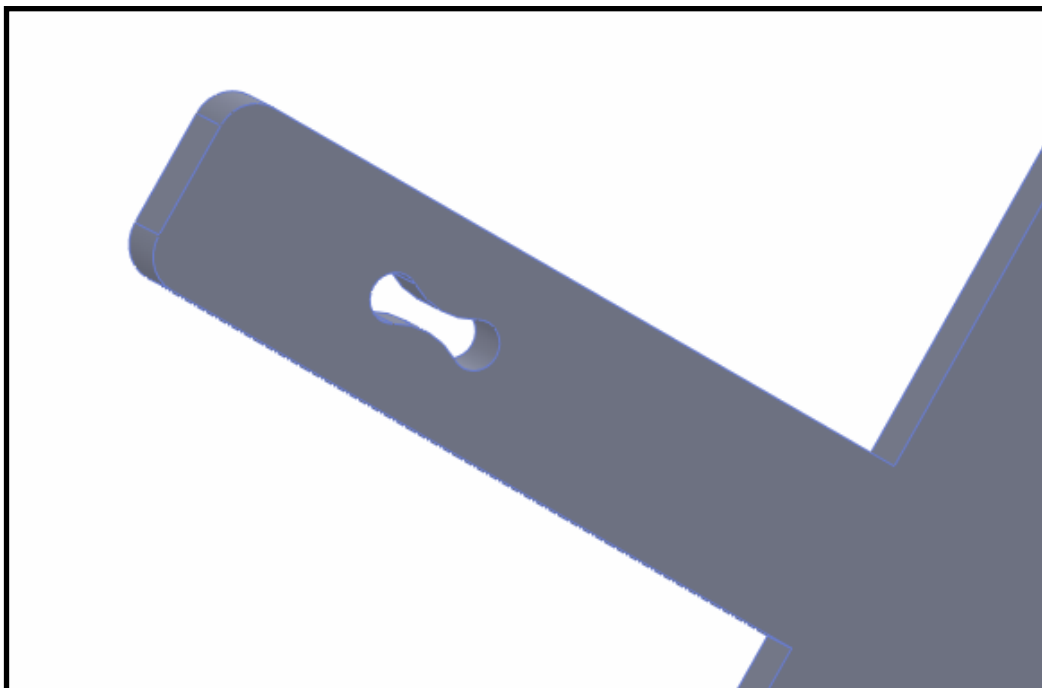


Fig. 5.13. Coliso doble forma de pera en lineal clip para anclaje rápido.

El otro ajuste que se realiza en este grupo es la clavada del tapón. Debido a la diferencia de longitud de la pieza es necesario limitar la carrera de la misma. Inicialmente el ajuste se realiza directamente sobre grupo. Para el ajuste se desbloquean cuatro tornillos allen que hacen mediante una orquilla de abrazadera del utillaje que clava el tapón a medida. Para evitar este ajuste se diseñan unos vasos específicos replicando la forma exterior del tapón. Estos vasos van unidos al utillaje de la máquina mediante prisionero de métrico 4 con fijación de llave allen. Se muestra a continuación en la figura 5.14 la estación de trabajo y el utillaje diseñado.

- Ajuste traslado mecanismo: El mecanismo es el sub-ensamblaje de funcionamiento del artículo que se monta de forma automática. Está formado por pulsador, muelle mecanismo, clip, capuchón y tapón. Evidentemente al tener dos piezas diferentes para el modelo Compact y New en el mecanismo es necesario realizar actuaciones de ajustes sobre los grupos de traslado y comprobación del mismo. En el caso del traslado del mecanismo es el ajuste más complejo de la máquina y el que más tiempo precisa. Este ajuste se realiza regulando el tirante de carrera del árbol de levas que acciona el utillaje de traslado del mecanismo al cuerpo. No es un ajuste preciso y en la mayoría de casos se han de realizar varios ajustes hasta encontrar el punto óptimo. Para paliar este ajuste se diseña una pinza de traslado para cada mecanismo. Conjuntamente con Oficina Técnica se desarrollan dos modelos de pinzas en función de la geometría del mecanismo. El sistema de anclaje de las mismas será mediante un simple tornillo allen métrico 4. Se muestra en la figura 5.15. las



*Fig. 5.14. Utillajes clavada tapón en estación de clavado.*

pinzas para el modelo New montadas en máquina y las pinzas para modelo Compact fuera de la misma.



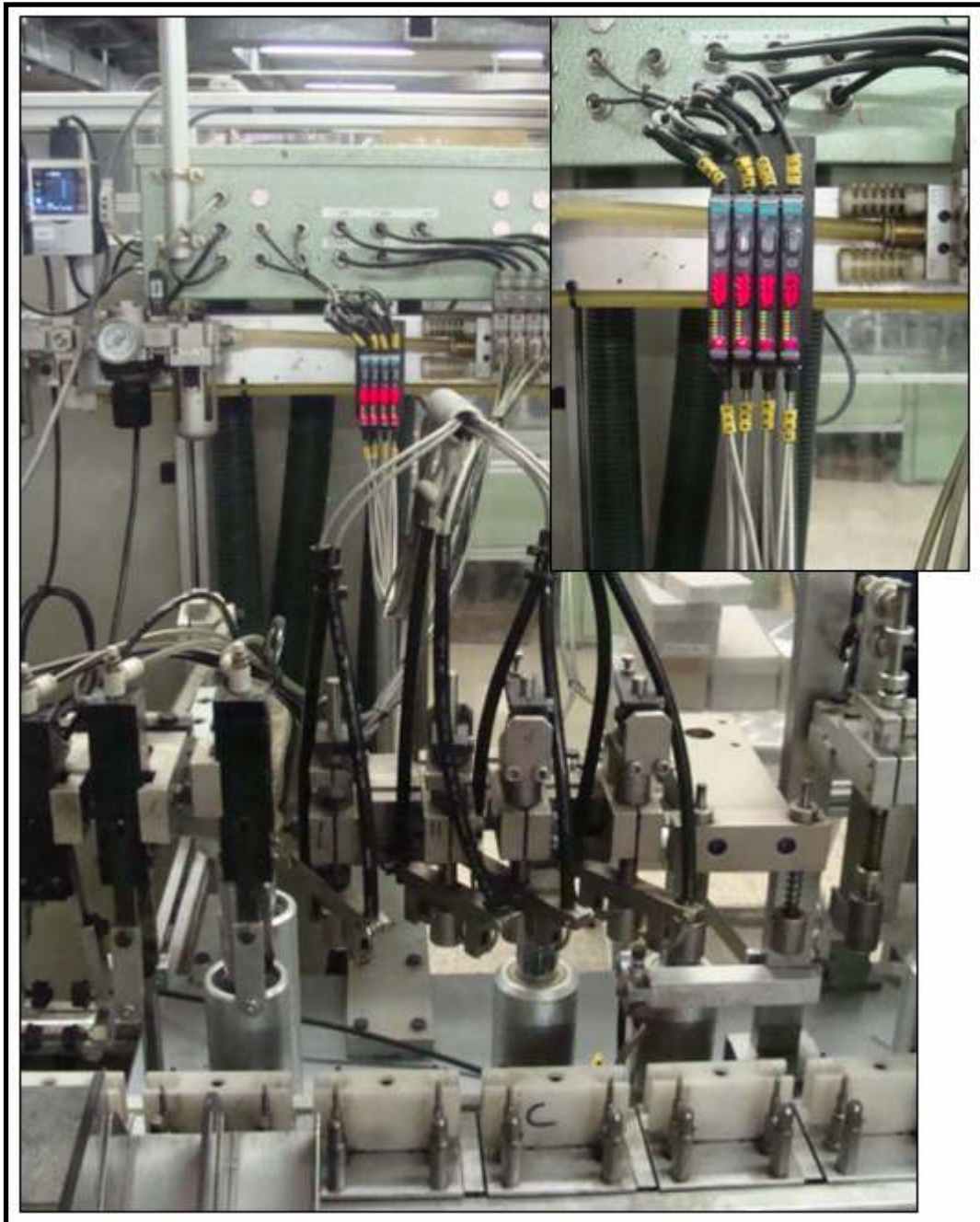
*Fig. 5.15. Utillajes traslado mecanismo Compact (imagen superior) y New (imagen inferior).*

Una vez diseñados todos los utillajes para eliminar los ajustes en el cambio de modelo por parte del técnico mecánico es necesario trabajar sobre los ajustes por parte del técnico eléctrico.

