



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLANTACION DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA FABRICA DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PARA VEHÍCULOS

Autor: Patricia Domínguez González
Director: Jose Luis Ramirez Henar

Madrid
Julio 2018



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título **IMPLANTACION DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA FABRICA DE SISTEMAS DE CLIMATIZACION PARA VEHICULOS** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Patricia Domínguez González

Fecha: 23/ 07/ 2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Jose Luis Ramírez Henar

Fecha: 23/07/ 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Patricia Domínguez González

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **IMPLANTACION DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA FABRICA DE SISTEMAS DE CLIMATIZACION PARA VEHICULOS**, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que

d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- Madrid, a 23 de Julio de 2018

Fdo.....

This image shows a completely blank white rectangular area enclosed within a thin black border. There are no markings, text, or illustrations present on the page.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA FÁBRICA DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PARA VEHÍCULOS.

Autor: Patricia Domínguez González

Director: Jose Luis Ramírez Henar

Entidad Colaboradora: Sanz Clima S.L

RESUMEN

Este proyecto resulta de la realización de unas prácticas en la empresa *Dreiha GmbH*, filial alemana de la empresa *Sanz Clima S.L.* Esta primera fue adquirida por la empresa española hace dos años, y se propuso reestructurarla implementando la filosofía y metodología de su sede en España. En estas se han llevado a cabo mejoras la fábrica con el objetivo de mejorar el proceso de producción, reduciendo gastos y aumentando la productividad.

La metodología *Lean Manufacturing* desarrollada en la empresa Toyota, ha sido implantada con éxito en una gran variedad de empresas de diferentes sectores, y aunque inicialmente estaba ideada para sistemas de producción se ha aplicado a otros ámbitos, lo que se conoce como *Lean Management*. Esta se basa en la búsqueda todo lo que no añada valor al proceso y por lo cual el cliente no esté dispuesto a pagar, con la participación activa de todos los empleados en la *mejora continua* del proceso. Esta es la metodología que *Sanz Clima* ha decidido implantar en todas sus filiales, incluyendo la fábrica en Alemania a estudiar.

La filosofía Lean distingue 7+1 tipos de desperdicios o *Mudas*, que son los que primero hay que identificar en el proceso antes de realizar ningún cambio. Estos son:

1. Transporte
2. Inventario
3. Movimiento
4. Esperas
5. Sobreproducción
6. Sobreproceso
7. Defectos
8. Infrautilización de las personas

Además, se busca implantar el sistema *Pull* de producción, que se basa en ceñirse a la fabricación de los productos de forma acorde a la demanda de los clientes.

Para ello, tras realizar un análisis de la situación actual de la empresa, se han implantado las siguientes herramientas *Lean*:

Metodología 5S: Una serie de prácticas que permiten mejorar el área de trabajo y conseguir así incrementar la productividad de los empleados y mejorar el tiempo de fabricación. Esta metodología sigue 5 pasos:

1. Clasificación de las diferentes herramientas según tengan un uso o no y descartar las segundas.

2. Organización del espacio de forma eficaz, como la asignación a cada herramienta de un lugar específico o delimitar las zonas dentro de la fábrica.
3. Suprimir la suciedad mejorando el nivel de limpieza de los lugares.
4. Mantener unas normas de estandarización, generalmente con indicadores visuales que ayudan a mejorar el control de la actividad o proceso.
5. Fomentar una mentalidad de disciplina y compromiso con las etapas anteriores para seguir mejorando.

Sistema Kanban: Sistema que permite que los procesos aguas arriba sean conocedores de que hay necesidad de producir para los procesos aguas abajo y de aprovisionarse de materiales. En la fábrica este sistema se aplica con lo que son conocidas como Órdenes de Producción. Los operarios cuentan con unas *tablets* en los puestos de trabajo, de tal forma que cada vez que el encargado de la producción inicia una orden, al empleado del primer recurso le aparece en un documento la OP correspondiente, en la que se indica toda la información necesaria para proceder a la fabricación: artículo a fabricar, número de unidades, listado de materiales y recursos a utilizar. Cada una de las OP tiene asignada un código de barras, de forma que una vez finalizada el operario tiene que escanearla con el lector que se encuentra en su puesto de trabajo, y de forma automática aparecerá en la carpeta del recurso siguiente. El siguiente operario solo necesita escanear el código de la OP de su recurso para que el sistema lo detecte como empezado, y una vez que finaliza su trabajo volverla a escanear, y se notificará como terminado y aparecerá en el siguiente recurso. De esta manera, al estar en el sistema plasmado cada vez que se inicia o finaliza una orden, el encargado de la producción tiene el control sobre las diferentes actividades que se estén realizando en la fábrica. Como cada una de las órdenes tiene la cantidad a fabricar demandada por el cliente y es la cantidad que a la que los operarios deben ceñirse a producir, permite que tenga lugar el sistema *Pull* de producción.

Matriz de habilidades: documento en el que se recogen las habilidades técnicas de cada trabajador, de esta manera el encargado es capaz de asignar las tareas a cada uno de los operarios según sus habilidades para distribuir las diferentes tareas de la forma más eficiente posible. Esta herramienta permite desarrollar las habilidades del equipo, examina fortalezas y debilidades de los empleados, identificando la situación actual, ayudando a planificar las necesidades de formación, ayuda a distribuir los recursos de la manera más eficiente, y aumenta la flexibilidad de los empleados.

VSM o Mapa de Flujo de Valor: Consiste en la representación gráfica de un proceso, identificando los recursos y las actividades, de forma que se puede identificar cuáles de ellos aportan valor o cuales son desperdicios, para así poder aplicar medidas correctivas.

Nivelación de la producción: La nivelación de la producción consiste en la fabricación de lotes de pequeño tamaño adecuándose a la demanda del cliente. Esto no resulta una tarea sencilla, ya que aprovisionarse de demasiada materia prima o con demasiado tiempo de antelación incrementa el *stock*, que se considera uno de los desperdicios, y trae consigo una serie de desventaja que a la larga se traducen en gastos. Esta tarea no resulta sencilla porque implica tener una previsión de la demanda. Para ello la empresa está dotada con un sistema para la gestión de los materiales, *Material Requirements Planning*, que consiste en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) considerando el plazo de fabricación o

plazo de entrega en la compra de cada uno de los artículos. Este sistema necesita de la información de las ventas históricas, previsión de las ventas, información de los artículos y de los proveedores para poder calcular las diferentes necesidades.

Además de estas herramientas, también se ha realizado un cambio en el Lay Out, aprovechando mejor los espacios y para disminuir los desplazamientos, y se han externalizado algunas de las tareas con el objetivo de reducir los costes.

Tras la aplicación de estos cambios se han obtenido resultados satisfactorios y la empresa ha comenzado a mejorar. No obstante, no hay que conformarse con esto. La *filosofía Lean* predica una mentalidad de *mejora continua*, en la cual siempre hay que estar buscando formas de mejorar el proceso en los diferentes departamentos de la empresa, de tal manera que todos los trabajadores tienen que estar involucrados con el objetivo de esta. Para ello es necesario la figura de un líder que sepa transmitir la motivación a los empleados, ya que los cambios en la cultura de una empresa siempre son rechazados en un principio, pero para que las técnicas implementadas tengan el mayor éxito posible y la empresa pueda llegar a ser competitiva en su sector todos sus miembros tienen que interiorizar este modo de pensar y trabajar.

APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING METHODOLOGY IN A FACTORY OF AIR CONDITIONING SYSTEMS FOR VEHICLES.

Author: Patricia Domínguez González

Director: Jose Luis Ramírez Henar

Collaborating Entity: Sanz Clima S.L

ABSTRACT:

This project results from an internship at the company *Dreiha GmbH*, a German subsidiary of the company *Sanz Clima S.L.* The first one was acquired by the Spanish company two years ago, and it was proposed to restructure it by implementing the philosophy and methodology of its headquarters in Spain. These improvements have been carried out the factory with the aim of improving the production process, reducing costs and increasing productivity.

The *Lean Manufacturing* methodology developed in Toyota has been successfully implemented in a wide variety of companies from different sectors, and although initially designed for production systems has been applied to other areas, which is known as *Lean Management*. This is based on the search for everything that does not add value to the process and for which the client is not willing to pay, with the active participation of all employees in the continuous improvement of the process. This is the methodology that Sanz Clima has decided to implement in all its subsidiaries, including the factory in Germany to study.

The Lean philosophy distinguishes 7 + 1 types of waste or *Mudas*, which are the ones that must first be identified in the process before making any changes. These are:

1. Transportation
2. Inventory
3. Movement
4. Waits
5. Overproduction
6. Overprocess
7. Defects
8. Underutilization of people.

In addition to that, it seeks to implement the Pull production system, which is based on sticking to the manufacture of products according to the demand of customers. For this, after making an analysis of the current situation of the company, the following *Lean* tools have been implemented:

5S Methodology: A series of practices that improve the work area and thus increase employee productivity and improve manufacturing time. This methodology follows 5 steps:

1. Classification of the different tools according to whether they have a use or not and discard the second ones.
2. Organization of the space in an efficient way, such as the assignment to each tool of a specific place or delimiting the zones inside the factory.
3. Remove dirt by improving the level of cleanliness of the places.
4. Maintain standards of standardization, usually with visual indicators that help to improve the control of the activity or process.
5. Foster a mentality of discipline and commitment to the previous stages to continue improving.

Kanban System: System that allows upstream processes to be aware of the need to produce for downstream processes and to supply materials. In the factory this system is applied with what are known as Production Orders. Operators have tablets in the workplace, so that each time the production manager initiates an order, the employee of the first resource appears in a document the corresponding OP, which indicates all the information necessary to proceed with the manufacture: article to be manufactured, number of units, list of materials and resources to be used. Each of the POs is assigned a barcode, so that once the operator has finished scanning it with the reader who is at his work station, he will automatically appear in the folder of the next resource. The next operator only needs to scan the code of the OP of his resource so that the system detects it as started, and once he finishes his work, he will scan it again, and he will be notified as finished and he will appear in the following resource. In this way, being in the system captured each time an order is initiated or finalized, the person in charge of production has control over the different activities that are being carried out in the factory. As each of the orders has the quantity to be manufactured demanded by the customer and is the quantity that the operators must stick to produce, it allows the Pull production system to take place.

Matrix of skills: document in where the technical skills of each worker are collected, in this way the person in charge is able to assign the tasks to each one of the workers according to their abilities to distribute the different tasks in the most efficient way possible. This tool allows to develop team skills, examines strengths and weaknesses of employees, identifying the current situation, helping to plan training needs, helps distribute resources in the most efficient way, and increases employee flexibility.

VSM or Value Flow Map: Consists in the graphic representation of a process, identifying resources and activities, so that it can be identified which of them contribute value or what is waste, in order to apply corrective measures.

Leveling of the production: The leveling of the production consists of the manufacture of lots of small size adapting to the demand of the client. This is not an easy task, because stocking too much raw material or too much time in advance increases the stock, which is considered one of the 8 wastes, and brings with it a series of disadvantages that eventually translate into expenses. This task is not easy because it implies having a forecast of the demand. For this the company is endowed with a system for material management, *Material Requirements Planning*, which consists of a calculation of net needs of the items (finished products, sub-assemblies, components, raw materials, etc.) considering the manufacturing term or delivery time in the purchase of each item. This system needs the information of the historical sales, forecast of the sales, information of the articles and of the suppliers to be able to calculate the different necessities.

In addition to these tools, a change has also been made in the *Lay Out*, taking better advantage of the spaces and to reduce travel, and some of the tasks have been outsourced in order to reduce costs.

After the application of these changes, satisfactory results have been obtained and the company has begun to improve. However, do not settle for this. The *Lean* philosophy preaches a mentality of continuous improvement, in which one must always be looking for ways to improve the process in the different departments of the company, in such a way that all workers have to be involved with the objective of this. This requires the figure of a leader who knows how to transmit motivation to employees, since changes in the culture of a company are always rejected at first, but for the techniques implemented to be as successful as possible and the company can. To become competitive in its sector all its members have to internalize this way of thinking and working.



Índice de la memoria

Parte I	Memoria.....	3
Capítulo 1	Introducción	5
1.1	Estado del arte	5
1.2	Estudio de soluciones existentes	7
1.3	Motivación del proyecto.....	9
1.4	Objetivos.....	10
1.5	Metodología.....	10
1.6	Soluciones empleadas	11
Capítulo 2	Lean Manufacturing	13
2.1	Origen del Lean	13
2.2	Filosofía Lean.....	14
2.3	Valor para el cliente	16
2.4	Flujo.....	17
2.5	Pull	18
2.5.1	Ventajas del sistema Pull	18
2.5.2	Modelo tradicional vs. Modelo Pull.....	19
2.6	Las 7 Mudas o desperdicios	20
2.6.1	Transporte	21
2.6.2	Inventario	21
2.6.3	Movimiento	22
2.6.4	Tiempos de espera.....	22
2.6.5	Sobreproducción	23
2.6.6	Sobre-proceso.....	23



2.6.7 Defectos	24
2.6.8 El 8º desperdicio: la infrautilización de las personas	24
2.7 Herramientas Lean.....	25
2.7.1 Mapa del flujo de Valor (VSM)	25
2.7.1.1 Simbología del VSM	26
2.7.1.2 Creación VSM actual	27
2.7.1.3 Creación VSM Futuro	27
2.7.2 Metodología 5S	28
2.7.2.1 Seiri (Clasificación y descarte).....	30
2.7.2.2 Seiton (Organización).....	30
2.7.2.3 Seiso (Limpieza)	31
2.7.2.4 Seiketsu (Estandarización)	31
2.7.2.5 Shitsuke (Compromiso y disciplina)	32
2.7.3 Matriz de habilidades	33
2.7.4 TPM (Total Productive Maintenance).....	34
2.7.4.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	34
2.7.5 Takt Time.....	35
2.7.5.1 Cálculo del Takt Time	36
2.7.6 Equilibrado de línea	36
2.7.7 Kanban	36
2.7.7.1 Reglas generales	37
2.7.8 Nivelación de la producción.....	37
2.7.9 Single Minute Exchange of Die (SMED).....	38
Capítulo 3 Funcionamiento de la fábrica.....	39
3.1 Órdenes de producción	39
3.2 Lista de materiales.....	40
3.3 Recursos utilizados en las ordenes de producción.....	40
3.4 Layout de la fábrica	46
3.5 Flujo de los materiales a través de la planta de producción.....	46
3.5.1 Recurso mecanizado.....	47
3.5.2 Picking prensa	49
3.5.3 Recurso soldadura	49
3.5.4 Outsourcing.....	49
3.5.5 Recurso montaje.....	51



3.6	Material Requirement Planning (MRP)	51
3.6.1	Proceso mensual.....	55
3.6.2	Plan diario	56
Capítulo 4	Aplicación de las herramientas Lean	58
4.1	Situación actual	58
4.1.1	Análisis DAFO.....	58
4.1.2	Sobreproducción	60
4.2	Cambio de Layout	61
4.3	Aplicación 5S	63
4.3.1	Herramientas	64
4.3.2	Delimitación de zonas	65
4.3.3	Limpieza	66
4.4	Aplicación del sistema Kanban	66
4.4.1	Órdenes de producción.....	67
4.4.2	Kanban para el aprovisionamiento.....	69
4.5	Matriz de habilidades	70
4.6	VSM	73
4.6.1	VSM Actual	74
4.6.2	VSM Futuro	76
4.7	Nivelación de la producción	78
4.8	Gestión calidad	79
Capítulo 5	Estudio económico	81
Capítulo 6	Resultados	84
6.1	Estudio de tiempos	84
6.1.1	Tiempos Kanban aprovisionamiento	84
6.1.2	Transporte	85
6.2	Reducción de costes	86
6.2.1	Reducción de costes general	87
Capítulo 7	Conclusiones	88
Capítulo 8	Bibliografía	91



Parte II	Anexos.....	93
Capítulo 1	Tablas.....	95
Capítulo 2	99	
Capítulo 3	Instrucciones de embalaje.....	100
Capítulo 4	Planos de la fábrica.....	101



Índice de figuras

Figura 1. Automovil Curved Dash de Ransom Olds.....	6
Figura 2. Henry Ford con su modelo Ford T.....	7
Figura 3. Representación templo Lean.....	16
Figura 4. Las siete Mudass.....	20
Figura 5. Iconos del flujo del material.	26
Figura 6. Iconos del flujo de información.	26
Figura 7. Otros iconos del VSM.....	27
Figura 8. Ejemplo panel 5S	32
Figura 9. 5S	33
Figura 10. Ejemplo lista de materiales.	40
Figura 11. Imagen Cizalla	41
Figura 12. Imagen plegadora.....	41
Figura 13. Imagen CNC	42
Figura 14. Zona montaje.	43
Figura 15. Zona montaje eléctrico.....	43
Figura 16. Esquema del proceso de fabricación.....	44
Figura 17. Prensa.....	45
Figura 18. Etiqueta identificadora principal.....	47
Figura 19. Etiqueta identificadora individual (por grupo de piezas iguales)	48
Figura 20. Visión general del proceso de aprovisionamiento.	51
Figura 21. Esquema de la información requerida por el MRP	52



Figura 22. Esquema proceso de aprovisionamiento	56
Figura 23. Contenedor con material de sobreproducción.....	60
Figura 24. Representación del flujo del material.	62
Figura 25. Disposición del stock en la planta baja.	62
Figura 26. Disposición del stock en la primera planta.	63
Figura 27. Cajón original con herramientas.	64
Figura 28. Cajón con siluetas para las herramientas.	65
Figura 29. Delimitación de zonas.....	66
Figura 30. Ejemplo Orden de Producción	68
Figura 31. Estanterías originales para tornillería.....	69
Figura 32. Carros nuevos para tornillería.....	70
Figura 33. Recorrido artículos.....	73
Figura 34. Ventas y facturación.	74
Figura 35. VSM actual	75
Figura 36. Radiadores embalados para enviar a Polonia.....	76
Figura 37. VSM tras cambios.....	77
Figura 38. Conceptos básicos de APQP	80
Figura 39. Gráfico de comparación del margen bruto por meses.	87



¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar Título al texto que desea que
aparezca aquí.

Índice de tablas

Tabla 1. Ventas de los principales fabricantes de automóviles en el 2016. Fuente:	8
Tabla 2. Beneficios de los principales fabricantes de automóviles en el 2016.	8
Tabla 3. Valor de mercado de los principales fabricantes de automóviles en el 2016.....	8
Tabla 4. Principales diferencias entre sistema Pull y Push.	19
Tabla 5. Etapas de las 5S.....	28
Tabla 6. Clasificación ABC para productos de ventas.....	54
Tabla 7. Clasificación ABC para productos de producción.	55
Tabla 8. Matriz DAFO.	59
Tabla 9. Matriz de habilidades de los operarios de la fábrica	72
Tabla 10. Actividades que no añaden valor en VSM actual.	76
Tabla 11. Actividades que no añaden valor tras el cambio.	78
Tabla 12. Coste en sueldos.	82
Tabla 13. Cuenta de pérdidas y ganancias.	82
Tabla 14. VAN y Payback Period de la inversión.....	83
Tabla 15. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos a la estantería desde recurso de montaje.....	84
Tabla 16. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos al carrito desde recurso de montaje.....	84



**¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar Título al texto que desea que
aparezca aquí.**

Tabla 17. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos a la estantería desde recurso eléctrico.	85
Tabla 18. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos al carrito desde recurso eléctrico.	85
Tabla 19. Comparación de tiempos entre VSM actual y futuro.	85
Tabla 20. Coste material embalaje VSM actual.	86
Tabla 21. Coste material embalaje VSM futuro.	86
Tabla 22. Listado de herramientas de recurso Eléctrico.	96
Tabla 23. Listado de herramientas de recurso Montaje.	97
Tabla 24. Listado de tornillos clasificados como los de mayor uso.	99



Parte I MEMORIA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Introducción



Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la revolución industrial, la mejora de los procesos productivos ha sido de especial importancia para el desarrollo de la industria a nivel mundial. Uno de los métodos con mayor relevancia a nivel mundial es el conocido como *Lean Manufacturing*, nacida del proceso de producción de la firma automovilística *Toyota*. Este método ideado a finales del siglo XIX por Sakichi Toyoda, fundador del Grupo Toyota, busca la eliminación del desperdicio en el proceso de producción y se aplica a todo tipo de industrias.

En este proyecto se estudiarán las diferentes herramientas de este método y la implantación en la empresa alemana *Dreiha*, dedicada a la fabricación de sistemas de climatización para vehículos industriales. El objetivo de la implantación de esta metodología es mejorar el ya existente proceso productivo: acortar tiempos de fabricación, reducir costes y aumentar la productividad.

La implantación no es tarea fácil, no solo supone realizar cambio en la organización y la forma de trabajar, sino que también requiere cambios en la mentalidad de los empleados, los cuales ganan peso y participación activa en todos los aspectos del área.

Con todo esto, se evaluarán los resultados tras la implantación de estas técnicas y se comprobará si la mejora es real.

Para conseguir estos objetivos, la metodología Lean busca la eliminación todo lo que pueda ser superfluo en el proceso y no añade valor al cliente, así como el aprovechamiento de la experiencia e inteligencia de las personas, a través de la polivalencia y participación en la mejora continua del proceso.

Esta metodología supone algo más que un conjunto de herramientas y prácticas que se aplican a la hora de trabajar, sino que tienen que emanar de una serie de principios asentados en la cultura de la empresa.

1.1 ESTADO DEL ARTE

A principios del siglo XX surge la que es conocida como producción en serie que permitió el desarrollo industrial durante este siglo. Esta se basa en la cadena de montaje o línea de producción, una forma de organización en la cual se delega a cada trabajador una función específica y especializada en máquinas mas desarrolladas.



La idea de la producción en cadena nace con el taylorismo, y fue puesta en práctica por primera vez por Ransom Olds, quien inauguró la primera cadena de montaje en el año 1901, para la fabricación de su prototipo *Curved Dash*.



Figura 1. Automóvil Curved Dash de Ransom Olds.

No obstante, este sistema no tomó popularidad hasta unos años más tarde gracias a Henry Ford, el cual se basó en la cadena de montaje de Olds con mayor capacidad de producción. En ella desarrolló su producto emblemático, el Ford T, y desarrolló y popularizó este método, de forma que el público atribuya erróneamente la invención de la cadena de montaje a Ford, en lugar de Olds.



Figura 2. Henry Ford con su modelo Ford T

A finales de siglo esta producción se vio superada por una nueva forma de organización industrial conocida como *toyotismo*, la cual se ha profundizado en el siglo XXI.

El *toyotismo*, o sistema de producción de Toyota, fue desarrollado por el ingeniero Taiichi Ohno en la empresa *Toyota* entre 1948 y 1975. Este mejora el sistema desarrollado por Ford, aumentando la productividad y la eficiencia, evitando el desperdicio. Este modelo fue el pilar de mayor importancia del desarrollo industrial en Japón y permitió su desarrollo como potencia económica mundial en solo décadas. Tras la crisis del petróleo de 1973 la producción industrial dio un giro hacia este modelo, debido a su éxito y las carencias del modelo de Ford.

1.2 ESTUDIO DE SOLUCIONES EXISTENTES

Como ya se ha mencionado previamente, la metodología *Lean Manufacturing* se ha puesto en práctica en fábricas de todo el mundo y en diferentes empresas, y los resultados en estas constatan su eficacia.

El principal ejemplo de esto es la empresa Toyota, que gracias a su filosofía ha conseguido alcanzar el tercer puesto como fabricante de coches a nivel mundial.



Ranking de Ventas	
GM	8.3M
Toyota	8.2M
Ford	6.6M
Volkswagen	5.2M
Daimler/Chrisler	4.8M

Tabla 1. Ventas de los principales fabricantes de automóviles en el 2016. Fuente:

Ranking por Beneficio (\$bn)	
Toyota	12.5
Volkswagen	5.2
Daimler/Chrisler	-1.7
GM	-10.9
Ford	-12.7

Tabla 2. Beneficios de los principales fabricantes de automóviles en el 2016.

Ranking por valor de mercado (\$bn)	
Toyota	208
Daimler/Chrisler	65
Volkswagen	43
GM	20
Ford	16

Tabla 3. Valor de mercado de los principales fabricantes de automóviles en el 2016.

Como presentan las cifras, la empresa Toyota es la que mayor beneficio de sus ventas tiene, lo que se puede deducir que su filosofía de eliminar el desperdicio efectivamente es eficaz ya que se consigue reducir costes en comparación con las otras empresas.



Uno de sus principales competidores, Ford, también emplea principios similares a los de Toyota, previamente mencionados algunas de sus ideas, lo que también le permite estar entre los principales fabricantes de automóviles a nivel mundial.

Saliendo del mundo de la automoción, John Deere, el mayor fabricante del mundo de maquinaria agrícola, en el año 2003 transformo su planta en Iowa (Estados Unidos) implantando el *Lean Manufacturing* en toda su cadena productiva. También empresas como Intel o Nike, de sectores muy diferentes al automovilístico, han implantado esta metodología a sus sistemas de producción. Estas se consideran empresas puntero en sus sectores, y han obtenido muy buenos resultados con la aplicación de esta filosofía.

1.3 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El éxito de esta metodología se refleja en la cantidad de empresas que la han implantado en su sistema y los resultados positivos que ha tenido en su producción.

En la situación actual de la industria existe una gran competitividad entre las diferentes empresas: hay una gran variedad de compañías que ofrecen productos similares a precios parecidos. Esto hace que estas busquen diferenciarse ante el resto mejorando la calidad de sus productos a la vez que se intentan reducir los costes, tareas que no resultan sencillas implantarlas a la vez.

La motivación de Sanz Clima consiste en competir con grandes empresas del sector de la climatización para vehículos. Para ello es necesario que esta sea capaz de adaptarse a los cambios que suceden continuamente en el sector, e intentar la implantación de la mejora continua que predica la filosofía *Lean*.

Para ello, *Sanz Clima* ha implantado esta metodología en todas sus filiales. Como *Dreiha* ya poseía su propio método de producción, cuando fue adquirida por Sanz esta se propuso cambiarla con la finalidad de mejorar este proceso.

Con esto, la motivación de este proyecto es conseguir la mejora de la fábrica en Alemania: calidad del proceso, tiempos de fabricación y de entrega, reducción de costes, etc. No obstante, estas mejoras no deben de estar solo presentes en la producción de la fábrica, sino en todos los departamentos de la empresa, lo que hace necesario un cambio en la mentalidad de todos los empleados, que busquen todo el rato la mejora continua en sus puestos de trabajo, y comprometiéndose con la finalidad de la compañía.

La motivación final resulta en conseguir complacer al cliente con los productos y el tiempo de entrega, para conseguir crecer y ser capaces de competir con el resto de las empresas del sector.



1.4 OBJETIVOS

El objetivo principal que se busca alcanzar con este proyecto es implantar una serie de herramientas de la metodología *Lean* para conseguir mejorar el proceso productivo. Para alcanzar este objetivo, se han de alcanzar unos objetivos más específicos:

- Mejorar los tiempos de producción para que el producto consiga llegar al cliente en el tiempo requerido.
- Identificar que actividades aportan valor al producto final: que valora el cliente en sus productos y por qué está dispuesto a pagar.
- Identificación de los diferentes tipos de desperdicios que se generan en este proceso en consecuencia con el análisis anterior. Por la metodología *Lean*, existen 7 tipos diferentes de desperdicios:
 - Tiempo
 - Transporte
 - Procesos
 - Inventario
 - Movimientos
 - Defectos
 - Sobreproducción
- Mejorar la calidad de los productos.
- Disminuir los costes de producción.

1.5 METODOLOGÍA

Para alcanzar estos objetivos se deberán re realizar una serie de tareas:

- Estudio de la metodología *Lean* y sus herramientas.
- Estudio de los fallos y carencias en el sistema de producción actual: analizando en que puntos se genera desperdicio y que tipo de desperdicio es.
- Análisis de la posible solución e implementando la herramienta de *Lean* correspondiente.
- Comprobación de si las técnicas implantadas, tanto las de este estudio como las aplicadas con anterioridad, han incrementado la productividad y eliminado los diferentes desperdicios que se habían detectado.
- Comparación entre la producción anterior a las mejoras y la actual



- Conclusiones y posibles futuras mejoras por implementar.

A continuación, se muestra el plan de trabajo que se pretende seguir para la realización del proyecto.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Introducción						
Lean Manufacturing						
Estudio Lean						
Selección de herramientas Lean						
Sistema de producción						
Caso Práctico						
Análisis del problema						
Identificación de herramientas Lean						
Resultados						
Análisis producción						
Análisis económico						
Conclusiones						

1.6 SOLUCIONES EMPLEADAS

Para conseguir alcanzar los objetivos propuestos se utilizarán una serie de herramientas:

- Value Stream Mapping (VSM)

El mapa de flujo sirve para identificar todas las tareas que han de llevarse a cabo en el proceso de producción de forma visual, y facilita la identificación de las actividades que añaden valor y las que no.

- 5S: Método para la organización del puesto de trabajo, tiene el objetivo de conseguir orden, aumentar la seguridad y la calidad, identificar las desviaciones y proporcionar un ambiente de mejor continua. Este método se basa en:
- Seleccionar
 - Ordenar
 - Limpiar
 - Estandarizar
 - Mantener
- Gestión visual: Indicadores que permiten distinguir situaciones normales de anormales de manera inmediata, de forma que se puede controlar mejor el proceso productivo, identificando problemas y eliminando el desperdicio.
- Matriz de habilidades: Herramienta que permite desarrollar las habilidades en equipo. Identifica las fortalezas y debilidades de los trabajadores y ayuda a la distribución de los recursos.



- Kanban: Sistema de información visual que indica que producir, cuando producir y en qué cantidad. Está representada por una tarjeta Kanban que se moverá a través de las diferentes etapas del trabajo hasta su finalización.
- Sistema *Pull*: Método que consiste en adecuar el número de artículos a fabricar en las órdenes de producción según la demanda del cliente, es decir, fabricas únicamente lo que el cliente ha pedido, evitando la sobreproducción y la acumulación del inventario.
- Recursos informáticos: Además de las herramientas Lean, también serán necesarios los diferentes programas informáticos:
 - Microsoft Excel: software necesario para la realización del análisis económico.
 - Microsoft Word: software para la composición del documento final.
 - Dynamics: software ERP desde el cual se lleva el control de la contabilidad, logística, material y la producción de todas las filiales de la compañía.
 - Citrix: plataforma de la compañía donde se almacena la documentación de todas las filiales.



Capítulo 2 LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing consiste en una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente, justo a tiempo, que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida, en la secuencia requerida y sin defectos. Aplicando estas técnicas se consigue reducir costes, mejora los resultados y crear valor para la empresa.

Con esto, Lean consiste en la eliminación sistemática del desperdicio de un proceso de producción para promover el flujo. Se crea un entorno de mejora continua, motivando cambios medibles y sostenidos.

Lean no supone la implantación de un sistema complejo para alcanzar estos objetivos, sino el uso de herramientas simples y eficaces: trabajar de forma más inteligente desafiando la manera tradicional de hacer las cosas.

Es aplicable a todos los procesos de vida del producto, no solo a la producción. Desde el desarrollo del producto, hasta las relaciones con los clientes, pasando por las diferentes etapas que dan valor al producto final.

Lo más destacable de esta metodología es que no se trata de un proyecto con una fecha de finalización, sino de una mejora continua en la identificación de los desperdicios y aplicación de técnicas para eliminarlos del proceso. Por ello, todos los empleados que forman la empresa han de adaptar esta filosofía a la hora de realizar su trabajo para que la empresa sea capaz de mejora en todas sus áreas y departamentos, y así conseguir mejorar en su totalidad.

2.1 ORIGEN DEL LEAN

La filosofía Lean tiene su origen en los inicios del grupo Toyota, y ha ido evolucionando a través de los años. En los años 30 los responsables de Toyota implementaron una serie de innovaciones en la línea de producción que facilitaron la continuidad del flujo del material a través del proceso de producción y la flexibilidad para fabricar diferentes productos.

No fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial, en la década de los 50, que debido al escaso mercado y la limitación de los recursos disponibles en la industria japonesa y en Toyota se tuvo que plantear un sistema de producción más eficiente para poner en pie la manufactura del país. Surge así el *Toyota Production System* o TPS. Este proceso implementa una serie de cambios opuestos a la producción tradicional:



- Se pasa a fabricar únicamente lo que se necesita, es decir, lo que pide el cliente, intentándose reducir así el inventario al mínimo. Esto se extiende a todas las etapas del proceso, produciéndose en cada etapa sólo lo que requiere la siguiente.
- Eliminación del desperdicio.
- El operario pasa de simplemente realizar su tarea encomendada a tener un rol activo en el proceso resolviendo problemas, siendo partícipe del proceso de calidad, recibiendo formación, etc.