Todas las acciones por parte de este técnico son ajustes sobre la sensibilidad de los diferentes elementos electrónicos que dispone la máquina para control de presencia de pieza. Estos elementos son sensibles al cambio de color y opacidad de los elementos ya que trabajan como refractores de luz. No en todos los casos hay que actuar sobre ellos. En función de la diferencia del cambio de color de terminal es excesivo se ha de intervenir o no. Por este motivo y para estandarizar el cambio se registra una tabla de valores para realizar el cambio en

función de los colores. Tanto las instrucciones del manejo del potenciómetro como la tabla están incluidas en el dossier de cambio de modelo.

El ajuste se realiza sobre la sensibilidad del potenciómetro de la fotocélula (elemento electrónico de lectura) para la detección de pieza. En la tabla se incluye la escala de valor en máximo y mínimo de detección de presencia en función del color.



*Fig. 5.16. Estación comprobación puntera. Detalle potenciómetro fotocélula.*

Finalizada la fase de diseño de los utillajes y con el fin de mejorar el proceso es necesario realizar una mejora en la funcionalidad de la máquina para minimizar el tiempo invertido en el cambio.

Debido a la longitud de la línea de ensamblaje y añadido al hecho de que para realizar los cambios de utillajes es necesario pulsar los botones de reposición y marcha para de forma paso a paso mover los diferentes elementos de la máquina es necesario diseñar un sistema de mando extensible para facilitar la tarea. Inicialmente cuando los técnicos trabajaban sobre los ajustes para la realización del cambio el operario tenía que actuar sobre los mandos de la consola hecho que obligaba al operario a estar presente en el cambio. Recordar además, como se observaba en el diagrama de actividades simultáneas, que esta acción era la más duradera de todo el cambio (29,2 minutos) y que el 98% del tiempo el operario estaba en espera (tiempo improductivo).

Para eliminar este tiempo de apoyo se adquieren unos mandos con tres botones y cable extensible para poder desplazarlo. Se conectan en serie a los botones de la botonera que realizan las acciones de "PARO", "MARCHA" Y "PASO A PASO" y se realiza una subrutina en el programa para controlar el mando. Mediante este mando extensible el operario no precisa de ayuda externa para poder mover los elementos de la máquina paso a paso. Se muestra a continuación en la figura 5.17 los diferentes pasos para instalar el mando.



Fig. 5.17. Programación e instalación de mando acción manual.

Finalizadas las actividades de diseño de utillajes y sistemas de fijación y la eliminación de ajustes es necesario definir el almacenaje de todos los elementos que intervienen en el cambio de modelo.

En este caso en concreto los utillajes no son excesivos y además su volumen es reducido. Por este motivo se decide ubicarlos en la mesa de trabajo adherida al carenado de la máquina en el cajón inferior. También se ubicarán las herramientas necesarias para la realización del cambio en la misma ubicación. El listado de herramientas necesarias está incluido en el dossier de cambio de modelo.

En este punto queda finalizada la implantación de cambio rápido de modelo en la máquina de ensamblar B-COMPACT. Evidentemente SMED no termina aquí; la idea de esta técnica es perfeccionar el cambio hasta reducirlo a la mínima expresión. No obstante los resultados obtenidos son aceptables como se muestra en la siguiente tabla resumen de la figura 5.18.

TABLA RESUMEN TIEMPOS INVERTIDOS EN CAMBIO DE MODELO			
DESCRIPCIÓN	INICIAL	NUEVO	DIFERENCIA
Nº DE PERSONAL CUALIFICADO QUE INTERVIENE*	4	1	-3
Nº DE PERSONAL CUALIFICADO QUE INTERVIENE	1	2	1
TIEMPO MÁQUINA PARADA **	97,58	23,83	-73,75
TIEMPO TOTAL PERSONAL CUALIFICADO	80,23	2,35	-77,88
TIEMPO TOTAL PERSONAL NO CUALIFICADO	97,58	63,03	-34,55
TIEMPO EN ESPERA (IMPRODUCTIVO)	64,83	1,53	-63,30
TIEMPO TAREAS ADMINISTRATIVAS	16,07	0	-16,07
COSTE MANO DE OBRA***	63,87	20,6	-43,27
* nº de personal en unidades			
** tiempos en minutos			
*** coste en €			

Fig. 5.18. Tabla comparativa situación inicial-nueva.

A nivel de costes, para la realización de la implantación de SMED se centran las horas invertidas principalmente en tres grupos:

- Horas estudio implantación: Se han invertido 96 horas por parte del proyectista para la realización del estudio del cambio de modelo y el diseño de propuesta del nuevo procedimiento.
- Horas de diseño: Personal de Oficina Técnica en el diseño de los nuevos utillajes para cambio rápido.
- Horas personal técnico: Fabricación de los utillajes según especificaciones de planos.

COSTE IMPLANTACIÓN SMED				
ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DEL SMED				
<u>DESARROLLO DEL PROYECTO</u>				
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL[€]
Horas departamento Oficina Técnica (Ingeniería)	62	horas	50,00	3.100,00
Horas estudio y desarrollo cambio rápido	96	horas	50,00	4.800,00
<u>INSTALACIONES</u>				
Horas personal técnico (Montadores)	30	horas	25,50	765,00
<b>TOTAL[€]</b>				<b>8.665,00</b>

Fig. 5.19. Tabla coste implantación SMED.

## 5.3 BENEFICIOS, OBTENIDOS DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE SMED.

Para cuantificar los beneficios obtenidos con la implantación de SMED se ha calculado el beneficio que se obtiene de la reducción de la mano de obra invertida en el proceso para posteriormente cuantificar anualmente los cambios realizados sobre esta máquina. Por otro lado se le ha dado un valor al tiempo de máquina parada para cuantificar el beneficio una vez reducido este valor.

Es necesario comentar que los beneficios de SMED no se limitan solo a estos valores. En la actualidad para la realización del cambio de modelo no interviene ningún técnico, dejando de esta forma liberalizados de dichas tareas un departamento indispensable para el buen funcionamiento de la empresa y cuyo nivel de saturación (del departamento), en nuestro caso, siempre es superior al 100%. Por otro lado se han eliminado todas las tareas administrativas que se realizaban con la finalidad de cuantificar los cambios ya que en la actualidad son innecesarias por estar ya acotadas.

El tiempo en espera (tiempo improductivo) se ha reducido prácticamente hasta ser eliminado. Como se puede apreciar en los diagramas de actividades simultáneas se ha pasado de 64,83 minutos sumando los tiempos en espera de todo el personal que interviene en el proceso a 1,53 minutos de espera en el caso del método mejorado. Por tanto los tiempos improductivos se han reducido en un 98%.

Se muestra a continuación el cuadro resumen de los beneficios conseguidos al implantar SMED.

BENEFICIOS				
ESTUDIO DE SMED				
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>				
	(min.)	(€/hora)	SUBTOTAL (€)	TOTAL (€)
Reducción tiempo operario	80,03	18,10	24,14	
Reducción tiempo jefe equipo	16,15	23,80	6,41	
Eliminación tiempo t. mecánico	29,80	27,50	13,66	
Eliminación tiempo t. eléctrico	14,50	27,50	6,65	
Eliminación tiempo responsable mantenimiento	12,13	33,60	6,79	
Aumento tiempo listero	-43,95	19,62	-14,37	
TOTAL			43,27	
Nº de cambios anuales	196 [u.]			8.481,68
<b>TIEMPOS EN ESPERA</b>				
Reducción de tiempo en espera	63,30	18,10	19,10	
Reducción de tiempo máquina parada	73,75	33,60	41,30	
Nº de cambios anuales	196 [u.]			11.837,52
<b>AHORRO ANUAL</b>				<b>TOTAL (€)</b>
				<b>20.319,20</b>

Fig. 5.20. Tabla de beneficios implantación SMED.

TABLA RESUMEN BALANCE	
	[€]
AHORRO PRIMER AÑO (AMORTIZACIÓN DE COSTES DE IMPLANTACIÓN)	11.654,20
AHORRO ANUAL AÑOS POSTERIORES	20.319,20

Fig. 5.21. Tabla resumen balance económico implantación SMED.



# **CAPÍTULO 6: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

## **6.1. INTRODUCCIÓN AL FLUJO DE MATERIALES.**

El diseño de la distribución en planta conlleva el análisis de las necesidades de espacio para cada centro de trabajo, el espacio total disponible, las relaciones lógicas dentro del proceso productivo y los costes de desplazamiento de materiales generados por la distribución. Así, si el diseño no es adecuado, aparecerán problemas de origen variado relacionados con la falta de optimización de la producción. Una correcta distribución de planta es la base para que una organización logre sus objetivos en su cadena de suministros, maximizando la eficiencia de la planta y minimizando el coste de las operaciones.