Con todos estos cambios se consigue mejorar la calidad de los productos, continuando con costes bajos, la creación de modelos flexibles y la implantación de la cultura de la mejora continua.

No fue hasta los años 70 cuando las ideas del sistema Toyota se dan a conocer en occidente durante la crisis de esta década, ya que permitió una mejor adaptación al nuevo tipo de demanda con respecto de sus competidores y acabando con el dominio de Ford y General Motors. En la década de los 80 el sistema de producción de Toyota comenzó a implantarse en sistemas de producción de fábricas en Europa y América, y su filosofía a aplicarse más allá de la manufactura. Con la publicación del libro *"The Machine that Changed the World"* en el año 1990, de J.P. Womack y D.T. Jones, en el cual se expone el impacto de esta filosofía en la industria del automóvil, la popularidad de ésta creció considerablemente, y se acuñó el término Lean para referirse al sistema Toyota. Años más tarde los mismos autores publican el libro *"Lean Thinking"* en el cual se generaliza la implantación de Lean en otros sectores. En la actualidad ambas obras se consideran clásicos de culto.

En la actualidad el *Lean Manufacturing* se ha implementado en una gran cantidad de empresas en todo el mundo, tanto grandes compañías multinacionales, como pequeñas y medianas empresas, no limitándose al área de producción, pues esta filosofía es aplicable a todos los departamentos de una empresa. EL gran éxito de ésta durante las últimas dos décadas ha generado una gran cantidad de investigación y publicaciones de libros, artículos y toda clase de recursos relacionados con esta materia.

2.2 FILOSOFÍA LEAN

Como ya se ha mencionado con anterioridad, *Lean*, más que un conjunto de herramientas, supone una filosofía a la hora de pensar y trabajar que ha de ser interiorizada por todos los empleados para conseguir mejoras en el trabajo de la empresa. Fue empleado por primera vez por Fujio CHO, discípulo de Taiichi OHNO, con el objetivo de recopilar el conocimiento desarrollado durante décadas por Toyota.



Una forma de representación de las características de esta filosofía se conoce como *Templo Lean*, este simboliza el éxito de la misma como una estructura que se debe de construir desde sus cimientos.

Los cimientos son las bases sobre las que este sistema se sustenta. Estos son:

- Estandarización del trabajo.
- Filosofía del estilo Toyota.
- Gestión visual.
- Producción nivelada.

Los pilares sobre los que se sustenta el sistema están formados por las conocidas como herramientas Lean:

- JIT (Just in Time): herramienta que consiste en entregar el producto al cliente en el momento que él lo requiere, es decir, tener las piezas y el producto final en el momento y cantidad exacta para ser capaces de entregar a tiempo al cliente. Esto se traduce en cumplir un *Takt Time* para que el ciclo de producción coincida con el ritmo de demanda del cliente. El *Takt Time* es el tiempo que pasa entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de producción de la siguiente, y con este se pueden dimensionar los recursos para adecuar el flujo del material a la demanda del cliente. También implica la existencia de un flujo continuo en todas las células de fabricación, así como eliminar los tiempos entre paradas.
- Jidoka: término japonés que significa 'automatización con un toque humano'. Es un principio que consiste en interrumpir el proceso de producción cuando se detecta alguna desviación y permitir al personal la identificación de esta y la eliminación de su causa. De esta forma el proceso tiene su propio autocontrol de calidad y se garantiza que el producto cumpla las especificaciones del cliente. A diferencia de la producción tradicional en la que era el jefe de planta el que tenía potestad sobre la línea de producción, en la metodología *Lean* todos los empleados están suficientemente cualificados como para tomar decisiones a la hora de parar o no la producción.

Estos pilares conducen hacia la mejora continua del proceso: alcanzar la perfección es imposible y siempre habrá algo más que optimizar, por ello todos los miembros han de tener la visión de la búsqueda incesante de mejoras.

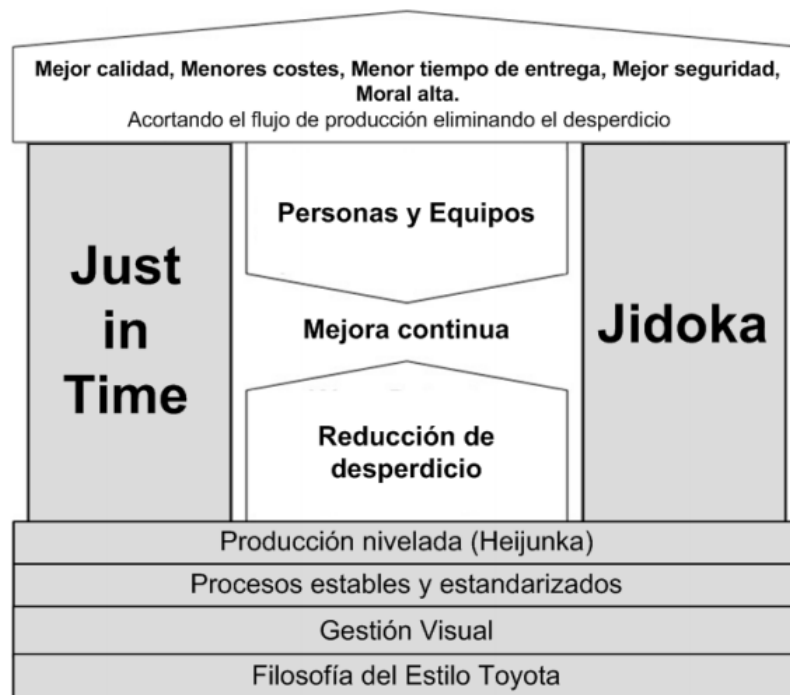


Figura 3. Representación templo Lean

El centro del templo está la mejora continua, que se consigue gracias a la participación de las personas y equipos para la reducción del desperdicio, parte fundamental para alcanzar el objetivo que persigue esta filosofía y el cual está representado por el techo del templo. Estos son la mejora de la calidad del producto o servicio, la reducción de costes, la mejora del tiempo de entrega y mejorar la seguridad.

Cada uno de los diferentes elementos que componen el templo tiene una gran importancia por sí mismo, no obstante, lo más importante es la forma en la que se complementan entre sí para lograr conseguir el objetivo deseado.

2.3 VALOR PARA EL CLIENTE

El valor se define como “todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado”, o bien como “toda actividad por la cual el cliente está dispuesto a pagar”. Por lo tanto, el valor no solo se refiere a la materia prima, mano de obra y actividades del proceso de producción, sino que está presente en todas las actividades de la empresa (marketing y ventas, calidad, diseño, etc).

Por esto, antes de comenzar a pensar que actividades aportan y cuales no aportan valor al producto, hace falta identificar quien es el cliente y que necesidades tiene,



por ejemplo, si valora mas la calidad de los productos o el tiempo de entrega, entregas de mayor numero de materiales no aumentara su satisfacción, etc.

Una vez sabiendo lo que valora el cliente, para reconocer el valor se diferencian tres tipos de actividades:

Valor añadido (VA)	No-valor añadido (NVA)	Desperdicio
• Cualquier proceso que cambia la naturaleza, forma o características del producto según los requerimientos del cliente.	• Tareas que no anaden valor al producto pero que incrementan el coste o el tiempo. • Inevitables con la tecnología actual.	• Actividad que absorbe recursos pero que no aporta valor para el cliente. • Se puede eliminar del proceso.

2.4 FLUJO

Flujo hace referencia a que el valor fluye ininterrumpidamente a través de toda la cadena de valor: se añade valor continuamente a través de la secuencia de personas, materiales o información, con el fin de proporcionar el valor requerido por el cliente.

Este debe ser un proceso en el que las diferentes etapas conectadas sucedan sin parar, y no con paradas de material entre procesos, haciendo que se incrementen los tiempos de producción. Para que el flujo continuo suceda, es necesario conectar tareas y equilibrar tareas. El flujo continuo genera los siguientes beneficios:

- Elimina almacenes intermedios.
- Reduce el *Lead Time* (tiempo de fabricación).
- Reduce el espacio de trabajo y los despilfarros.



- Se puede gestionar con mayor agilidad respuestas al cambio en las especificaciones del producto.
- Al haber una mayor facilidad para inspeccionar piezas, la calidad se ve incrementada.

Para que el flujo continuo suceda, deben de cumplirse una serie de requisitos en la fábrica, como la estandarización del trabajo para que haya una base repetitiva y se cometan el menor número de errores posibles y el equilibrado completo de la línea para que todos los recursos soporten una misma carga de trabajo y evitar su saturación.

2.5 PULL

El sistema *Pull* se centra en la planificación de la producción únicamente con las cantidades que se van a enviar al cliente. Este principio se basa en que hay que identificar aquello por lo cual el cliente está dispuesto a pagar (el valor), y normalmente el cliente valora que las cantidades sean las mismas que las del pedido, no por fabricar más va a estar dispuesto a pagar, y esto solo genera una sobreproducción, uno de los desperdicios que se verá en apartados posteriores, con sus consecuentes problemas.

Este sistema evita ocupar máquinas, equipos y personas en producción cuya demanda no es inmediata. También se consigue trabajar con menor cantidad de personas en la línea de producción ya que permite la rápida detección de cuellos de botella y su corrección de forma rápida.

Es la demanda del cliente la que controla todo el proceso de producción. Cuando un recurso de producción consume el producto que tiene a su entrada será el momento en el que el recurso anterior reponga la entrada vacía). De este modo se está tirando aguas arriba del proceso de producción, y como la llegada del producto al cliente es el último paso en la cadena de producción, entonces es indiscutible que en un sistema *Pull* la producción la controla la demanda del cliente.

2.5.1 VENTAJAS DEL SISTEMA PULL

Este sistema presenta ciertas ventajas:

- Solo se fabrica la cantidad de producto requerida por el cliente.



- Mejora la comunicación entre procesos.
- El sistema de producción está adaptado a los posibles cambios que pueda haber en la demanda del cliente, y responde de manera más eficaz.
- Se reduce el inventario (otro de los desperdicios que se explicarán más adelante en el apartado Las 7 Mudras o desperdicios).

2.5.2 MODELO TRADICIONAL VS. MODELO *PULL*

El modelo tradicional, también llamado modelo *Push*, se basa en que cada proceso genera todo cuanto permite su productividad y lo empuja al recurso siguiente, y este trabaja con el material recibido para luego empujarlo al siguiente, y así sucesivamente hasta terminar el proceso productivo. Es decir, es el inventario el que realiza un empuje hacia el cliente.

Podría decirse que el sistema *Push* trabaja hacia delante, y el *Pull* hacia atrás.

Push	Pull
Aproximación de la cantidad a producir	Producción precisa del número de piezas que requiere el cliente.
Anticipación al consumo de los recursos.	Conocimiento del consumo real de recursos.
Lotes grandes	Lotes pequeños.
Altos niveles de inventario.	Bajos niveles de inventario.
Generación de desperdicios.	Reducción de desperdicios.
Comunicación pobre.	Mejor comunicación.

Tabla 4. Principales diferencias entre sistema *Pull* y *Push*.

El proceso *Push* tiene el principal inconveniente de que se pueden generar atascos en algún punto del proceso productivo si los recursos anteriores trabajan a una frecuencia superior que a la que puede trabajar el recurso inmediatamente

siguiente (recurso que se denominaría cuello de botella), generándose un inventario innecesario que ocupa espacio en el almacén.

En el caso de que el *Lead Time* (o tiempo de producción) de un producto sea mayor al plazo de entrega al cliente, sería conveniente un sistema *Push*, operando bajo previsión y teniendo stock del producto en cuestión para cuando el cliente realice el pedido. Pero en general, el sistema *Pull* es mas eficaz para el proceso de producción, disminuyendo las ineficiencias y desperdicios, como se puede apreciar en la Tabla 4, por lo que es el cual se basa la *Metodología Lean*.

2.6 LAS 7 MUDAS O DESPERDICIOS

En *Lean Manufacturing* se identifican siete tipos de desperdicios, o *Mudas*, su nombre en japonés, dentro de los cuales pueden clasificarse las operaciones que no aportan valor.



Figura 4. Las siete Mudras



2.6.1 TRANSPORTE

Es el tiempo innecesario invertido en almacenar y transportar materiales. Las razones por las que se considera un desperdicio perjudicial para el proceso son:

- Aumenta el *Lead Time*.
- Consume recursos y espacio en planta.
- Aumenta la obra en curso.
- Mayor probabilidad de dañar el producto en los transportes.
- Mayores riesgos de seguridad laboral.

Las principales causas de la generación de este desperdicio son:

- Mal diseño de los procesos.
- Mala distribución de los puestos de trabajo.
- Fabricación de lotes grandes.
- Flujos de materiales complejos.
- Equipos compartidos.

2.6.2 INVENTARIO

Es la acumulación de materia prima, obra en curso o producto terminado en el almacén sin una necesidad inmediata. Se trata de un desperdicio debido a:

- Se necesita un mayor espacio para el almacenamiento.
- Añade costes al producto.
- Se necesita de una gestión de recursos adicional.
- Esconde defectos de los materiales almacenados.
- Las partes pueden resultar dañadas.
- Expiración del tiempo de vida del producto.
- Riesgo laboral.

Este desperdicio está causado por:

- Una producción no nivelada.
- Una predicción de la fabricación imprevista.
- Exceso de paradas y puestas a punto de máquinas.
- Fabricación de lotes de gran tamaño.
- Utilización de un sistema de producción *Push* en vez de *Pull*.
- Proveedores no fiables.



El inventario suele considerarse como activos de la empresa, ya que supone un valor ya producido. No obstante, es uno de los desperdicios más peligrosos ya que implica tener mayor número de piezas que las que el cliente necesita en un determinado momento y que no se van a vender.

2.6.3 MOVIMIENTO

Consiste en el movimiento innecesario de personas entre diferentes procesos, lo que supone consumir tiempo y energía de forma ineficiente. Las razones por las que se considera un desperdicio son:

- Al ser tiempo en el que no se está produciendo, supone un coste extra.
- El flujo de producción se interrumpe.
- Incrementa el tiempo de producción.
- Puede acarrear riesgos laborales.

Este desperdicio está causado por:

- Falta de un proceso operativo estándar.
- Mal diseño del *Layout*.
- Formación inadecuada de los empleados.

2.6.4 TIEMPOS DE ESPERA

Tempos de inactividad de un proceso que hacen que las personas, la maquinaria o las partes estén paradas. Esto puede suceder al finalizar un ciclo de trabajo, estar a la espera de instrucciones o de información, o esperas para recibir materiales, entre otros. Las esperas son consideradas desperdicios debido a:

- Están asociadas a paradas o reinicios de producción.
- Interrumpen la continuidad en el flujo de trabajo.
- Generan cuellos de botella.
- Aumenta el *Lead Time*.
- Retrasan los plazos de entrega al cliente.

Los tiempos de espera suelen estar causados por:

- Paradas o ruptura de alguna máquina.
- Una planificación ineficiente de la producción.



- Problemas de calidad, diseño e ingeniería que hacen que el proceso productivo no se pueda continuar (hay algún elemento mal diseñado o con algún defecto en la calidad).
- Proveedores no fiables, que causan esperas por la falta de material.
- Operarios no flexibles.

2.6.5 SOBREPRODUCCIÓN

Consiste en producir antes, más rápido o en mayor cantidad de lo que demanda el cliente: la producción no responde a la demanda. Al contrario de lo que tradicionalmente se pensaba, que producir cuanta más cantidad mejor, esto genera una serie de problemas:

- Genera inventario (ya se han visto las razones por las cuales este se considera un desperdicio también).
- Al aumentar la cantidad de recursos se incrementan los costes.
- Esconde defectos.
- Se necesita de más espacio tanto en el inventario como en el área de producción.

Los motivos por los que se produce la superproducción pueden ser:

- Utilizar el método *Push*.
- Fabricación de grandes lotes.
- Planificar la producción según predicciones y no en los consumos reales.
- Mala comunicación con el cliente.

Las medidas que se suele adoptar para eliminar este desperdicio son la fabricación de lotes más pequeños, la nivelación de los programas de producción y la adaptación del sistema productivo al sistema *Pull*, en el cual se fabrica únicamente la cantidad demandada por el cliente.

2.6.6 SOBRE-PROCESO

El sobre-proceso se produce cuando se llevan a cabo mayor número de operaciones que las que se necesitan a la hora de producir, debido al resultado de procesos ineficientes que crean la necesidad de realizar tareas que no aportan valor y por las cuales el cliente no va a pagar. Genera problemas como:



- Consume más recursos que los planificados.
- Aumenta el tiempo de producción.
- Puede llegar a reducir la vida del producto.

Las principales causas son:

- Estándares no actualizados o deficientes.
- Falta de entendimiento del proceso.
- Falta de innovación y espíritu de mejora.
- Útiles inadecuados.
- Tareas duplicadas.

2.6.7 DEFECTOS

Los defectos de un producto se consideran todo aquello considerado inaceptable por el cliente, ya que no cumple los estándares de calidad exigidos por este. Es un desperdicio porque:

- Incrementa los costes al tener que reparar el producto o desecharlo y tener que fabricar uno nuevo.
- Consume mayor número de recursos de los necesarios.
- Afecta al flujo de producción, y la planificación se descontrola.
- Genera burocracia (cuando el cliente realiza una reclamación se generan una serie de trámites administrativos que conllevan gastos extras de tiempo y mano de obra).
- La confianza del cliente en la empresa se ve afectada.

2.6.8 EL 8º DESPERDICIO: LA INFRAUTILIZACIÓN DE LAS PERSONAS

Este último desperdicio es llamado el 7+1 por que se agregó a la lista después de las 7 mudas originales. Este hace referencia a no aprovechar la creatividad, inteligencia o la innovación de los empleados, infrautilizando su potencial. Esto trae consigo una serie de problemas:

- Desmotivación y desconfianza de los empleados.
- Se desaprovechan los recursos que podrían aportar los trabajadores.
- Accidentes.

Algunas de sus causas son:

- Falta de formación de los empleados o una poco efectiva.
- Una supervisión no efectiva.
- Falta de atención a los empleados.



2.7 HERRAMIENTAS LEAN

A continuación, se van a presentar algunas de las herramientas por las que apuesta la Metodología Lean. Se han escogido las de mayor relevancia y aquellas que se han puesto en práctica en la empresa y la fábrica.

2.7.1 MAPA DEL FLUJO DE VALOR (VSM)

El mapa del flujo de valor, más conocido como VSM, del inglés *Value Stream Mapping*, es una herramienta que permite visualizar la cadena de valor del proceso de producción, además de identificar acciones de mejora en esta.

Este identifica todas las etapas necesarias para diseñar, solicitar, fabricar y entregar un producto, y lo representa de una manera visual de tal forma que resulta sencillo identificar las actividades que aportan valor (VA), las que no lo aportan (NVA), y los desperdicios, es decir, representa el Flujo de Valor. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Plasma como todos los empleados involucrados en el proceso intervienen y afectan en este con sus diferentes tareas. Resulta de una herramienta esencial para identificar desperdicios.

El VSM presenta una serie de ventajas que hacen más fáciles mejorar el proceso productivo:

- Representa cómo funciona el proceso.
- Representa el proceso entero en su conjunto, no simplemente cada tarea de manera individual.
- Representa las relaciones entre el flujo de información (peticiones de material de clientes y a proveedores) y de material.
- Representa los desperdicios y las fuentes de estos.
- Establece un idioma común para la mejora: plasma como debería ser la fábrica para que todo funcionase en flujo continuo.

Para que la implantación del VSM se realice con éxito, han de realizarse dos mapas: uno del estado actual y otro del estado futuro. El mapa del estado actual representa como se encuentra la situación del proceso que se quiere mejorar, mientras que el futuro representa la meta que se quiere alcanzar en el proceso de producción una vez se hayan implementado todas las mejoras.

Para realizar el VSM deben de estar implicados representantes de todas las funciones relevantes en el proceso (operaciones, compras, ventas, ingeniería, etc), para que así se vean reflejados de mejor manera posible todas las tareas que conforman el proceso.

2.7.1.1 Simbología del VSM

En las siguientes figuras (Figura 5. Iconos del flujo del material. Figura 5, Figura 6 y Figura 7) se presenta la simbología estándar usada en los VSM.

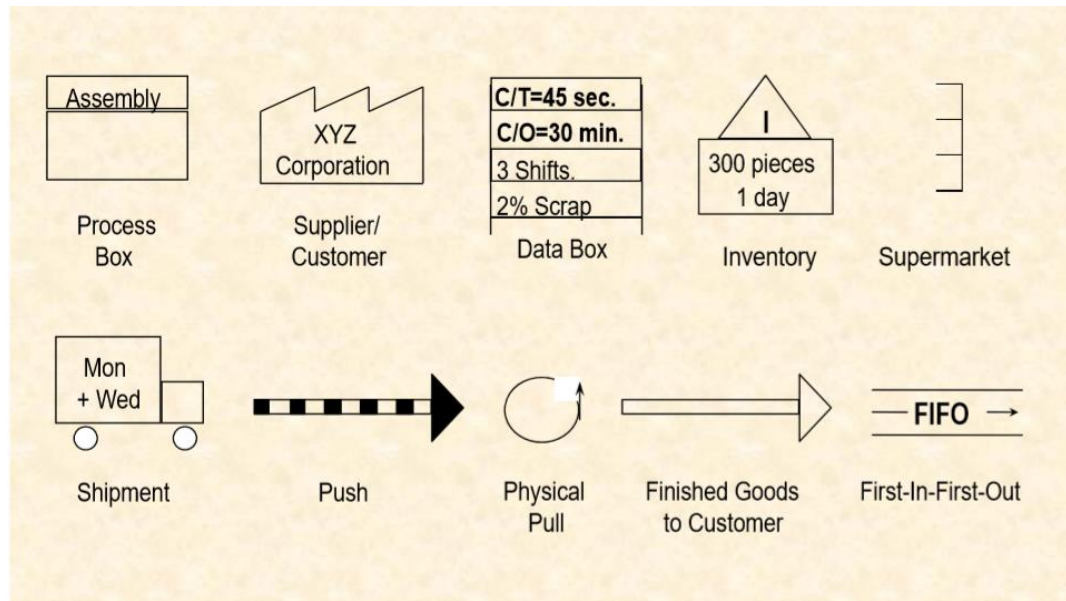


Figura 5. Iconos del flujo del material.

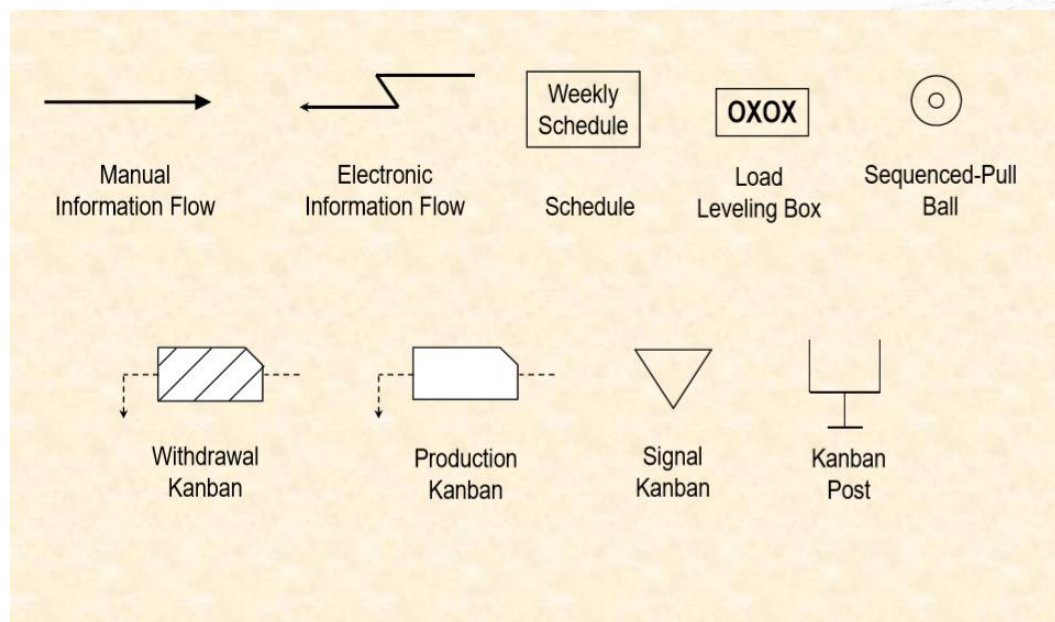


Figura 6. Iconos del flujo de información.



Figura 7. Otros iconos del VSM

2.7.1.2 Creación VSM actual

Existen unos pasos que se deben seguir para realizar el VSM actual de la empresa:

- Seleccionar un producto o familia de productos.
- Dibujar los diferentes pasos del proceso de producción.
- Dibujar los datos del proceso: tiempo de ciclo, de cambio de utillaje, número de operarios, etc.
- Trazar el flujo del material: del proveedor al fabricante, del fabricante al cliente, cómo se mueve entre procesos y que inventarios existen.
- Trazar el flujo de la información entre cliente y empresa, cliente y proveedores y entre las diferentes etapas del proceso de fabricación.
- Dibujar los plazos de entrega de fabricación y tiempo de proceso.

2.7.1.3 Creación VSM Futuro

Una vez dibujado el VSM del proceso real, hay que realizar el del proceso que se quiere conseguir. Para ello hay que analizar los requerimientos del cliente y aquello por lo que está dispuesto a pagar., analizando el flujo de los materiales en el VSM actual, y atendiendo a aquellas actividades que no generan valor.



2.7.2 METODOLOGÍA 5S

Las 5S componen una herramienta referida al mantenimiento integral de la empresa, no solo de maquinaria, equipo a infraestructura, sino que además del entorno de trabajo por parte de todos los trabajadores.

Japonés	Castellano	Concepto	Objetivo Particular
<i>Seiri</i>	Clasificación y descarte	Separar innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil.
<i>Seiton</i>	Organización	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
<i>Seiso</i>	Limpieza	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares.
<i>Seitketsu</i>	Estandarización	Señalizar anomalías	Prevenir la aparición de suciedad y el desorden
<i>Shitsuke</i>	Disciplina y compromiso	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido.

Tabla 5. Etapas de las 5S

Es una técnica muy sencilla y efectiva, y, por lo tanto, fácil de aplicar a cualquier empresa o lugar de trabajo. Ha sido implementada en todo el mundo con excelentes resultados. Su aplicación mejora los niveles de:

- Calidad
- Eliminación de tiempos muertos
- Reducción de costes

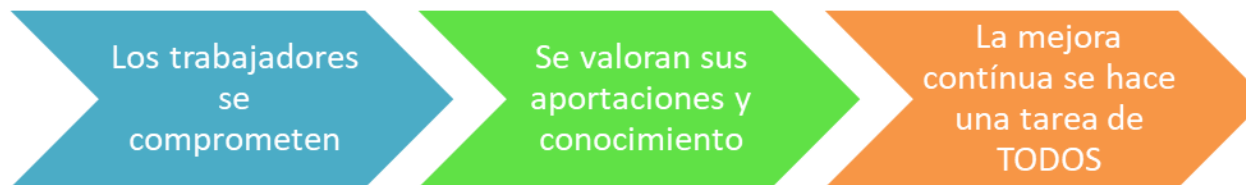
La aplicación de esta técnica requiere el compromiso de todo el personal para que la empresa llegue a ser un modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Para ello, los primeros en asumir este compromiso son los gerentes y los jefes e inculcarlos al resto de trabajadores. La aplicación de estas el ejemplo más claro de resultados a corto plazo.



Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que tras la aplicación de las 5S:

- Reducen en un 50% sus costes de mantenimiento.
- Reducen en un 70% el número de accidentes.
- Se produce un crecimiento del 10% en la fiabilidad del equipo.
- Hay un crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.

Uno de los principales beneficios de la implantación de las 5S es que se basa en el trabajo en equipo, de manera que esta ayuda a que todos los trabajadores se impliquen en las tareas y sea más sencillo implantar la filosofía de la mejora continua.



Principalmente lo que aportan las 5S es una mejora en el lugar de trabajo, que a su vez ayuda a que se produzca un aumento en la productividad. Estos incrementos se traducen en:



Mejora Lugar de Trabajo

- Mas espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante clientes.
- Mayor cooperacion y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.



Aumento Productividad

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de inventario.
- Menos accidentes.
- Menor movimiento y traslados inútiles.
- Menos tiempo para el cambio de herramientas.



2.7.2.1 Seiri (Clasificación y descarte)

La primera etapa de las 5S consiste en separar las cosas necesarias de los que no lo son, manteniendo las necesarias en un lugar adecuado. Las personas encargadas de estas aplicar este primer paso son aquellas que realizan las tareas en sus puestos de trabajo. Para ello se establece el criterio de que un objeto es necesario cuando se usa, sin importar el valor de este.

Para poner en práctica la primera S se pueden hacer las siguientes preguntas:

- ¿Qué hay que tirar?
- ¿Qué debe ser guardado?
- ¿Qué puede ser útil para otra persona o departamento?
- ¿Qué debemos reparar?
- ¿Qué debemos vender?

Los beneficios que trae consigo la aplicación de la primera S son:

- Reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
- Evita la compra de materiales no necesarios.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.
- Mejora de la seguridad laboral: no hay objetos obstaculizando.
- Reducción de movimientos innecesarios durante la actividad laboral.
- Facilita la visualización y búsqueda de elementos.

2.7.2.2 Seiton (Organización)

Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz de tal manera que todos los materiales sean de fácil utilización y acceso, y que no se pierda tiempo ni esfuerzo en acceder ellos. Cada cosa debe de tener un único y exclusivo lugar, en el que debe encontrarse antes y después de su uso.

Todos los trabajadores que utilicen el puesto de trabajo han de conocer las reglas para ordenar las herramientas y materiales. Típicamente, se colocarán aquellos que con más frecuencia se usen en el lugar más cercano al trabajador.

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, y en el momento y lugar adecuado trae consigo una serie de ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo.
- Menor tiempo de búsqueda de los materiales requeridos para realizar las tareas.
- Evita compra de materiales innecesarios.
- Aumenta la productividad de máquinas y personas.
- Permite detectar más rápidamente la ausencia de algún objeto.



2.7.2.3 Seiso (Limpieza)

La tercera S consiste en mantener el lugar de trabajo limpio: limpiar y prevenir la generación de suciedad y residuos. Esta limpieza debe ser parte del trabajo de los empleados, de esta forma se pueden evitar pérdidas de tiempo y accidentes.

Es importante que todos los trabajadores conozcan la importancia de estar en un ambiente limpio, además de que cada uno tenga asignada una zona de su lugar de trabajo que deberá mantener limpia bajo su responsabilidad.

Para mantener un ambiente limpio los trabajadores han de realizar tareas tan simples como limpiar las herramientas al finalizar su uso y antes de guardarlas, mantener todas las mesas, armarios y muebles limpios y en condiciones de uso, y no deben tirar nada al suelo. El objetivo de esto no es impresionar a las visitas, sino crear un ambiente para trabajar a gusto y obtener la mayor calidad posible.

Este ambiente limpio proporciona los siguientes beneficios:

- Mayor productividad de personas, máquinas y materiales, evitando hacer las cosas dos veces.
- Evita pérdidas y daños en materiales y productos.
- Mejora el ambiente de trabajo.
- Mejora la imagen externa que se llevan las visitas.
- Aumenta la seguridad al reducirse la posibilidad de accidentes.
- Mejora la calidad de los productos y facilita su venta.

2.7.2.4 Seiketsu (Estandarización)

Para mantener la tres S anteriores son necesarias unas normas y una estandarización. Para ello es necesaria una técnica que se conoce como “Control visual”. Esta técnica consiste en indicadores visuales que ayudan a mejorar el control de la actividad o proceso. La implantación de este es sencilla y de bajo coste para la empresa, y utiliza medios como:

- Carteles: para la clasificación de elementos, instrucciones de máquinas, explicación de instrucciones y procedimientos de trabajo, avisos de peligro, avisos de mantenimiento preventivo, etc.
- Paneles 5S: transmiten información sobre las 5S en el área, de modo que cualquier medida adoptada sea visible para todos los trabajadores.



Figura 8. Ejemplo panel 5S

- Alarmas en máquinas: sistema de alarmas que ayude a detectar anomalías en su funcionamiento.