Layout es un término utilizado para designar la disposición física de espacios, equipamientos y puestos de trabajo. El desplazamiento de personas, insumos y productos, buscando minimizar los costos de almacenamiento, manejo y transporte. Facilitar los flujos de información y los procesos de entrada/salida de productos.

Trabajar en el layout representa una valiosa ayuda para ganar eficiencia y seguridad. La importancia de poseer una correcta distribución de planta se debe a que detrás de una configuración incorrecta existen gran cantidad de costos ocultos como son, por ejemplo, los desplazamientos innecesarios de los materiales, gastos energéticos y de tiempo, desgaste físico adicional del personal, así como una excesiva manipulación de los materiales, lo cual implica riesgos de sufrir golpes, roturas y otros defectos que se traducen en un desperdicio y requieren, muchas veces, volver a hacer el trabajo. Como se introdujo en el PFC1, de los 7 desperdicios a evitar en una empresa hay tres directamente relacionados con la distribución en planta y el flujo de materiales:

- Desperdicio por tiempo de espera: Se manifiesta cuando un trabajador permanece parado esperando que llegue el material o que la máquina acabe de procesar.

- Desperdicio de transporte: Son los costes asociados a los movimientos de materiales, es decir, los recursos que se utilizan para estos (personas, máquinas, etc.).

- Desperdicio por movimientos: Mover, en si mismo, no añade valor al producto. Por citar un ejemplo un trabajador puede permanecer horas desplazando materiales por la planta. Estas horas han incrementado el coste del producto asociado a los materiales pero sin embargo no les han añadido ningún valor.

Por este motivo una buena distribución en planta afectan directamente a la productividad de la misma. Se pueden resumir la relación entre una buena distribución en planta y la mejora de la productividad con la siguiente relación:

- Incremento de la capacidad de producción: Con menor coste y menor número de horas-hombre y horas-máquina.
- Disminución de los retrasos en la producción: Equilibrado de cargas y reducción del almacenamiento de material en proceso.
- Permitir una mayor utilización de la maquinaria y de la mano de obra reduciendo los tiempos de espera.
- Acortar los tiempos de fabricación reduciendo distancias, esperas y almacenamientos.
- Reducción de las necesidades de movimientos de materiales.

Es necesario tener en cuenta los factores que inciden directamente sobre el diseño del layout:

- Materiales: Diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
- Maquinaria: Equipos de producción, útiles, herramientas y su utilización.
- Mano de obra: Directa, indirecta, supervisión y servicios auxiliares.
- Movimientos: Transporte de materiales entre operaciones, almacenamientos, inspecciones, etc.
- Esperas: Almacenamientos temporales y permanentes.
- Servicios: Mantenimiento, inspección, programación, lanzamiento, etc.
- Edificio: Elementos interiores y exteriores, distribución y equipos de instalaciones.
- Cambios: Flexibilidad, versatilidad y expansión.

Existen diferentes tipos de distribución en planta en función de diferentes factores: distribución por producto, distribución por proceso, distribución por grupo o células de fabricación y distribución por posición fija. En los siguientes sub-apartados explica brevemente en que consiste cada una de ellas.

### *6.1.1 Distribución línea de fabricación (orientada al producto).*

En este tipo de distribución los puestos están dispuestos de acuerdo con la secuencia de operaciones que favorezcan el flujo del producto hacia el cliente. El

objetivo es minimizar el desplazamiento del producto y que los puestos estén en la secuencia más adecuada para que esto se cumpla.

Ventajas:

- Bajos niveles de material en proceso.
- Baja inversión de materiales.
- Evita costos de almacenamiento y movimiento.
- Minimiza manipulación de los materiales.
- Programación de la producción más fácil.
- Reduce la congestión y la superficie ocupada por pasillos y almacenamiento.

Desventajas:

- Requiere mayor inversión
- Son diseñados para un producto específico, lo que las hace poco flexibles.
- Diseño y puesta a punto más complejos.
- Una avería puede interrumpir todo el proceso.
- Tiempos muertos en algunos puestos de trabajo.
- El aumento del rendimiento individual no repercute en el rendimiento global.

Es la distribución más efectiva y eficaz cuando lo justifica un alto volumen de producción de unidades idénticas o bastante parecidas. Es necesario que el equilibrio de las operaciones y la continuidad de la circulación de materiales puedan ser logrados sin muchas dificultades.

### *6.1.2 Distribución funcional (orientada al proceso).*

Las máquinas se distribuyen según la función o proceso que realizan. Es decir la planta está organizaba en secciones cuyas máquinas realizan operaciones similares.

Ventajas:

- La mejor utilización de las máquinas permite una inversión menor en máquinas.
- Flexibilidad para cambios en los productos y en el volumen de demanda.
- Alto incentivo para los obreros de elevar su rendimiento.
- Existe acumulación local de experiencia en el proceso.
- Es más fácil mantener la continuidad en la producción en caso de máquina averiada, falta de material o parte de personal ausente.

Desventajas:

- Altos niveles de inventarios de trabajo en proceso.
- Manutención cara.
- Programación compleja.

- Se requiere mano de obra cualificada.
- Transporte entre centros de trabajo.

Este tipo de distribución es recomendable para un proceso con variedad de productos y demanda baja o intermitente de cada uno de ellos. También si existen amplias variaciones en los tiempos requeridos por las diversas operaciones.

### *6.1.3 Distribución por grupo o célula de fabricación.*

Es una combinación entre la distribución orientada al proceso y la orientada al producto. Es una planta organizada en diferentes sub-secciones cada una de las cuales puede funcionar con cierta independencia.

Ventajas:

- Reduce el tiempo de puesta en marcha.
- Reduce el tiempo de traslado de materiales.
- Reduce inventarios de trabajo en proceso.
- Reduce el tiempo de producción.

Desventajas:

- Los productos se clasifican en grupos homogéneos desde el punto de vista del proceso para asignarle una célula de fabricación.
- Es necesario poder ordenar las máquinas de cada célula en un complejo flujo donde todas las partes sigan la misma secuencia que las máquinas.

Es recomendada para sistemas con flexibilidad y que permita obtener menores tiempos de producción.

## **6.2. IMPLANTACIÓN MODIFICACIÓN LAYOUT.**

Al inicio de este proyecto se hizo referencia a las tres grandes actividades que se realizaban en la planta de montura automática y se puntualizó que el 100% de la producción de ensamblaje de artículos (producto acabado) que realizan las máquinas automáticas tienen como destino final el área de encajado de la planta. Es necesario puntualizar que esta actividad inicialmente se realizaba de forma manual mediante tablas de contar y que las actividades de encajado se desarrollaban en diferentes puntos de la planta para evitar desplazamientos innecesarios. En la actualidad toda la producción se encaja en máquinas automáticas en la zona destinadas a esta actividad.

Para conocer mejor el flujo de material de producto acabado de la planta de montura se incluye en el ANEXO D del proyecto el "Plano de distribución Planta 1". En adelante todas las menciones de ubicaciones de máquinas, metros recorridos y posiciones están referidas a dicho plano. Para facilitar la comprensión del estudio se realizarán capturas sobre el plano para incluirlas en esta memoria. Mencionar que estas capturas no están a escala y que para verificar mediadas, distancias, etc. siempre serán referidas al plano del anexo.

La planta de montura automática está formada por una planta principal donde se encuentran 13 máquinas de ensamblar artículos de escritura con un volumen de fabricación del 83% de la producción total de la planta. En esta misma planta tenemos ubicadas las máquinas de ensamblar cargas (impis y transfer). Por otro lado encontramos en la planta de montura un segundo nivel a 1,5 metros de altura de la primera donde se encuentran 4 máquinas de ensamblaje automático de artículos con un volumen del 17% de la producción total. Es en esta planta donde tenemos ubicadas las máquinas de encajado automático (figura 6.1). Los dos niveles están comunicados por un elevador hidráulico del tipo plataforma como se muestra en la figura 6.2.