Estas “señales” deben de cumplir con ciertas cualidades:

- Visibles a cierta distancia.
- Colocación en sitios adecuados.
- Claras, objetivas y de rápido entendimiento.
- Deben contribuir a la creación de un lugar de trabajo motivador y confortable.

2.7.2.5 Shitsuke (Compromiso y disciplina)

Finalmente, la última S consiste en conseguir que todos y cada uno de los empleados afiance los nuevos hábitos de trabajo y actúen con disciplina para no volver a la situación anterior a la implantación de las 5S. Si esta etapa no se aplica con el rigor necesario, las 5S pierden su eficacia.

La quinta S es el mejor ejemplo de compromiso con la *Mejora Continua*. Todos los empleados han de asumirla para que todos salgan beneficiados. Mediante el entrenamiento y la formación de los empleados y la puesta en práctica de estos conceptos es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.



Figura 9. 5S

2.7.3 MATRIZ DE HABILIDADES

La Matriz de Habilidades es un documento en el que se recogen las habilidades técnicas de cada trabajador, de esta manera el encargado es capaz de asignar las tareas a cada uno de los operarios según sus habilidades para distribuir las diferentes tareas de la forma más eficiente posible.

Además, esta herramienta permite desarrollar las habilidades del equipo, examina fortalezas y debilidades de los empleados, identificando la situación actual, ayudando a planificar las necesidades de formación, ayuda a distribuir los recursos de la manera más eficiente, y aumenta la flexibilidad de los empleados.

Al haber muchas referencias en la fábrica, que implican diferentes recursos y número de operarios, esta herramienta resulta muy útil. Esta ayuda a asignar a los operarios el puesto que mejor corresponda según las necesidades de fabricación que se tengan en cada momento, y de la manera óptima. También en el caso de la falta de algún operario que habitualmente realice una tarea concreta y que falte a su puesto de trabajo se puede asignar a otro con habilidades que permitan realizar esta tarea y que no conlleve un retraso muy grande del *Lead Time*.



2.7.4 TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)

Total Productive Maintenance, o en español *Mantenimiento Productivo Total*, es un sistema de la gestión del mantenimiento a lo largo de toda la compañía, que se basa en el trabajo en equipo, creando una cultura en la todos los trabajadores forman parte en la calidad de los productos, la efectividad de los equipos (OEE) y la eficiencia del proceso.

Con el TPM se persigue conseguir:

- Cero averías en los equipos.
- Utilización eficiente de los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de las máquinas.
- Control de la precisión de equipos y herramientas para evitar defectos en la pieza y mejorar la calidad.

El TPM se basa en los siguientes pilares:

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Mantenimiento de calidad.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y medio ambiente

2.7.4.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

El OEE es un indicador que se usa para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Con este se miden los principales parámetros en la producción industrial: disponibilidad, productividad y calidad.

En los equipos se pueden considerar seis grandes pérdidas de efectividad en las máquinas:

- Averías: producen pérdidas de tiempo inesperadas,
- Ajustes y puestas a punto: también producen pérdidas de tiempo.
- Esperas y paradas.
- Velocidad reducida de funcionamiento: produce pérdidas productivas al no alcanzarse la velocidad de diseño del producto.
- Defectos de calidad en el proceso: produce pérdidas productivas al tener que rehacer partes del mismo, reprocesar productos defectuosos o completar actividades inacabadas.
- Defectos de puesta en marcha.



Todas estas están contempladas por el OEE. Este se calcula como:

$$OEE(\%) = Disponibilidad * Productividad * Calidad$$

La disponibilidad hace referencia al tiempo que la máquina está funcionando, considerando los tiempos de parada tanto planificados, como no planificados. Esta tiene en cuenta las averías, los ajustes y las puestas a punto, que son unos de los principales motivos por los cuales los equipos pierden eficiencia. Esta se mide como:

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento} - \text{Tiempos muertos}}{\text{Tiempo producción de funcionamiento}}$$

La productividad mide el funcionamiento real de la máquina frente al original diseñado. Se mide como:

$$Productividad = \frac{\text{Número real de piezas fabricadas}}{\text{Número ide piezas ideal}}$$

La productividad considera las esperas y pequeñas paradas de la máquina, así como cuando estas trabajan a velocidad reducida, motivos de la perdida de eficiencia por parte de las maquinas.

Finalmente, la calidad es el porcentaje de piezas buenas fabricadas con respecto al número total. Considera los defectos en el proceso y los defectos en la puesta en marcha de las maquinas, las dos últimas de las grandes pérdidas.

$$Calidad = \frac{\text{Número de piezas conformes}}{\text{Número de piezas fabricadas}}$$

2.7.5 TAKT TIME

Takt Time es un término alemán que significa pulso, derivado de los tiempos de la segunda guerra mundial, en que alemanes y japoneses actuaban conjuntamente y los primeros enseñaron a Japón a construir aviones con un ritmo asegurado, siendo el ritmo a lo que hace referencia el término, que significa *golpe de tambor*. Esta herramienta se basa en adecuar el ritmo de fabricación del producto con la demanda del cliente.

Se considera el *Takt Time* como la frecuencia a la que se debería producir un producto o el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto basándose en la tasa de ventas para satisfacer al cliente. El objetivo de esta herramienta es el



dimensionamiento de los recursos y la adecuación el flujo de la fábrica a la demanda real del cliente.

Por lo tanto, en un entorno *Lean*, se ajustará la producción al *Takt Time* marcado por el cliente.

2.7.5.1 Cálculo del *Takt Time*

Con la definición, el *Takt Time* se calcula como:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de trabajo disponible por día}}{\text{Demanda del cliente por día}}$$

Teniendo como resultado el tiempo que debe emplearse para cada unidad de producto. Para que este tiempo llegue a ser el ciclo real de trabajo (el tiempo desde que se obtiene una unidad del producto acabado hasta que se obtiene la siguiente) cada uno de los puestos tiene que entregar al posterior una unidad de producto a este mismo ritmo, y el ultimo una unidad acabada a este. Para ello todos los puestos de trabajo tienen que operar al mismo ritmo, el ritmo del *Takt Time*, lo que lleva al concepto de equilibrado del proceso.

2.7.6 EQUILIBRADO DE LÍNEA

Es una herramienta que ayuda en el diseño del trabajo eficaz y remarca las oportunidades de mejora. Para ello, se ha de hacer el contenido del trabajo visible, usando colores para diferenciar VA, NVA y desperdicio.

2.7.7 KANBAN

Kanban hace referencia al sistema desarrollado por Toyota que se basa en el uso de tarjetas (*Kanban* significa tarjeta en japonés) como sistema de información para controlar la fabricación de los productos necesarios, en la cantidad y tiempo necesarios entre cada uno de los procesos que tienen lugar dentro de la fábrica como entre distintas empresas. Su implementación más sencilla consiste en tarjetas que se pegan en los contenedores y se despegan una vez estos son utilizados, para asegurar la reposición de dichos materiales. Este sistema funciona de a siguiente manera:



- Cada contenedor de los productos terminados o subproductos tiene una tarjeta asociada.
- Cuando el contenedor está vacío, este se retira o almacena y la tarjeta se coloca en un casillero del fabricante o del proveedor.
- La sola presencia de la tarjeta indica que se ha de producir hasta completar el contenedor.
- Una vez lleno el contenedor se coloca la tarjeta correspondiente a él y se envía al punto de destino.

2.7.7.1 Reglas generales

Para que se cumpla el sistema *Kanban* se tiene que seguir ciertas normas y procedimientos:

1. Debe haber una tarjeta por contenedor.
2. La fábrica es la cual solicita del proveedor la mercancía.
3. Los contenedores vacíos no deben de salir del almacén sin una tarjeta solicitada.
4. Los contenedores específicos deben tener todos sus huecos siempre ocupados.
5. Las piezas enviadas por el proveedor tienen que estar siempre en buenas condiciones tras el control de calidad.
6. La producción no ha de exceder la cantidad total de tarjetas emitidas.

También existen implementaciones más complejas que sustituyen las tarjetas por otros métodos de visualización de flujo. En capítulos posteriores se explicará cómo funciona el sistema *Kanban* en nuestra fábrica.

2.7.8 NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los sistemas de producción fabricaban lotes de gran tamaño, esto traía ciertos inconvenientes como la necesidad de mayor espacio para almacenar los productos, con su consecuente riesgo de obsolescencia, la falta de equilibrio a la hora de usar los recursos, o la falta de capacidad de reacción ante cambios en la demanda.

La nivelación de la producción, la cual en la que se basa el sistema *Lean*, consiste en la fabricación de lotes reducidos de manera que la producción se adapte a la demanda. De esta forma, si hay un cambio en la demanda, el impacto que este cambio tendrá será mitigado.



Esta producción no es sencilla de implementar, ya que se necesita de una previsión de la demanda, no obstante, con la disponibilidad de medios ágiles de información y logística se puede llegar a conocer.

La nivelación de la producción requiere también de una serie de herramientas Lean que permitan obtener un sistema de flujo constante:

- Utilización de células de trabajo.
- Flujo continuo pieza por pieza.
- Producción ajustada al *takt time*.
- Técnicas de cambio rápido de útiles (SMED).

2.7.9 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

SMED o Reducción del Tiempo de Cambio, es un método que analiza y reduce el tiempo de cambio en máquinas en entornos productivos y aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, para así reducir el riesgo de defectos y averías.

La realización del SMED sigue siete pasos:

1. Preparación Previa
2. Analizar la actividad sobre la que se va a centrar el taller SMED.
3. Separar lo interno de lo externo.
4. Organizar actividades externas.
5. Convertir lo interno en externo.
6. Reducir los tiempos de actividades internas.
7. Realizar el seguimiento.

Con esta herramienta se aumenta la flexibilidad del proceso, y permite reducir los tamaños de los lotes de forma que la producción se pueda adaptar a la demanda. Se aumenta la productividad y reduce el stock en proceso.



Capítulo 3 FUNCIONAMIENTO DE LA FÁBRICA

Antes de todo, es importante conocer el funcionamiento de la fábrica y el flujo de los materiales a través de esta. Para monitorizar y gestionar todos los procesos se utiliza un ERP al que tienen acceso todos los departamentos y donde se comparten las diferentes informaciones de estos.

3.1 ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

El proceso comienza cuando se crean las órdenes de producción (OPs). Cuando se recibe un pedido de un cliente y se graba en el sistema, este automáticamente crea una OP del artículo y la cantidad requerida por el cliente. En el sistema las OPs pueden tener diferentes estados:

- Programado: se ha recibido el pedido del cliente y la orden se genera en el sistema.
- Liberado: el encargado de producción “libera” la orden para que la información le llegue al operario de la fábrica y pueda comenzar su tarea.
- Iniciado: el operario tras recibir la OP comienza la producción y lo indica en el sistema.
- Notificado como terminado: el operario ha finalizado la tarea y vuelve a indicarlo en el sistema.
- Terminado: el proceso queda totalmente cerrado y ya no se puede realizar ningún cambio (costes, tiempo, etc.)

Existen diferentes etapas en el proceso de fabricación, y a cada una de ellas le corresponde una orden de producción, de tal manera que una vez que se notifica como terminada la primera OP, automáticamente se libera la (o las) inmediatamente posterior y le llega la notificación al operario correspondiente. Así sucesivamente hasta que se notifica como terminada la última OP. Pese que para la fabricación de un mismo artículo cada fase del proceso tenga un número de OP diferente, todas las del mismo tienen asociada un número de OP de referencia, que coincide con el de la OP del proceso final (generalmente el recurso de montaje). Es decir, cuando se graba un pedido del cliente se generan todas las OP que corresponden a la fabricación del artículo requerido, y en las cantidades requeridas, y se van liberando según avanza el proceso.



3.2 LISTA DE MATERIALES

Para todos los artículos que se venden en la empresa existe una lista en la que están reflejadas todos los componentes de los que están formados y que recursos utilizan. Esta se conoce como lista de materiales.

De todas las piezas utilizadas en el proceso de fabricación, se hace distinción entre *Artículo* y *L.MAT*. *Artículo* son aquellas piezas compradas a los proveedores, mientras que *L.MAT* son aquellas que han sufrido alguna modificación en el proceso de fabricación. En la lista de materiales de cada producto se indica si sus componentes son artículos comprados o productos fabricados en la fábrica.

Visión general														
General														
Configurar														
Dimensión														
Código de artículo	Almacén	Consumo del recurso	Cantidad	Por serie	Unidad	Grupo de configuración	SP	T.	Tipo de línea	Nombre del artículo	Proveedor	Plazo de entrega	Precio de compra	Unidades
69-1717.A	00	☐	1,0000	1	St				Artículo	Steuerplatine (24V	0711512	30	45,50	0,00
79-0121.A	00	☐	5,0000	1	St				Artículo	Sechskantmutter M3	0770102	15	0,00	0,00
79-0161.A	00	☐	7,0000	1	St				Artículo	Federring A3		30	0,00	0,00
79-0179.A	00	☐	2,0000	1	St				Artículo	Flachkopfschraube M3x12St		30	0,00	0,00
69-1226.A	00	☐	1,0000	1	St				Producción	Gerätestecker, 4-polig		0	6,21	0,00
79-0077.A	00	☐	4,0000	1	St				Artículo	Sechskantschraube M4x10	0770102	15	0,01	0,00
79-0188.A	00	☐	4,0000	1	St				Artículo	Flachkopfschraube M4x12	0770102	15	0,01	0,00
69-1232.A	00	☐	1,0000	1	St				Producción	Kabel	1000154	15	1,95	0,00
69-1236.A	00	☐	2,0000	1	St				Producción	Temperaturfühler 100 Grd		0	2,29	0,00
69-1235.A	00	☐	2,0000	1	St				Producción	Temperaturfühler 60 Grd		0	2,33	0,00
79-0182.A	00	☐	5,0000	1	St				Artículo	Flachkopfschraube M3x20	0770102	15	0,01	0,00
69-1132.A	00	☐	5,0000	1	St				Artículo	Klemmleiste 2-polig	0840022	30	0,91	0,00
79-0495.Z	00	☐	12,0000	1	St				Artículo	Sechskantmutter M4-A2	0770102	15	0,00	0,00
79-0494.Z	00	☐	12,0000	1	St				Artículo	Scheibe 4,3-A2	0770102	15	0,00	0,00
79-0493.Z	00	☐	12,0000	1	St				Artículo	Fächerscheibe A4,3 A2	0770102	15	0,00	0,00
79-0492.Z	00	☐	12,0000	1	St				Artículo	Zahnscheibe A14,5-A2	0770102	15	0,06	0,00
79-0434.A	00	☐	8,0000	1	St				Artículo	Sicherungsring	0910482	30	0,17	0,00
79-0017.A	00	☐	8,0000	1	St				Artículo	Sechskantmutter MM6	0660542	30	0,10	0,00
79-0306.A	00	☐	8,0000	1	St				Artículo	Sechskantschraube M6x35	0621302	30	0,01	0,00

Figura 10. Ejemplo lista de materiales.

3.3 RECURSOS UTILIZADOS EN LAS ORDENES DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción está formado en la mayoría de los casos por los siguientes recursos:

- *Vorfertig*: Etapa de mecanizado, compuesta por los procesos realizados en la punzonadora, cizalla y en la plegadora, según requiera el artículo final.



Figura 11. Imagen Cizalla



Figura 12. Imagen plegadora.



Figura 13. Imagen CNC

- *Schweissen*: Etapa de soldadura de las diferentes partes del artículo provenientes de *Vorfertig*
- *Outsourcing*: Externalización de la etapa de pintura, en la que las diferentes partes de un mismo artículo final han de enviarse juntas a la empresa encargada de ello.
- *Montage*: Etapa en la que se realiza el montaje final de los artículos. En esta etapa también se diferencia el recurso *Elektrikal*, el cual corresponde con el montaje de componentes eléctricos, y se hace una diferenciación de los recursos en el sistema.



Figura 14. Zona montaje.



Figura 15. Zona montaje eléctrico.

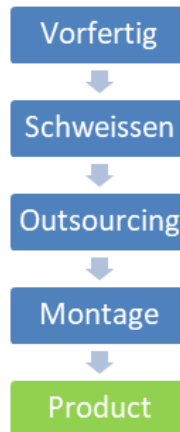


Figura 16. Esquema del proceso de fabricación.

Estos procesos mencionados se realizan según los pedidos del cliente, es decir, en las ordenes de fabricación la cantidad de artículos a fabricar está marcada por la cantidad que ha requerido el cliente, y no se fabricará en ninguna de las etapas mayor número de componentes de los estrictamente requeridos.

Sin embargo, existen dos recursos que se realizan de forma paralela, ya que estas piezas son tratadas como artículos dentro de la lista de materiales. Por ello, el proceso de producción no está atado al proceso de producción del artículo final, y estos se producen según una estimación de las necesidades. Estos recursos son:

- Prensa



Figura 17. Prensa

- Radiadores

Para estos recursos también se generarán órdenes de producción, pero no según el pedido del cliente. El resultado de estas se empleará para pedidos de clientes, o bien, en el caso de los radiadores, muchos se venden a la filial polaca para el montaje de tres de las referencias de calefacciones.

- Outsourcing: recurso en el que salen los materiales de la planta para que una empresa externa realice alguna modificación en ellas. El más usado es pintura, en el que la mayoría de las piezas salen para ser pintadas en diferentes colores.



3.4 LAYOUT DE LA FÁBRICA

La zona de producción se encuentra dividida según los diferentes recursos y abarca dos plantas del edificio. En la planta baja se encuentran los recursos de *Mecanizado*, *Soldadura* y *Prensa*, así como parte del almacén. En la primera planta se encuentra la zona de Montaje y algunas de las estanterías del almacén. La zona de *Radiadores* se encuentra en un edificio a parte pero cercano al principal. En los anexos se muestran los planos de la fábrica y la localización de los diferentes recursos en esta.

3.5 FLUJO DE LOS MATERIALES A TRAVÉS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

En cada puesto de los diferentes recursos, los empleados cuentan con *tablets* en los cuales les aparecen las OPs en diferentes carpetas, según el estado de estas y las órdenes (cada orden genera un PDF con la información de esta, que es la cual se encuentra en las carpetas). Generalmente existen las siguientes carpetas:

- Liberada: El encargado de la producción ha indicado que se puede proceder a comenzar la orden de producción, y al operario le aparece en esta carpeta de su recurso.
- Iniciada: Cuando el operario comienza la orden y escanea la OP esta automáticamente a esta carpeta, indicando que se está llevando a cabo la orden. Una vez que se vuelve a escanear para indicar que se ha terminado la orden, esta se borra de la carpeta y en el sistema aparece en estado *Notificado como terminado*.

Junto con la *tablet* también tienen un lector de código de barras. Cada uno de los PDFs de las órdenes de producción tiene un código de barras que el operario se encarga de escanearla cada vez que comienza y finaliza dicha orden.

Como ya se ha mencionado previamente, el número de materiales de una orden de producción tiene que ser igual al pedido por el cliente, y todos los materiales fabricados para cada una deberán desplazarse juntos durante todo el proceso a través de la fábrica.

El material deberá ir acompañado de una etiqueta de identificación principal. Esta etiqueta permite conocer en qué fase de la producción se encuentra cada OP de una forma rápida y sencilla.



N.º Orden de producción	Fecha de inicio:	
Referencia:	Fecha finalización:	
Cantidad	Picking Montaje ☐	N.º OP del recurso
	Outsourcing ☐	
N.º de bultos	Soldadura ☐	
	Picking prensa ☐	
	Mecanizado ☐	

Figura 18. Etiqueta identificadora principal.

Como se puede observar en la Figura 18, una vez comenzado el primer recurso hay que rellenar el número de la orden de producción (la correspondiente a la orden final de montaje), el número de referencia del artículo, la cantidad a fabricar, el número de bultos (cantidad de contenedores en los que se almacenan) y la fecha de inicio. También, en cada recurso ha de rellenarse el número de la OP de cada uno. Una vez finalizado cada recurso, hay que marcar con una X el recuadro correspondiente para que el encargado del *picking* sepa que material debe mover, también teniendo que marcar una vez hecho el *picking*. Esta etiqueta se ha de colocar a la vista en el contenedor en el que van a desplazarse las piezas a lo largo de todo el proceso productivo.

3.5.1 RECURSO MECANIZADO

El proceso de la fabricación empieza cuando el operario de mecanizado comienza una orden de producción mediante la lectura del código de barras que aparece en la OP del recurso correspondiente en el iPad. Una vez iniciada la orden, el operario tiene que:

- Utilizar una etiqueta de identificación general donde marcara la fecha de inicio, número de la OP de su recurso y la referencia indicada en la. Esta etiqueta se colocará en el contenedor en el cual



van a desplazarse todas las piezas juntas durante todo su proceso productivo.

- Identificar cada grupo de piezas iguales mediante una etiqueta tipo individual de plástico donde deberá registrar los datos solicitados.

Figura 19. Etiqueta identificadora individual (por grupo de piezas iguales)

Cuando finaliza la producción del recurso de mecanizado el operario tiene que:

- Notificar como terminada la OP mediante la lectura del código de barras que aparece en la OP del recurso correspondiente del iPad.
- Marcar una “X” en la casilla correspondiente al recurso de Mecanizado e indicar la cantidad de recipientes donde se van a desplazar las piezas.
- Colocar las jaulas con el material en el almacén intermedio.

Una vez realizado esto, automáticamente el documento correspondiente a la OP del siguiente recurso a realizar aparecerá en las subcarpetas pertenecientes a las carpetas de Almacén y Producción en estado liberado.

En caso de que el material no necesite pasar por el recurso siguiente, que correspondería a soldadura, habría que marcar las casillas de la carpeta identificadora principal hasta el recurso que sea necesario realizar.



3.5.2 PICKING PRENSA

El encargado de esta tarea debe:

- Añadir el material requerido por la OP del recurso soldadura al ya existente en la jaula de la OP correspondiente. Esta jaula podrá identificarse gracias a la referencia (sin extensión) indicada en la etiqueta de identificación principal.
- Marcar una “X” en la casilla *Picking prensa*, indicando que la OP está lista para continuar con su proceso de fabricación.

3.5.3 RECURSO SOLDADURA

El operario de soldadura ha de:

- Verificar si la casilla Picking prensa se encuentra marcada.
- Iniciar la OP correspondiente mediante la lectura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad.
- Escribir el N.º de la OP correspondiente a su recurso en la etiqueta identificativa principal.

Y cuando se finaliza el trabajo de soldadura:

- Marcar una “X” en la casilla *Soldadura* de la etiqueta identificadora principal.
- Notificar como terminada la OP en el programa mediante la lectura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad.
- Llevar la jaula con todas las piezas resultantes al siguiente recurso:
Montaje Z19 ó Outsourcing Almacén Zona 1

3.5.4 OUTSOURCING

Generalmente, las piezas que salen de soldadura necesitan ser pintadas. Para ello se contrata a una empresa externa a la cual hay que mandarle las piezas. Por ello, una vez finalizado este recurso, el operario correspondiente deberá preparar la documentación correspondiente de la siguiente manera:



- Realizar una fotografía del conjunto de las piezas y guardarla en la carpeta Referencias.ser.out del servidor, con el nombre del código del artículo.ser.out seguido del número de piezas que lo conforman.
- Colgar la fotografía, en el Administrador de documentos de la referencia del artículo que se encuentra en: Gestión de documentos/Formularios comunes/ Detalles de Artículos.
- Cambiar el nombre del código de artículo en Gestión de inventario/Formularios comunes/Detalles de artículo/Pestaña general_Nombre del artículo.

Esta información permite conocer el número de piezas diferentes que componen cada referencia.ser, así como el aspecto exterior de cada una de ellas.

Una vez actualizada esta información, el operario del almacén tiene que:

- Iniciar la OP mediante la captura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad en el momento que la mercancía ha sido cargada en el transporte.
- La mercancía enviada deberá ir acompañada con dos copias del pedido de compra. Una copia se entrega al proveedor que va a realizar el servicio y la otra sellada, deberá ser devuelta al almacén como justificante de la entrega de la mercancía por parte del transportista.
- El PC sellado junto con la etiqueta identificativa principal deberán permanecer archivadas hasta el retorno de la mercancía por parte del proveedor.

Cuando la mercancía vuelve del proveedor, el operario de almacén tiene que:

- Verificar que la mercancía coincide en cantidad y referencia con lo solicitado en el PC que previamente habíamos archivado junto con la etiqueta identificativa principal.
- Notificar como terminado la OP correspondiente mediante la lectura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad.
- En la etiqueta identificativa principal marcar una “X” en la casilla correspondiente al recurso Outsourcing y colocarla en la Jaula de producción.

Una vez notificada como terminada la OP del recurso Outsourcing, el operario de almacén deberá:

- Preparar el Picking de montaje adjuntando este material al entregado por el proveedor del servicio. Los materiales del Picking de montaje correspondientes a la OP se encontrarán en la siguiente carpeta en el iPad.
- Llevar el material a la zona de Montaje Z19.

3.5.5 RECURSO MONTAJE

El operario de montaje según orden de prioridad tiene que:

- Iniciar la OP mediante la captura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad.
- Localizar las jaulas procedentes de almacén que contienen los materiales necesarios para hacer el montaje del equipo en la Zona de montaje Z19 y colocarlos en las estanterías correspondientes a la zona de los bancos de montaje e iniciar el proceso.
- Finalizado el montaje, los operarios de montaje se encargarán de realizar el embalaje.
- Notificar como terminada la OP mediante la captura del código de barras que aparece en la carpeta del recurso correspondiente en el iPad.
- Bajar los equipos ya embalados a la zona de almacén.

3.6 MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)



Figura 20. Visión general del proceso de aprovisionamiento.



El MRP, *Material Requirements Planning*, es el proceso integrado en las herramientas de gestión, como Dynamics AX, que tomando todos los datos del sistema es capaz de proponer lo que hay que comprar y fabricar, el cuándo y el cuánto.

- El MRP consiste en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) considerando el plazo de fabricación o plazo de entrega en la compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar, ó aprovisionar, los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente del negocio.
- Gracias a los ordenadores actuales es posible ejecutar en un tiempo razonable los complejos cálculos que realiza el MRP.
- Todos los MRP son iguales, independientemente del software que lo contenga, y no son parametrizables ni modificables.

Para que el MRP funcione correctamente necesita la siguiente información:

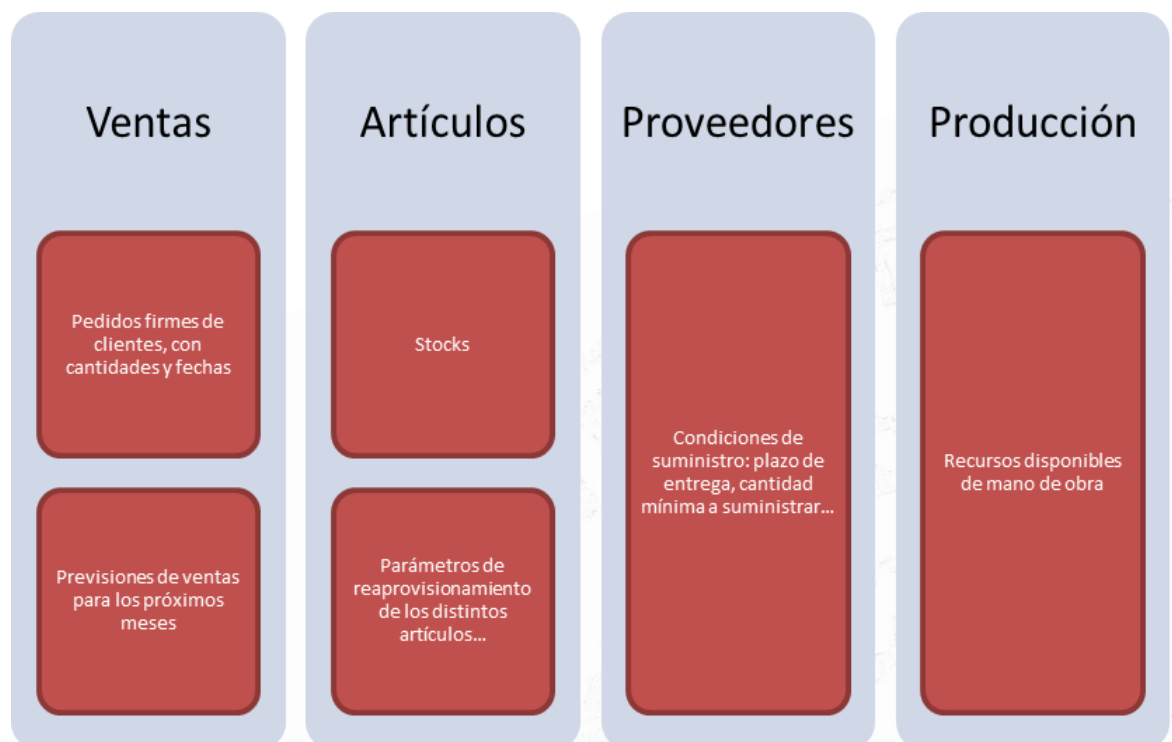


Figura 21. Esquema de la información requerida por el MRP

Dentro de las ventas, se encuentran los pedidos en firme de los clientes y las previsiones de ventas. Estas últimas tratan de acertar sobre las ventas que se van a



producir en el futuro. Están basadas en datos históricos y en la información que dispone la empresa sobre posibilidades futuras.

Tiene sentido hacer una previsión de ventas de aquellos productos que son importantes para la empresa su venta, bien por el importe que suponen del total de ventas o bien por que afecten a muchos clientes. Se tienen datos suficientes que nos permitan estimar las ventas futuras basadas en las ventas pasadas.

La importancia de un producto, a efectos de hacer una planificación de ventas, se establece mediante la clasificación de todos los artículos en un ABC (tanto para artículos de venta como para componentes de listas de materiales). El cálculo que clasifica y asigna un nivel a cada artículo se ejecuta periódicamente (mensualmente), por el sistema. Los criterios de clasificación de cada artículo los define la empresa. Para la realización del cálculo se excluyen las ventas de los clientes y/o artículos que no se quieren considerar (por su excepcionalidad).

Existen dos criterios ABC:

Clasificación para productos que tienen ventas, en función de:

- Número de unidades vendidas
- Número de albaranes que se ha suministrado.
- Número de clientes que compran ese artículo



Ventas		Opción 1	Opción 2
A	Nº pedidos	>10	>12
	Nº clientes	>6	>0
	ventas 6M	>0	>24
B	Nº pedidos	>3	>5
	Nº clientes	>1	>0
	Ventas 6M	>0	>10
C	Ventas 12M	>10	Antigüedad < 1 año
D	Ventas 6M	0	
	Ventas 12M	>0	
E	Ventas 12M	0	
	Ventas 24M	>0	
F	Ventas 24M	0	

Tabla 6. Clasificación ABC para productos de ventas.

Clasificación ABC para productos que se utilizan en producción, en función de:

- El nº de unidades consumidas
- El nº de órdenes de producción en que se ha consumido



Producción		Opción 1	Opción 2
A	Nº ordenes	>60	
	Consumos 12 M	>300	
B	Nº ordenes	>60	>5
	Consumos 12 M	>0	>200
C	Nº ordenes	>5	Antigüedad < 1 año
	Consumos 12 M	>0	
E	Consumos 24 M	>0	
F	Consumos 24 M	0	

Tabla 7. Clasificación ABC para productos de producción.

Una vez realizada la clasificación, se exportan a la aplicación que aplica distintos modelos matemáticos, basados en las ventas históricas y propone unas ventas futuras. Con toda esta información, el MRP ya es capaz de generar una planificación de todas las necesidades de compra y a producir. Estas necesidades se realizan en dos procesos: el mensual y la planificación diaria.

3.6.1 PROCESO MENSUAL

El proceso mensual se procesa a principio de cada mes, una vez realizada la facturación, por el departamento de sistemas para toda la empresa. Está compuesto por el plan de previsiones CDP, el plan mensual en firme y el PP3.

- Plan de previsiones CDP: Cuando modificamos una previsión para un artículo tenemos que generar el plan CDP. Con este plan no hacemos nada, solo se utiliza para incorporar los datos de previsiones a los planes maestros.
- Plan Mensual en Firme y PP3: Mezcla los datos de la previsión con los requisitos reales, stock disponible, pedidos de clientes, pedidos a proveedor, diarios de consumo de producción. Genera los pedidos planificados de artículos de distribución y componentes de L.Mat. que tenemos que revisar, poner en firme y enviar. Tiene una cobertura a 1 mes y a 3 meses.