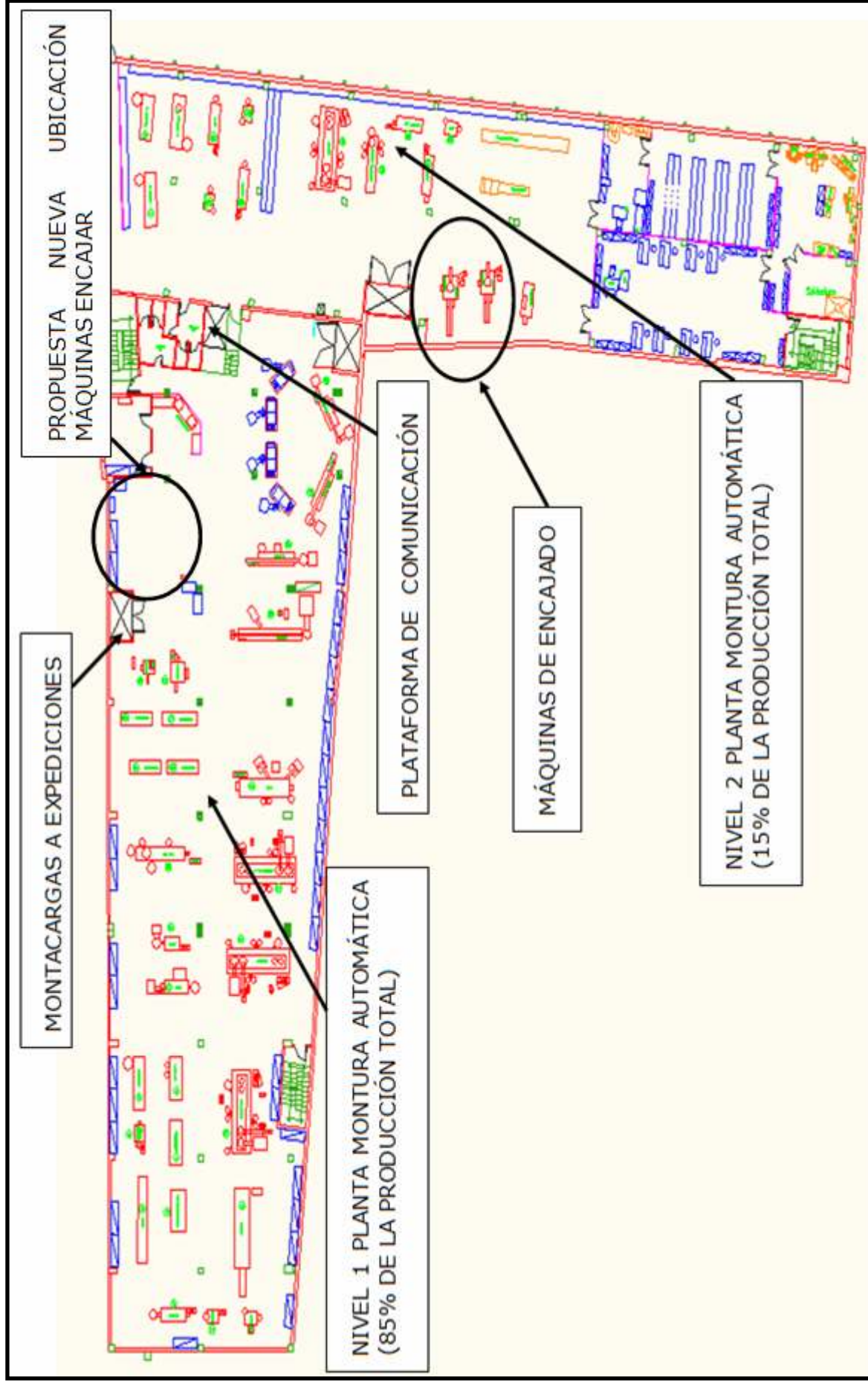


*Fig. 6.1. Ubicación inicial máquinas encajado (nivel 2).*



*Fig. 6.2. Plataforma comunicación niveles planta montura automática.*

En La planta principal (nivel 1) tenemos ubicado el montacargas de expediciones. En este montacargas es por donde se desplaza la totalidad de los pedidos una vez encajados para su posterior envío al cliente desde la sección de expediciones. A continuación se muestra una captura del plano de la planta de montura delimitando las zonas anteriormente expuestas.



*Fig. 6.3. Planta de montura automática actual con especificaciones para modificar distribución.*

Como se observa en la figura toda la producción que se fabrica en el nivel 1 de la planta de montura automática pasa por delante del montacargas de expediciones para llegar a la zona de encajado. Además el listero tiene que utilizar la plataforma interior para desplazar la producción al nivel 2 de montura para poder encajar los pedidos en las máquinas automáticas.

Es evidente que la situación actual de las máquinas de encajar no es la adecuada ya que actualmente todo el recorrido que se realiza desde el montacargas de expediciones hasta la zona de encajado se ha de repetir una vez preparado el pedido para su expedición.

Por este motivo y aprovechando el espacio diáfano debido al cambio de layout derivado de la implantación del kanban se presenta la propuesta de desplazar las máquinas de encajar a esta nueva ubicación. Para consolidar la propuesta se ha realizado un estudio para cuantificar el cambio de ubicación de las máquinas. Dicho estudio se basa en calcular para un plazo de 12 meses el beneficio en metros recorridos del material una vez ensamblado hasta su envío a expediciones.

Para realizar el estudio se ha realizado un análisis del transporte del material ensamblado mediante un diagrama de recorrido para una máquina del nivel 1. Este diagrama consiste en representar sobre el plano de la planta el itinerario seguido mediante los símbolos para indicar las actividades que se efectúan en los diversos puntos. Posteriormente y utilizando los diagramas se han calculado los metros recorridos en función de la producción para todas las máquinas de la planta para finalmente realizar el mismo estudio con la propuesta de la nueva ubicación. El beneficio obtenido es la resta de ambos resultados.

Se muestra a continuación el diagrama de recorrido para la máquina de ensamblar B-SYDNEY en la situación inicial y el diagrama de recorrido para esta misma máquina con la propuesta realizada.



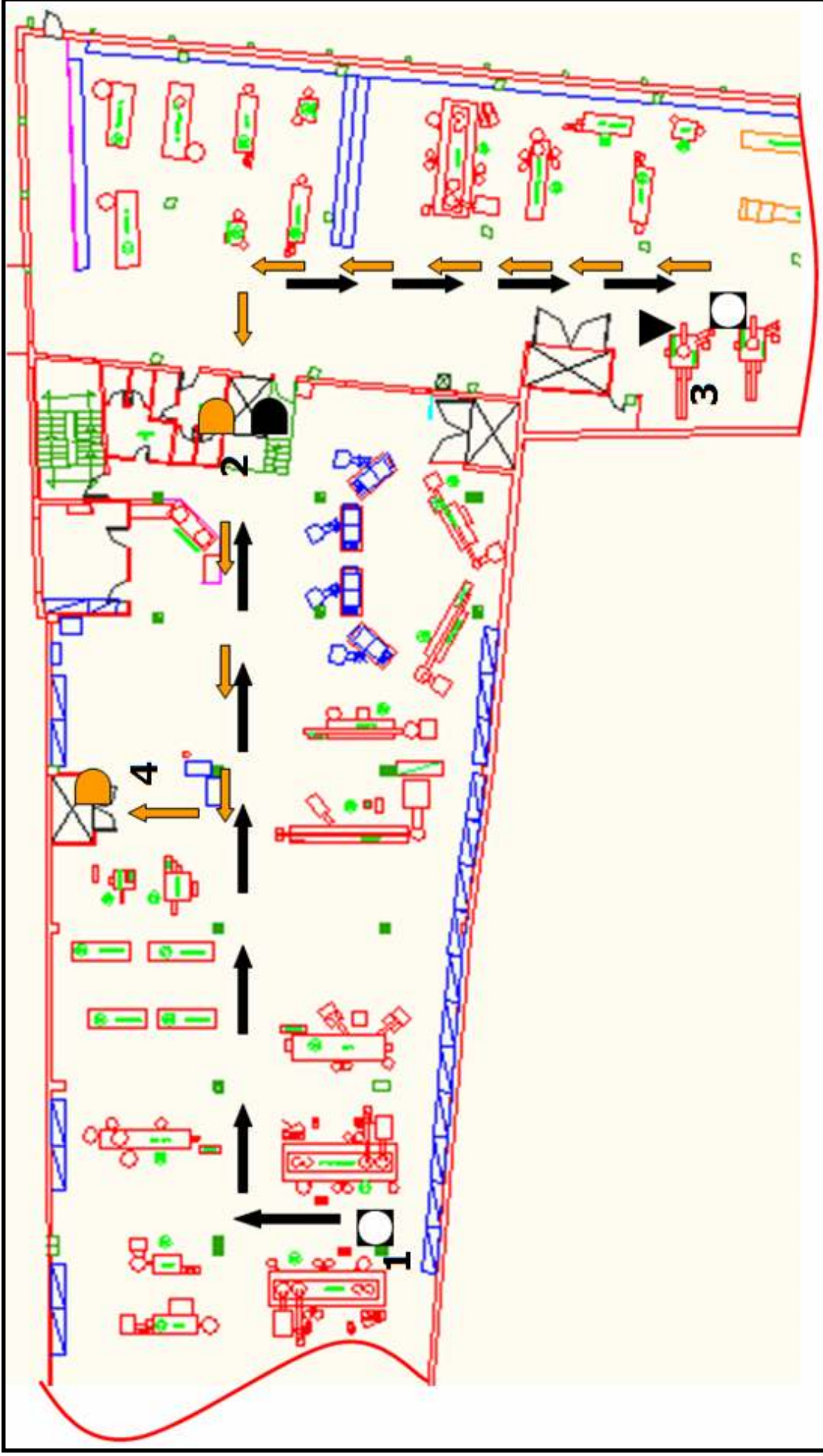


Fig. 6.4. Diagrama de recorrido situación inicial.