3.6.2 PLAN DIARIO

Calcula únicamente los requisitos (Stock, Pedidos de cliente, proveedor y diarios de prod.) en firme, sin previsiones.

Genera los pedidos a proveedores urgentes y las OPs de los fabricados con pedido de venta que corresponden a necesidades reales para las que no tenemos disponible y que por tanto hay que revisar, poner en firme y enviar.

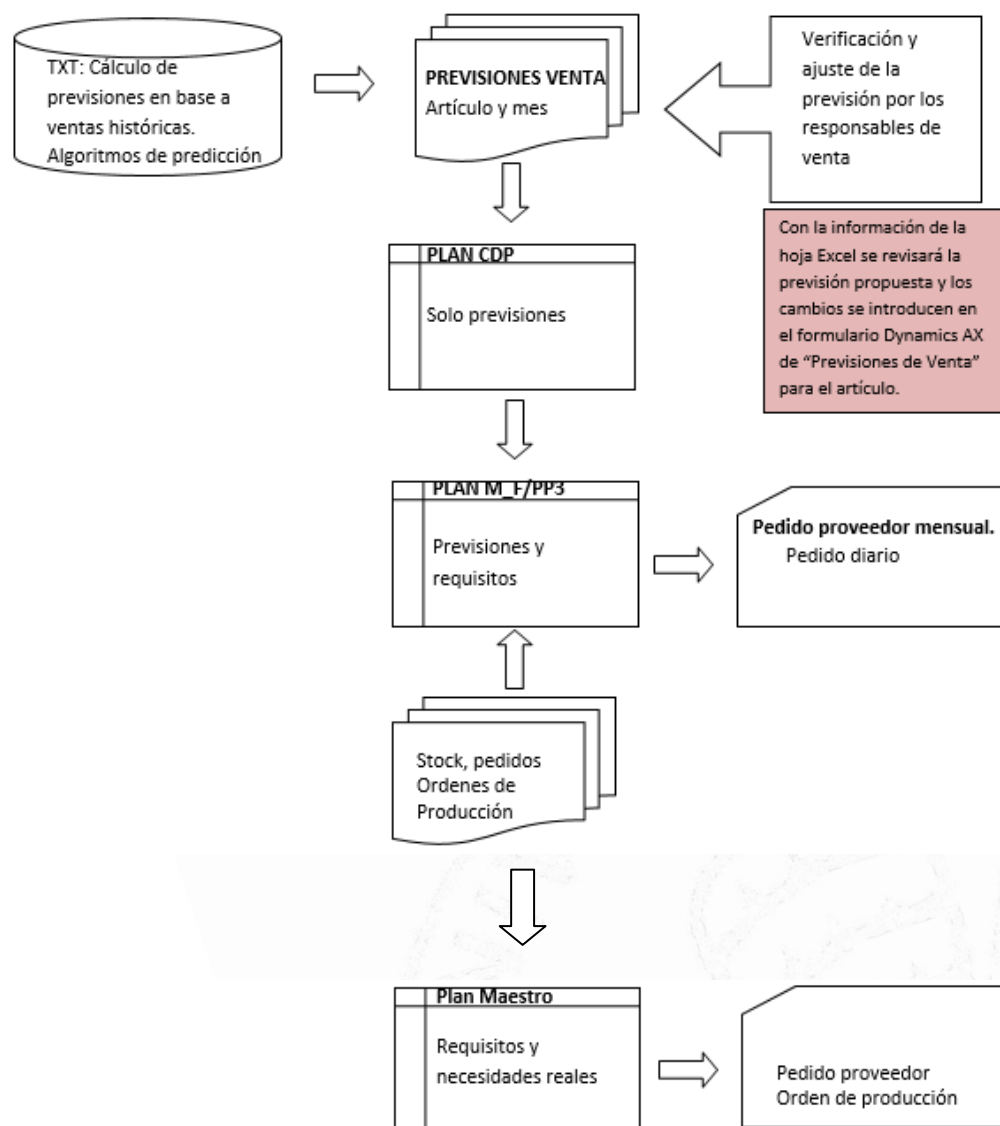


Figura 22. Esquema proceso de aprovisionamiento



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Funcionamiento de la fábrica



Capítulo 4 APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS *LEAN*

4.1 *SITUACIÓN ACTUAL*

Actualmente la empresa tiene que enfrentarse a una serie de problemas en la gestión para mejorar su proceso productivo y el tiempo de entrega al cliente, y conseguir así ser más competitivos en su mercado. Razón por la que es necesaria la aplicación de la *Filosofía Lean* y de sus herramientas.

4.1.1 ANÁLISIS DAFO

Antes de tomar ninguna decisión es necesario realizar el análisis de la empresa, cuáles son sus carencias y ventajas, para poder afrontar de mejor manera el problema.

Uno de los métodos más sencillos para esto es el análisis DAFO, este analiza los aspectos positivos y negativos de una empresa desde un punto de vista interno y externo. Del punto de vista externo, señala las amenazas y oportunidades que se dan en la industria en la que trabaja la empresa, debiendo aprovecharlas o superarlas. Del punto de vista interno, se analizan las fortalezas y debilidades en el entorno interno de la empresa.

Las fortalezas son aquellas técnicas que presenten una ventaja competitiva sobre el resto de los competidores. Por contrario, las debilidades las que presentan una barrera para conseguir la buena marcha de la organización. Con respecto al análisis externo, las oportunidades son factores positivos que se generan en el entorno y los cuales pueden ser aprovechados, y las amenazas son situaciones negativas del entorno que pueden atentar contra el fin de la empresa. Estos puntos se representan en una matriz, que queda de esta manera:



INTERNOS	EXTERNOS	
DEBILIDADES • Cambio cultural. • Mala gestión de la producción.	AMENAZAS • Sindicatos. • Los competidores ya utilizan <i>Lean</i> en sus procesos.	NEGATIVOS
FORTALEZAS • Variedad de productos. • Experiencia de los empleados. • Buena calidad de los productos. • Empresa con años experiencia.	OPORTUNIDADES • Reducción de costes. • Entrega a tiempo.	POSITIVOS

Tabla 8. Matriz DAFO.

La empresa tiene más de 100 años de experiencia, lo que le ha permitido contar con clientes fieles y con empleados con experiencia que conocen bien el sector. Existe una gran variedad de productos, pero gracias a la experiencia de los empleados que llevan años trabajando en la fábrica las calidades son buenas.

No obstante, el sistema de producción es deficiente y se ha quedado obsoleto. En los inicios de la empresa el sistema de producción funcionaba bien, sin embargo, con el diferente avance de las tecnologías, el cambio de los mercados y la adaptación de otras empresas a la *filosofía lean* han hecho que este se quede anticuado y no haya sabido responder adecuadamente a estos. Esto junto a la mentalidad de los empleados, muchos de ellos trabajando la mayor parte de su vida laboral en la empresa son reacios a los cambios en el sistema de producción y la empresa en general, no asumiendo el principio de la mejora constante, factor clave para conseguir la implantación de esta filosofía.



4.1.2 SOBREPRODUCCIÓN

Como ya se ha explicado en 2.6 Las 7 Mudras o desperdicios producir mayor cantidad de productos que el cliente necesita supone uno de los 7+1 desperdicios que considera la filosofía *Lean*.

Tradicionalmente los operarios en el recurso Mecanizado cada vez que les llegaba una orden a producir fabricaban tantas piezas como la chapa les permitía, es decir, si una lámina de chapa admitía fabricar diez productos en vez de los ocho de la orden de producción para no desaprovechar material fabricaban los diez, almacenando el material sobrante para el caso de que hubiera una futura producción de las mismas piezas.



Figura 23. Contenedor con material de sobreproducción.

Aunque esto pueda parecer una práctica razonable (se aprovecha la mayor cantidad de chapa y se ahorra la producción de las piezas en un futuro) esto genera una gran cantidad de inventario, ocupando un espacio en el almacén necesario para otras piezas o productos, que a su vez implica un coste extra. También las piezas son olvidadas en muchas ocasiones, apareciendo óxido en ellas y otros defectos que las hacen perder calidad y, como consecuencia, no poder ser usadas para el montaje. Como añadido, como estas piezas no están reflejadas en ninguna orden de producción, en el sistema ERP no se rebaja la cantidad real de material: según el software se consume menos materia, quedando en este una cantidad mayor que la que realmente hay en la fábrica, lo que puede llevar a muchos problemas de inventario y falta de material cuando se necesite. Esto último puede resultar en no poder comenzar alguna producción debido a que la compra de dicho material no se ha realizado a tiempo por no estar correctamente registrado en el sistema, llegando tarde el material al cliente.



4.2 CAMBIO DE LAYOUT

El cambio de mayor importancia que se ha realizado es la reestructuración de la distribución de la fábrica. En sus orígenes, la empresa contaba con mayor número de empleados, ya que la capacidad de producción y pedidos recibidos era mayor. El espacio ocupado por los diferentes recursos era demasiado grande y no hacía falta tanta mano de obra, por lo que se decidió cambiar el *Lay Out* tanto de la fábrica como de las oficinas.

El principal objetivo del cambio en la fábrica fue reducir los desplazamientos (uno de las 7+1 mudas) entre los diferentes recursos, debido a la extensión del edificio los operarios perdían mucho tiempo en esto.

En lo correspondiente a las oficinas, se cambiaron los despachos individuales por una oficina grande y abierta, de manera que el flujo de información sea mejor entre los diferentes departamentos y trabajadores. De esta forma también se disminuyen los desplazamientos y permite aumentar la agilidad con la que se resuelven los problemas en los que están implicados diferentes departamentos.

Además, se han distribuido los recursos por las diferentes plantas de forma acorde con el flujo del material:

- El material entra por la planta baja.
- En esta misma planta se encuentra el almacén de chapa y otros materiales voluminosos necesarios para los recursos Mecanizado, Radiadores y Prensa, los cuales también se encuentran en ella.
- Una vez finalizados estos (si es necesario) el material pasa a soldadura en la misma planta.
- Como la etapa final corresponde a Montaje, este se encuentra en la planta superior, a la cual se suben todos los materiales y en la que se encuentra el almacén de los artículos comprados con los materiales necesarios para finalizar la producción (tornillos, espumas, motores pequeños, cables etc.). Al estar este almacén junto a la zona de montaje reduce el tiempo que emplea en encargado del *picking*
- Una vez finalizado y embalado el producto se baja por el montacargas a la zona del almacén de envíos.

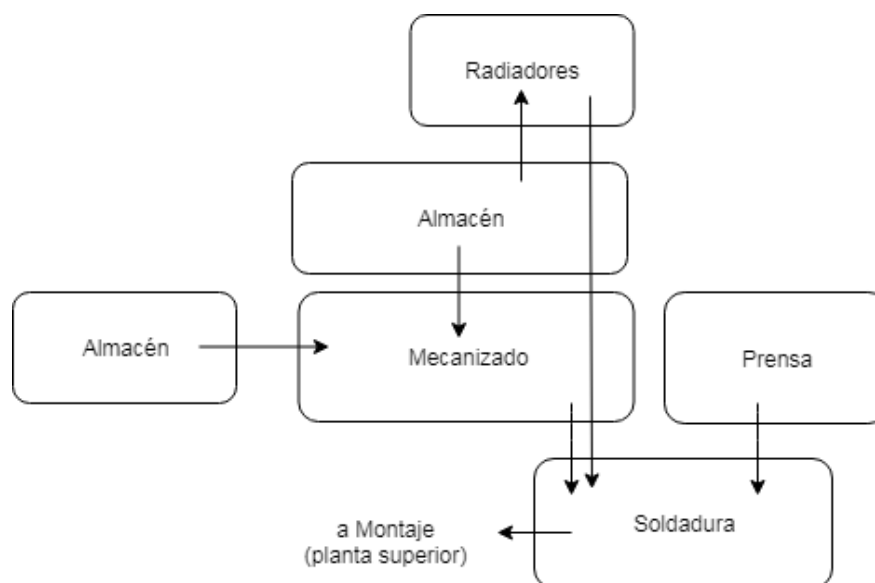


Figura 24. Representación del flujo del material.

El stock también se ha distribuido de manera que cada uno de los productos, tanto comprados como intermedios, sean más accesibles a los recursos que los vayan a necesitar.

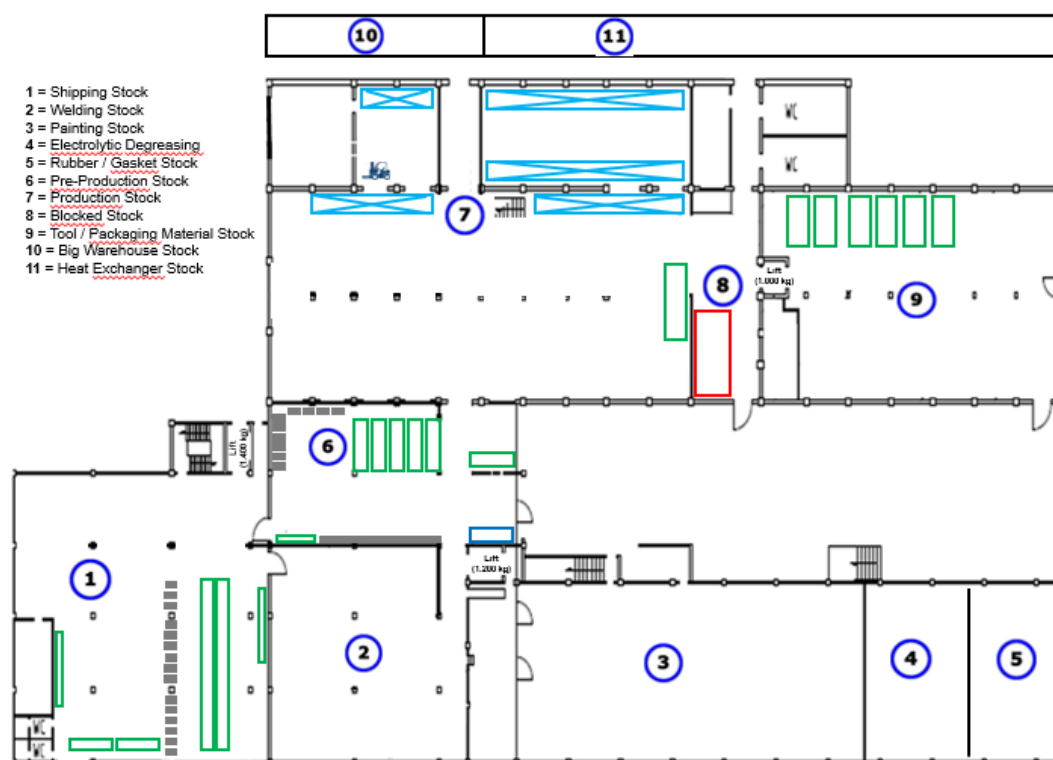


Figura 25. Disposición del stock en la planta baja.

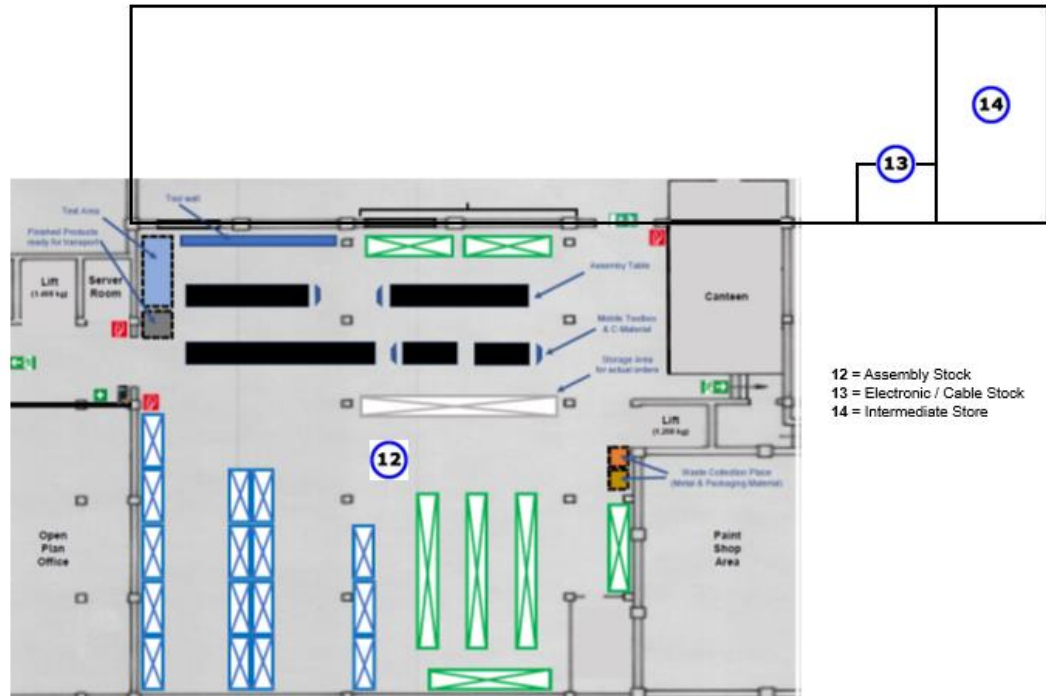


Figura 26. Disposición del stock en la primera planta.