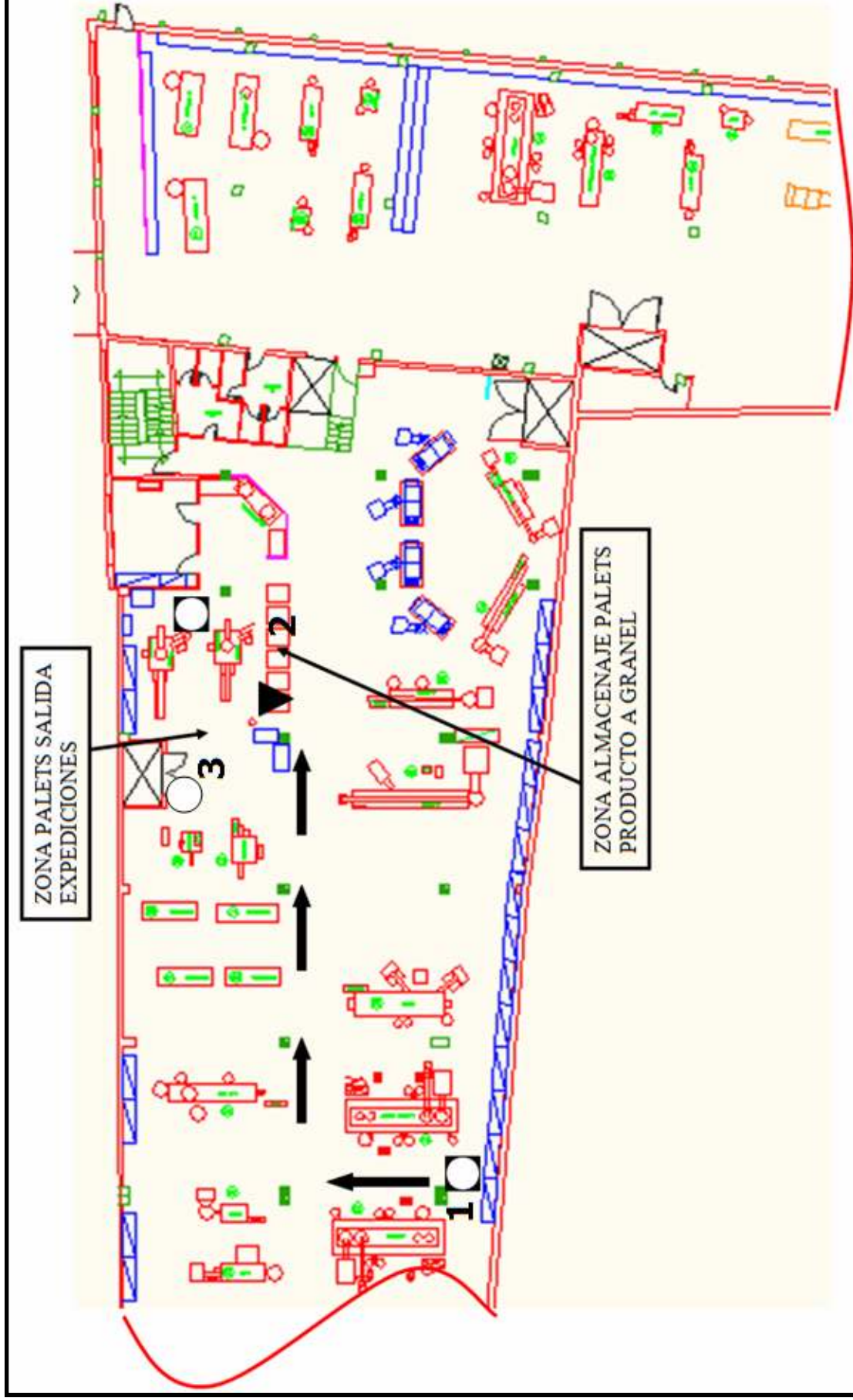


Fig. 6.5. Diagrama de recorrido nueva situación.

En el diagrama de recorrido inicial se muestran los siguientes pasos a la hora de encajar y enviar a expediciones un pedido:

1- El listero se dirige al palet de producto acabado con la transpaleta. Recoge la orden de fabricación y contabiliza la cantidad de artículos en el palet. Se desplaza por la planta (nivel 1) hacia la plataforma elevadora.

2- Por motivos de seguridad la plataforma elevadora siempre está en su posición elevada. Para accionar la plataforma es necesario quitar una cadena de seguridad de paso. El listero realiza las acciones y accede mediante la plataforma al nivel 2 de la planta. Posteriormente vuelve a cerrar la cadena y se dirige con la transpaleta a la zona de encajado.

3- Al llegar a la zona de encajado ubica el palet de producto acabado en el lugar destinado y lo deja en cola. Generalmente el orden de encajado suele coincidir con el orden de llegada. Por este motivo el palet se queda almacenado para su posterior manipulación. Cuando llega el momento se encaja el pedido en las máquinas automáticas. Una vez encajado el listero antes de su desplazamiento pasa los datos del pedido (número de orden, cantidad encajada) al jefe de equipo para notificar mediante SAP la producción. El listero realiza el desplazamiento del pedido listo para expedir. Vuelve a utilizar la plataforma realizando las mismas acciones anteriores para acceder al nivel 1 de la planta. Se desplaza hasta llegar al montacargas de expediciones.

4- En el montacargas de expediciones pulsará el botón para acceder al mismo. Este montacargas solo se utiliza para entregar pedidos y su posición natural es en planta 0. Ubicará el palet dentro del montacargas y pulsará el timbre para marcar a expediciones que tienen un pedido ubicado en él.

Observando el diagrama de recorrido se extraen las siguientes conclusiones:

- La producción del nivel 1 realiza en 2 ocasiones una acción que se podría evitar (plataforma elevadora).
- La producción del nivel 1 realiza 2 recorridos que se podrían evitar. El tramo de ida y vuelta que va desde la posición 4 (montacargas de expediciones) hasta la posición 2 (plataforma elevadora) y finalmente hasta llegar a la posición 3 (zona de encajado) son evitables si las máquinas de encajar estuvieran junto al montacargas de expediciones.

En contraposición a la situación inicial encontramos la situación propuesta con las siguientes características:

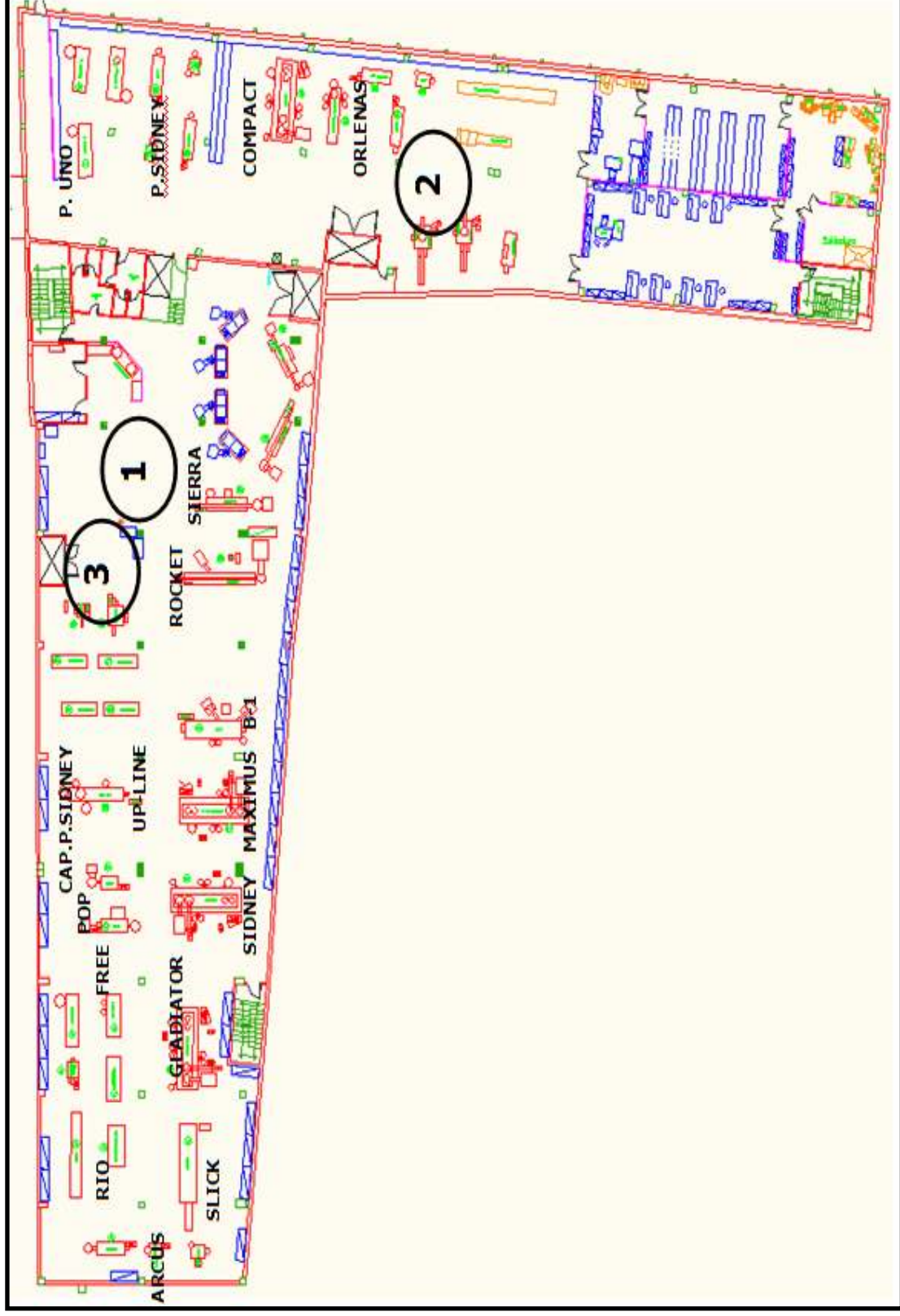
1- El listero realiza la misma operación que en el diagrama de recorrido inicial. No obstante el desplazamiento no es hasta la plataforma sino que se queda en la nueva zona de almacenaje señalado como posición 2 en el diagrama de recorrido con la nueva propuesta.

2- En esta ubicación se almacenan los pedidos pendientes de encajar. El funcionamiento para el desarrollo de encajado es igual que en el situación inicial. Después de realizar las operaciones de encajado de forma automática el operario de la zona de encajado pulsa el botón del montacargas para evitar la espera de la acción del montacargas por parte del listero.

3- Cuando el listero visualiza la luz de montacargas en planta y un palet encajado para entregar a expediciones realiza la operación de meter dentro del montacargas el pedido listo para expedir.

Por este motivo y con estas premisas se realiza el estudio para la nueva ubicación de las máquinas de encajar. Para realizar el estudio se han numerado varias posiciones en la planta para simplificar los cálculos. Se muestra en la figura 6.6 las posiciones en las que se basan estos cálculos.

En la tabla de la figura 6.7 se especifica el cálculo por máquina en función de las producciones y la tabla resumen de los totales.



*Fig. 6.6. Distribución en planta de las máquinas de ensamblar automáticamente por modelos.*

	B-1	ROCKET	SYDNEY	POP	SIERRA	SLICK	RIO	GLADIATOR	ORLEANS	COMPACT	ARCUS	UP-LINE	C. P-SYD	P.JUNO	MAXIMUS	P.SYDNEY	FREE
UNIDADES FABRICADAS	1.225.776	1.289.538	2.912.978	1.120.488	1.942.213	1.170.780	2.813.928	1.871.972	1.060.040	2.467.980	403.496	57.793	864.695	303.127	1.856.081	77.130	1.704.503
PORCENTAJE	5,30%	5,57%	12,59%	4,84%	8,39%	5,06%	12,16%	8,09%	4,58%	10,66%	1,74%	0,25%	3,74%	1,31%	8,02%	0,33%	7,37%
Nº PALETS	306	322	728	280	486	293	703	468	265	617	101	14	216	76	464	19	426
METROS ACTUAL	36.927	35.462	105.960	38.657	54.625	43.465	109.391	65.051	20.008	51.519	15.282	1.755	26.481	6.707	63.339	1.697	60.084
METROS NUEVA DISTR.	4.903	1.773	29.858	9.384	3.884	12.879	35.878	16.146	11.793	22.520	4.741	246	3.891	2.387	14.849	617	15.554
DIFFERENCIA	32.023	33.689	76.102	29.273	50.740	30.587	73.514	48.905	8.215	28.999	10.541	1.510	22.590	4.320	46.490	1.080	44.530
DISTANCIA A PUNTO 1	16,00	5,50	41,00	33,50	8,00	44,00	51,00	34,50	0,00	0,00	47,00	17,00	18,00	0,00	32,00	0,00	36,50
DISTANCIA DE PUNTO 1 A 2	44,50	44,50	44,50	44,50	44,50	44,50	44,50	44,50	15,50	23,50	44,50	44,50	44,50	28,50	44,50	28,00	44,50
DISTANCIA DE PUNTO 2 A 3	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>TOTALES</b>																	
														5.786	palets		
														736.411	metros layout inicial		
														191.302	metro nuevo layout		
														545.108	ahorro metros		

Observaciones: Para las máquinas de nivel 2 (compact, orleans, p. uno y p. sidney) la distancia del punto 1 a 2 es la distancia de la máquina en cuestión al punto 2 ya que al encontrarse en el nivel 2, éstas, no han de pasar por el punto 1

Fig. 6.7. Tabla resumen volumen producción por modelos y distancias puntos definidos.

La tabla consta de la primera columna donde se especifica por modelo:

- Las unidades fabricadas en el año 2009
- El porcentaje parcial respecto al total de la fabricación por modelo.
- El número de palets que supone. Para realizar los cálculos de forma simplificada se ha determinado en 4000 unidades la cantidad de artículos montados por palet. La media se ha sacado teniendo en cuenta que los pedidos que son superiores a 9000 unidades los palets van a una carga máxima de 9000. Para el resto de pedidos la carga es igual a la cantidad del pedido, es decir un pedido de 2500 unidades lleva en el palet 2500 artículos. Se ha contabilizado la cantidad de pedidos de uno y otro tipo en función de la cantidad y con los porcentajes sale una media aritmética de 3988 unidades por palet.
- Cálculo de metros actual: (distancia a punto 1 + distancia de punto 1 a 2 + distancia de punto 2 a 3) multiplicado por el número de palets por modelo.
- Cálculo de metros nueva distribución:

- Para los modelos en el nivel 1: Distancia a punto 1.
- Para los modelos en el nivel 2: (distancia de punto 2 a 3 – distancia de punto 1 a 2) multiplicado por el número de palets.
  - Diferencia: resta entre cálculo de metros actual y cálculo de metros nueva distribución.
  - Distancia a punto 1: es la distancia física del lugar de la máquina donde se encuentra el palet de producto acabado hasta el punto 1 indicado en la figura 6.5.
  - Distancia de punto 1 a 2: es la distancia del punto 2 al punto 2 exceptuando las máquinas que están en el nivel 2 (Compact, Orleans, P. Sydney y P. uno); para estas máquinas es la distancia desde el lugar donde está ubicado el palet de producto final hasta el punto 2 (ver observaciones figura 6.6).
  - Distancia de punto 2 a punto 3: es la distancia que hay entre la ubicación inicial de las máquinas de encajado automático y la ubicación propuesta para la mejora.

En la misma figura tenemos una tabla resumen con los resultados totales de los cálculos realizados:

- Palets: número de palets totales de producto acabado.
- Metros layout inicial: es la suma de todos los metros recorridos con producto acabado por la planta de montura automática.
- Metros nuevo layout: es la suma de todos los metros que se hubieran recorrido con la distribución propuesta.
- Ahorro metros: diferencia entre metros layout inicial y metros nuevo layout.

Los resultados obtenidos son evidentes en cuanto ahorro se refiere. Se reduce en un 74% la distancia recorrida por los listeros de planta en la nueva disposición de la zona de encajado. Además se eliminan todos los tiempos de demora que se derivaban de las dos esperas para realizar las acciones en la plataforma y la espera en el montacargas a expediciones.

Para poder cuantificar económicamente los cambios se ha realizado un estudio de las operaciones realizadas en la situación inicial y en la situación propuesta. Se detalla a continuación los datos del estudio.



*Fig.6.8. Nueva ubicación máquinas encajado (junto a montacargas de expediciones).*

- Coste de la operación: El coste de la distribución de la nueva ubicación de las máquinas de encajar es un coste interno debido a que todos los medios utilizados para el traslado, conexión y puesta en marcha son medios internos. Se muestra en la tabla de la figura 6.9 el coste total del traslado desglosado por departamentos y acciones:



COSTE CAMBIO DISPOSICIÓN MÁQUINAS ENCAJAR				
ESTUDIO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA				
	Concepto	Unidad	€	TOTAL
<u>ESTUDIO Y DESARROLLO DEL PROYECTO</u>				
	horas	Base (€/hora)	SUBTOTAL (€)	TOTAL (€)
Ejecución de los planos y puesta en marcha del proyecto	8	50	400,00	400,00
<u>INSTALACIONES</u>				
				TOTAL (€)
Desconexión y conexión de instalación de aire y fuerza de las máquinas (Técnicos mantenimiento)	50	27,5		1.375,00
<u>TRASLADO</u>				
	horas	€/hora		TOTAL (€)
Movimiento de la maquinaria y mobiliario (Listero)	24	19,62		470,88
<b>COSTE TOTAL OPERACIÓN</b>				<b>TOTAL (€)</b>
				<b>2.245,88</b>

Fig. 6.9. Tabla costes cambio de ubicación máquinas de encajado.

Se dividen los costes por departamento:

- Estudio y desarrollo del proyecto: Realizado por el autor del proyecto. El coste hora está extraído del precio que factura la consultora de ingeniería que asesora a Inoxcrom.
- Instalaciones: Las acciones detalladas en el cuadro han sido realizadas por el personal de mantenimiento de planta. El coste hora es que le representa a la empresa.
- Traslado: Realizado por los listeros de la planta. El precio hora es que le representa a la empresa.

Por tanto el coste total de la operación asciende a 808,48€ los cuales están asumidos por la empresa ya que son en concepto de nómina de los operarios que intervienen.

## 6.3. BENEFICIOS OBTENIDOS, DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Como queda reflejado en el apartado anterior la reducción de metros recorridos anuales es evidente, no obstante es necesario cuantificar este beneficio de metros ahorrados a nivel económico. Para la realización del cálculo se han hecho servir los siguientes criterios:

- La reducción de metros totales anuales asciende a 545.108: Para calcular el valor económico asociado a este ahorro tenemos que convertir los metros ahorrados a euros. El cálculo se realiza mediante conversiones utilizando MTM.

- Caminar (1 paso) equivale a 18 TMU/metro.
- 1TMU equivale a 0,036 segundos.
- 1 paso equivale a 0,838 metros.
- Por tanto se puede realizar el cálculo del tiempo que se tarda en realizar un paso mediante la fórmula:

$$18 \frac{\text{TMU}}{\text{metro}} * 0,838 \frac{\text{metro}}{\text{paso}} = 15,08 \frac{\text{TMU}}{\text{paso}}$$

Mediante factor se obtienen los segundos que se tardan en dar un paso.

$$15,08 \frac{\text{TMU}}{\text{paso}} * 0,036 \frac{\text{seg}}{1\text{TMU}} = 0,543 \frac{\text{seg}}{\text{paso}}$$

- Conocido el ahorro anual en metros (545.108) y aplicando los factores de conversión de la fórmula siguiente se obtiene el tiempo ahorrado:

$$545108 \frac{\text{metro}}{\text{ahorro}} * 1,19 \frac{\text{pasos}}{\text{metro}} 0,543 \frac{\text{seg}}{\text{pasos}} = 352232\text{seg.}$$

El valor obtenido corresponde a los segundos ahorrados por el transporte de materiales. A este ahorro hay que añadir el tiempo ahorrado por las demoras de la plataforma y la del montacargas de expediciones.

- Eliminación del tiempo de demoras: Para cuantificar estas acciones se han realizado diez cronometrajes de las mismas. A continuación se muestra en la figura 6.10 los resultados obtenidos para cada acción:

TIEMPO ACCESO NIVEL 2 PLATAFORMA		TIEMPO ACCESO NIVEL 1 PLATAFORMA		TIEMPO MONTACARGAS EXPEDICIONES	
CR-1	27	CR-1	33	CR-1	17
CR-2	31	CR-2	32	CR-2	13
CR-3	27	CR-3	26	CR-3	15
CR-4	26	CR-4	26	CR-4	15
CR-5	29	CR-5	28	CR-5	15
CR-6	31	CR-6	28	CR-6	15
CR-7	31	CR-7	31	CR-7	17
CR-8	33	CR-8	30	CR-8	16
CR-9	29	CR-9	31	CR-9	16
CR-10	28	CR-10	31	CR-10	15
PROMEDIO	29,2	PROMEDIO	29,6	PROMEDIO	15,4

Fig. 6.10. Cronometraje acciones de demora.

Para cuantificar el total de tiempo ahorrado se ha de dividir el número de palets totales de producto acabado en dos grupos.

➤ Modelos ubicados en nivel 1: Estos modelos están afectados por las tres maniobras contabilizadas anteriormente. Por tanto el número de palets de estos modelos (se extrae de la tabla de la figura 6.6) se ha de multiplicar por el tiempo sumado de las tres acciones. Se muestra en la fórmula el resultado de la operación.

$$4809 * (29,2 + 29,6 + 15,4) = 356827 \text{ seg.}$$

➤ Modelos ubicados en el nivel 2: Solo afectados por la segunda y tercera acción, por tanto el número de palets de las máquinas de este nivel (compact, orleans, p. uno, p. sidney) multiplicado por la suma de las dos últimas acciones.

$$977 * (29,6 + 15,4) = 43965 \text{ seg.}$$

El resultado final es la suma de las cantidades calculadas en las tres últimas fórmulas multiplicado por el coste de la mano de obra del listero. Se muestra en la figura 6.11 un cuadro resumen con el valor final.

BENEFICIOS				
ESTUDIO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA				
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>				
	(horas)	(€/hora)	SUBTOTAL (€)	TOTAL (€)
Reducción tiempo listero desplazamientos producto acabado.	97,84	19,63	1.920,60	1.920,60
<b>TIEMPOS EN ESPERA</b>				
Eliminación tiempo en espera listero	111,33	19,63	2.185,41	2.185,41
			<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>TOTAL (€)</b>
				<b>4.106,01</b>

Fig. 6.11. Tabla resumen beneficios implantación distribución en planta.

TABLA RESUMEN BALANCE	
	[€]
AHORRO PRIMER AÑO (AMORTIZACIÓN DE COSTES DE IMPLANTACIÓN)	1.860,13
AHORRO ANUAL AÑOS POSTERIORES	4.106,01

Fig. 6.12. Tabla resumen balance implantación distribución en planta.

# **CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.**

A pesar de tener una idea preconcebida sobre la filosofía Lean antes de iniciar la realización de este proyecto, su implantación y finalización del mismo han servido para reforzar esta idea inicial que gira en torno a que en la actualidad, la única manera de sobrevivir en la industria es adaptarnos a la exigencias que exige el mercado (lotes cortos de fabricación, personalización, flexibilidad, eliminación de los despilfarros), en definitiva acercarse de forma firme y segura a la excelencia productiva. Este proyecto de mejora es fruto de mis conocimientos adquiridos a nivel académico y profesional así como la firme creencia que es la única manera de poder subsistir frente a la producción externa.

El objetivo inicial era conseguir un cambio de filosofía de trabajo y de este modo con mi modesta contribución impulsar como primera piedra a la excelencia del sistema productivo en la sección de Montura Automática.

Como se ha puntualizado en varias ocasiones durante el transcurso del proyecto considero que si la Dirección apuesta fuertemente por un cambio en la gestión productiva basada en la autoexigencia y la mejora continua donde la filosofía en la pirámide productiva se ha de cambiar el "haz" por el "hacemos" haciendo participe a todo el personal de la empresa y utilizando el know how de la misma, podré considerar un logro personal y una satisfacción en cuanto al esfuerzo invertido en este proyecto.

Es evidente que los resultados obtenidos, además de objetivos son considerablemente aceptables como inicio de mejora para alcanzar el objetivo deseado. No obstante es necesario remarcar que este proyecto tiene por objeto ser el paso inicial que debe marcar las directrices del cambio de filosofía y que además de consolidarse es necesario trabajar y mejorar diariamente cada una de las herramientas destinadas a la mejora para así poder consolidarlas.

# CAPÍTULO 8:

## PRESUPUESTO.

### 8.1. BASES DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO.

A continuación se muestra en la figura 8.1 el resumen del presupuesto para el estudio e implantación de las herramientas indicadas. El presupuesto se divide en cuatro partes principales:

1. Desarrollo del proyecto: Comprende todo el estudio, diseño e implantación por parte del departamento técnico.
2. Instalaciones: Modificaciones físicas de los elementos definidos en el proyecto necesarios para la implantación de la mejora. Nuevas situaciones de máquinas (mejoras de métodos), eliminación del almacén de cargas (implantación de kanban)...
3. Formación personal: Se centra en las horas de formación necesarias; por un lado la implantación de las 5S's y todo lo que conlleva el desarrollo de la misma y por otro lado la formación necesaria para explicar el funcionamiento del secuenciador kanban y la nueva metodología de trabajo.
4. Materiales: Centrado en los materiales necesarios para llevar a cabo los cambios realizados.

Posteriormente se realiza un desglose de los datos que se presentan en el presupuesto. Los precios hora que se adjuntan en la tabla son los correspondientes al personal que ha realizado las acciones. Puntualizar que todas las acciones llevadas a cabo en este proyecto se han realizado de forma interna.

Finalmente se presenta una tabla resumen de los beneficios obtenidos debido a la implantación de las herramientas de mejora.

### 8.2. PRESUPUESTO Y DESGLOSE

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD</b>					
<u>DESARROLLO DEL PROYECTO</u>					
	Cantidad	Unidad	p/u	TOTAL [€]	
Horas departamento Oficina Técnica (Ingeniería)	512	horas	50,00	25.600,00	
<u>INSTALACIONES</u>					
Horas personal técnico (Montadores)	372	horas	25,50	9.486,00	
Horas personal técnico (Instaladores)	206	horas	25,50	5.253,00	
Horas personal no cualificado	228	horas	14,30	3.260,40	
<u>FORMACIÓN PERSONAL</u>					
Costes de formación de personal	cualificado	60	horas	17,90	1.074,00
	no cualificado	492	horas	14,30	7.035,60
<b>TOTAL [€]</b>				<b>51.709,00</b>	

Fig. 8.1. Tabla resumen presupuesto estudio e implantación del proyecto.

Desglose del presupuesto: (este coste queda desglosado por apartados en su implantación).

Desarrollo del proyecto: Las horas invertidas en el desarrollo del proyecto son las destinadas a la realización del proyecto del PFC2. A estas horas se han añadido las horas invertidas en el diseño y realización de los planos de las piezas fabricadas en la implantación de SMED.

Instalaciones: Comprende todos los movimientos físicos de máquinas y sus instalaciones, almacenes, desmontaje de maquinaria obsoleta..., definidas en el proyecto. Las horas están divididas en personal técnico; instalador (tareas realizadas por los listeros de planta).

Formación Personal: Las horas destinadas a la formación del personal son las realizadas en las sesiones informativas iniciales para explicar el grueso del proyecto, sesiones para la formación en la aplicación de las 5S's, seguimiento y normalización, sesión informativa secuenciador kanban, formación secuenciador kanban y alguna sesión posterior que pueda surgir.

Materiales: Todos los materiales utilizados para adaptar las nuevas instalaciones han sido reciclados del desmontaje de las mismas.

Todas las horas invertidas en el proyecto son internas, es decir, todas las acciones realizadas han sido llevadas a cabo por personal de la empresa.

### 8.3. BENEFICIOS.

<b>BENEFICIOS</b>				
<b>SUPERFICIE UTILIZADA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>p/u</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Base (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUBTOTAL (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Reducción de la superficie utilizada	342	1747	597.474,00	597.474,00
<b>MATERIALES</b>				
	<b>u.</b>			
Regularizaciones de material	4.967.053			30.211,16
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>				
	<b>horas</b>	<b>€/hora</b>	<b>SUBTOTAL (€)</b>	
Reducción tiempo listero desplazamientos producto acabado.	97,84	19,63	1.920,60	1.920,60
<b>TIEMPOS EN ESPERA</b>				
	<b>horas</b>	<b>€/hora</b>	<b>SUBTOTAL (€)</b>	
Eliminación tiempo en espera listero	111,33	19,63	2.185,41	2.185,41
<b>MATERIALES</b>				
	<b>u.</b>			
Regularizaciones de material	112.160			2.840,00
<b>MEJORA PROCESOS</b>				
	<b>horas</b>	<b>€/hora</b>		
Reducción mano de obra	1.750	18,1		31.675,00
<b>MANO DE OBRA</b>				
	<b>(min.)</b>	<b>€/hora</b>	<b>SUBTOTAL (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Reducción tiempo operario	80,03	18,10	24,14	
Reducción tiempo jefe equipo	16,15	23,80	6,41	
Eliminación tiempo t. mecánico	29,80	27,50	13,66	
Eliminación tiempo t. eléctrico	14,50	27,50	6,65	
Eliminación tiempo responsable mantenimiento	12,13	33,60	6,79	
Aumento tiempo listero	-43,95	19,62	-14,37	
<b>TOTAL</b>			<b>43,27</b>	
Nº de cambios anuales	196 [u.]			8.481,68
<b>TIEMPOS EN ESPERA</b>				
Reducción de tiempo en espera	63,30	18,10	19,10	
Reducción de tiempo máquina parada	73,75	33,60	41,30	
Nº de cambios anuales	196 [u.]			11.837,52
			<b>AHORRO ANUAL (€):</b>	<b>89.151,36</b>
			<b>AHORRO SUPERFICIE (€):</b>	<b>597.474,00</b>

Fig. 8.2. Tabla de beneficios implantación herramientas de mejora.



Es evidente que detrás de un proyecto de esta envergadura no parece suficiente a nivel de la Alta Dirección justificar esta inversión únicamente por cambiar la filosofía de trabajo de la empresa. Generalmente se espera un beneficio económico derivado de la implantación del proyecto. En este apartado se presentan el balance económico asociados a la implantación del proyecto.

TABLA RESUMEN BALANCE	
	[€]
AHORRO PRIMER AÑO (AMORTIZACIÓN DE COSTES DE IMPLANTACIÓN)	37.442,36
AHORRO ANUAL AÑOS POSTERIORES	89.151,36
AHORRO SUPERFICIE	597.474,00

*Fig. 8.3. Tabla resumen balance económico implantación proyecto.*

# CAPÍTULO 8:

# BIBLIOGRAFÍA.

- Aplicación de un sistema Kanban, El prisma  
[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/kanbanaplicacion/default.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/kanbanaplicacion/default.asp).
- "Diseño de procesos de producción flexible", Editorial Productivity (Lluís Cuatrecasas).
- "Dirección de la producción y de operaciones, decisiones tácticas", Editorial Pearson (Jay Heizer).
- "El Just in Time hoy en Toyota", Editorial Deusto (Yasuhiro Monden)
- "Gestión informática de la producción, sistemas de información industrial" Editorial Parafino (Fernando Soler Mateo)
- Grupo Galgano, "Mejoras de la productividad gracias al lean Manufacturing".  
[http://www.leanmanufacturing.es/?page\\_id=10](http://www.leanmanufacturing.es/?page_id=10).
- Grupo ITEMSA, "Técnicas per a la millora de la productivitat industrial", Proyectos de mejora integral de la competitividad.  
<http://www.grupoitemsa.com>
- Grupo ITEMSA, "Estratègies per la millora de la competivitat industrial", Proyectos de mejora integral de la competitividad.  
<http://www.grupoitemsa.com>
- Implantación 5S 's  
[http://books.google.es/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&dq=5s&source=bl&ots=8qAblnqUiB&sig=2Gxu0PDsjkztTsT\\_aFoxJ9TGvpY&hl=es&ei=08WtS\\_\\_sA8WG4Qarkf3TDw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA8Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.es/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&dq=5s&source=bl&ots=8qAblnqUiB&sig=2Gxu0PDsjkztTsT_aFoxJ9TGvpY&hl=es&ei=08WtS__sA8WG4Qarkf3TDw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA8Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false)  
<http://www.bomconsulting.net/>  
<http://ccm.mty.itesm.mx/5S/images/poster.jpg>  
<http://www.slideshare.net/bomconsulting/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke-lean-manufacturing>
- "Organización de la producción, distribuciones en planta y mejora de los métodos y tiempos", Editorial Pirámide (Juan Velasco Sánchez)

- "Organización y gestión de la producción", Editorial CDN (Manuel Fraxanet de Simón)
- Revista Ingeniería Primero, Facultad de Ingeniería Vol.15, Enero 2010  
<http://www.tec.url.edu.gt/boletin>
- Revista Tecnológica ESPOL vol. 18 N 1., 68-75.  
<http://www.rte.espol.edu.ec>