Una vez realizado este cambio se ha conseguido:

- Mejorar el flujo de los materiales por la fábrica, al estar el recurso inmediatamente siguiente junto a su predecesor.
- Disminuir desplazamientos.
- Reducir el Lead Time.
- Aumentar la productividad.

4.3 APLICACIÓN 5S

Como ya se ha explicado en el punto Metodología 5S2.7.2, la metodología 5S consta de unas prácticas muy sencillas que permiten mejorar el área de trabajo y conseguir así mejorar la productividad de los empleados y mejorar el tiempo de fabricación.



4.3.1 HERRAMIENTAS

Uno de los elementos que mayor desorden causan son las herramientas. En el área de *Montaje*, en cada puesto de trabajo hay un par de cajas con las diferentes herramientas que usan los empleados. Cuando un operario comienza una nueva orden de producción y al realizar el cambio de herramientas tiene que desplazarse hasta donde se encuentre la caja y buscar en ella la herramienta en cuestión. Este desorden hace muy probable que alguna de las herramientas se pierdan, y también, al no tener un sitio fijo, que el operario no sepa bien donde se encuentra y pierda demasiado tiempo buscando la herramienta que necesite, aumentando el tiempo de producción.

Por ello se ha decidido el uso de carritos en los cuales se transporten las herramientas, habiendo ya un lugar fijo donde los trabajadores de las diferentes áreas saben dónde buscar y que se pueda transportar a los diferentes puestos de montaje, y provistos de cajones con las siluetas de las herramientas, lo cual permite tener un sitio fijo para cada herramienta y funciona como indicador para saber si esa herramienta está siendo usada o ese ha perdido. Los resultados han sido:

- Disminución de tiempo de parada entre procesos.
- Aumento de la productividad de los trabajadores.
- Disminución del Lead Time.

Esta supone la aplicación de *Seiton* (organización) y también de *Seiri* (clasificación y descarte), ya que previamente se ha tenido que seleccionar las herramientas más usadas y las que ya no se usan para realizar las siluetas de las primeras y desechar a las otras. En los Anexos se presenta una tabla con la clasificación de estas.



Figura 27. Cajón original con herramientas.



Figura 28. Cajón con siluetas para las herramientas.

4.3.2 DELIMITACIÓN DE ZONAS

Otra aplicación de *Seiton* es la delimitación de las zonas de almacenaje de productos intermedios por líneas de colores. De esta forma los contenedores tienen un fijo al cual los empleados saben dónde acudir a por el material (en este caso el encargado del *picking*) y no se encuentran estorbando las zonas de tránsito tanto de persona como de otros materiales (el transporte de otros contenedores con el traspale).



Figura 29. Delimitación de zonas.

4.3.3 LIMPIEZA

Todos los empleados son los encargados de la limpieza y la organización de su área de trabajo, de tal manera que una vez finalizada una producción o la jornada laboral, cada uno se encarga de dejar su área limpia y ordenada. Esto es una aplicación de *Seiso* (limpieza) y *Shitsuke* (disciplina y hábito), ya que todos los empleados se comprometen con el orden y la limpieza.

4.4 APLICACIÓN DEL SISTEMA KANBAN

Los sistemas *Kanban* de mayor sencillez constan de tarjetas en los contenedores que se despegan de estos cuando son utilizados para la reposición del material en estos. De esta forma los procesos aguas arriba son conocedores de que hay necesidad de producir para los procesos aguas abajo y de aprovisionarse de materiales.



4.4.1 ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

En nuestro caso, el sistema *Kanban* son las Órdenes de Producción (OPs) que aparecen en los dispositivos *tablets* de los operarios. De esta forma el sistema *Pull* puede tener lugar, ya que cada vez que se inicia una orden en la Tablet del recurso primero aparecerá un documento con la orden de producción correspondiente. Una vez que se finalice la orden, de la manera que se indica en el apartado 3.5.

En cada una de las Órdenes de Producción aparece:

- Número de la OP: este se genera automáticamente por el sistema, cada orden tiene su propio número para identificarlas.
- Referencia del artículo a fabricar.
- Número de unidades a fabricar
- Lista de materiales para fabricar el artículo, con el número de unidades de cada referencia necesarias.
- Recurso que utiliza la orden.
- Cliente.

A cada operario de cada recurso le aparecerá en su dispositivo correspondiente la orden correspondiente a su recurso, sin embargo, la orden de fabricación de un artículo completo abarca todas las OPs de todos los recursos.

De esta forma los operarios, junto con los planos del producto, tienen toda la información necesaria para llevar a cabo la producción de los productos requeridos por el cliente.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Aplicación de las herramientas Lean

Sanz Clima Sp. z o.o.

Orden de fabricación

Página 1
02/05/2018
11:35:57

Número	Referencia	Descripción	A fabricar	Fecha de finalizació
00018585	013.138.A	WATER HEATER (24V)	42,00	28/03/2018



En existencias: 0,00

12 gotowe
dreihä 10/5

Recursos: Montaje

Gotowe 30 9/5/18 wysyłka dreihä

Ciente	Nombre del cliente	Pedido	Cantidad pedida	Fecha solicitada
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	26/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006194	-1,00	12/02/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006195	1,00	23/03/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006197	80,00	04/05/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006231	204,00	01/05/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006426	65,00	04/04/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006566	36,00	22/06/2018
100145	DREIHA GMBH	PV006584	75,00	10/07/2018

Operación	Recurso	Referencia	Ph	Descripción	Tiempo de preparación	Tiempo de ejecución de	Cantidad de proceso	Tiempo total
Montaje	Montaje	013.138.A		Montaje - Grupo		20,00	1,00	840,00
Código de artículo		Subconjunto	Nombre del artículo			Cantidad	Física disponible	Ubicación
69-1310.A			ELECTRICAL HARNESS			42,0000	932,00	
001.138-03.A			BLOWERS BRACKET ASSY			42,0000	885,00	
84-0063.A			JOINT 2 x 80 x 110 mm			42,0000	1.040,00	
33-0200.A			BLOWERS ASSY			42,0000	285,00	
001.138-000001A			PROFILE Z			42,0000	919,00	
30-0150.A			FILTER PPI20 140 x 440 mm			42,0000	659,00	
013.138-011000			HOUSING ASSY			42,0000	812,00	
43-000.304			LABEL STICK WATER INLET			42,0000	1.550,00	
002.138-021000A			COVER			42,0000	870,00	
43-000.305			LABEL STICK WATER OUTLET			42,0000	1.650,00	
43-000.001.A			IDENTIFICATION PLATE			42,0000	1.219,00	
64-0137.A			RADIATOR			42,0000		
69-000.439			GROMMET 69N014-010			42,0000	1.256,00	
69-000.541			RESISTANCE			42,0000	677,00	
79-000.387			GROMMET D155/20			84,0000	2.520,00	
79-0070.B			SELF-TAPPING SCREW 48x19			252,0000	3.822,00	
79-0084.A			HEXAGON SOCKET SCREW M5x8			252,0000	3.811,00	
79-0163.A			SPRING WASHER A5			252,0000	3.715,00	
99-6764.A			INSULATING TAPE 30 x 015			9,2400	888,22	
69-000.558			RESISTANCE BRACKET			84,0000	1.375,00	
79-7077.A			SNAP NUT D 48 mm			252,0000	3.981,00	
84-0069.A			JOINT 2 x 15 x 44 mm			84,0000	1.241,00	
84-0070.A			JOINT 2 x 15 x 100 mm			84,0000	1.239,00	
84-0071.A			JOINT 2 x 35 x 340 mm			84,0000	1.380,00	

Figura 30. Ejemplo Orden de Producción

4.4.2 KANBAN PARA EL APROVISIONAMIENTO

Debido a la gran cantidad de artículos, existe un gran número de diferentes elementos de tornillería. Originalmente toda la tornillería se encontraba en unas estanterías de gran tamaño, al lado de a zona de montaje, y cada uno de los diferentes tipos en cajas de grandes dimensiones. Esto genera una serie de limitaciones:

- Al ser las estanterías muy altas, muchas veces era necesario el uso de escaleras por parte de los empleados para conseguir alcanzar algunas de las referencias. Esto trae consigo problemas de seguridad ya que resulta más probable que suceda un accidente.
- El *Lead Time* aumenta, debido a que no es fácil acceder a los tornillos y se requiere un tiempo excesivamente alto.
- Debido a que no es fácil ver el estado de los materiales dentro de las cajas, puede haber un déficit de materiales sin conocer que puede traer problemas a la hora de comenzar una producción de montaje (al ser piezas tan pequeñas, propensas a caerse o perderse, no siempre el número de estas está bien contemplado en el sistema).
- Ocupa una gran cantidad de espacio en la fábrica.



Figura 31. Estanterías originales para tornillería.

Para solucionar estos problemas se decidió sustituir la estantería en cuestión por unos carritos con ruedas y gavetas más pequeñas en las que se guardan las diferentes referencias de tornillos. Estas referencias se ordenan numéricamente, comenzando por la esquina superior izquierda, lo que facilita su búsqueda. Además, las ruedas permiten trasladarlos por la fábrica a los diferentes puestos según la necesidad.

Las estanterías se sacan del lugar que ocupaban y el resto de tornillos que no entran en las gavetas se cambian al almacén. Cuando una de las gavetas se encuentra vacía indica que hay necesidad de reponer ese material, de tal forma que habrá que ir al almacén o bien comprar más.

Como existen demasiadas referencias de tornillería, se ha realizado una clasificación de aquellas que son las más usadas en los diferentes productos, ya que muchas de las cajas de las estanterías presentaban referencias obsoletas que no se usaban, permitiendo así liberar espacio. Este listado se encuentra en los Anexos, en el apartado Tablas.



Figura 32. Carros nuevos para tornillería.

Una vez implementado este nuevo sistema se observa que:

- Disminuyen los desplazamientos de los operarios.
- El tiempo invertido en la búsqueda de las referencias es menor.
- Hay un mayor control de la cantidad real de tornillos.
- El espacio ocupado por las estanterías queda libre dejando espacio para almacenar productos intermedios que se vayan a usar en el montaje.

4.5 MATRIZ DE HABILIDADES

Para una mejor distribución del trabajo y los recursos a los diferentes trabajadores, se ha realizado un análisis de los diferentes conocimientos y competencias.

Para facilitar la visualización de las competencias de cada uno, se ha indicado el nivel de conocimiento de cada habilidad según el código de colores que se muestra a continuación:



	No habilitado
	En entrenamiento
	Conocimiento
	Experto

Como se puede observar, la mayoría de los trabajadores están muy enfocados a su tarea habitual, lo que hace que en el caso de necesitar más personal en otro recurso. Una posible solución sería la formación de los empleados en otras tareas diferentes a las suyas. El recurso de montaje es el que tiene mayor n expertos, debido es al que mayor número de trabajadores se dedica habitualmente, mientras que en otras como radiadores o almacén tienen pocos empleados conocedores de la actividad. Para mejorar esta situación, lo ideal sería que ante nuevas incorporaciones, se es de un entrenamiento en estas tareas, ya que es muy fácil que al haber uno o dos expertos en estas pueda fallar uno (ya sea enfermedad, vacaciones, etc.) y que la falta de producción en esa actividad afecte en su globalidad a la actividad de la empresa.



	Picking	Prensa	Montaje	Montaje eléctrico	Almacén	Radiadores	Mecanizado	Soldadura
Bohne								
Friedrich								
Hartmann								
Jander								
Meyer								
Niekamp								
Prigge								
Pust								
Ropers								
Holger								
Schönfeld								
Teuscher								
Trentweber								
Weigel								
Werner								
Pawel								
Hover								

Tabla 9. Matriz de habilidades de los operarios de la fábrica

4.6 VSM

Continuación se presentará un ejemplo de la aplicación del **VSM** para analizar el proceso de la logística del transporte entre filiales, los desperdicios que en ellos se generan y las posibilidades de mejora.

Como se ha mencionado previamente, de tres de las referencias más demandadas de los radiadores, 013.138.A, 014.138.A y 001.117/24V, su producción se ha pasado a la filial en Polonia. No obstante, muchos de los componentes han de ser suministrados desde Alemania, como por ejemplo los radiadores o las instalaciones eléctricas. Los radiadores son fabricados en *Dreiha*, mientras que las instalaciones eléctricas son compradas.

Una vez que los radiadores son fabricados, tienen que pasar por una etapa de pintura. Inicialmente este paso se realizaba en la fábrica, pero tras los cambios este proceso se ha externalizado a una empresa externa para ahorrar en costes. Una vez pintados los radiadores, y el resto de referencias para las calefacciones, se mandan a la filial polaca, donde se realiza el montaje.

El principal cliente de estas calefacciones es la empresa M.A.N, cuyas principales sedes a las que se venden los productos están en Starachowice (Polonia) y el Salzgitter (Alemania). No obstante, es la primera la que realiza la mayoría de los pedidos de estas unidades semanalmente. Como es *Dreiha* la empresa que vende las calefacciones, el recorrido de los componentes sería el representado en la Figura 33.

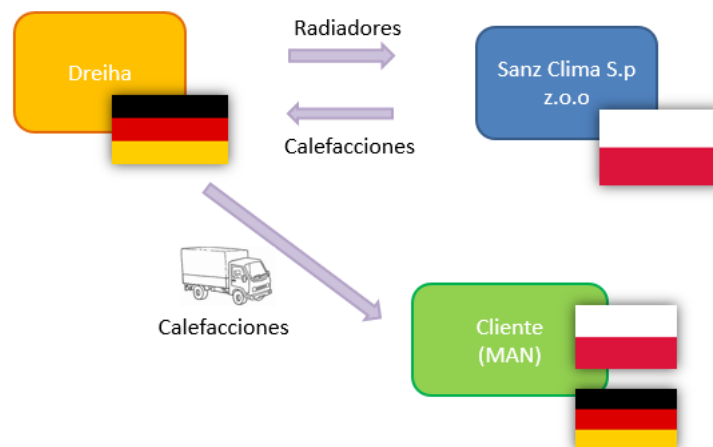


Figura 33. Recorrido artículos.

Mandar la mercancía de vuelta a Alemania y de ahí otra vez a Polonia al cliente resultaba en elevados gastos de transporte, por lo que se decidió enviar directamente desde Sanz Polonia al cliente la mercancía.

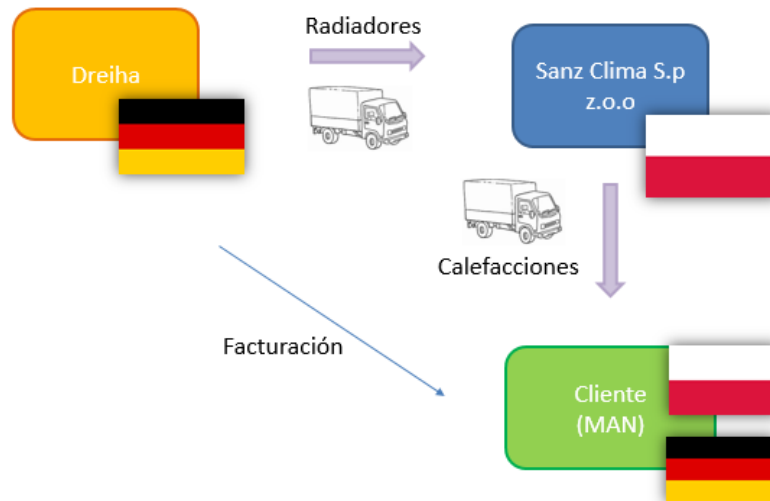


Figura 34. Ventas y facturación.

4.6.1 VSM ACTUAL

Se ha desarrollado el mapa de flujo de valor para el proceso que se seguía inicialmente.

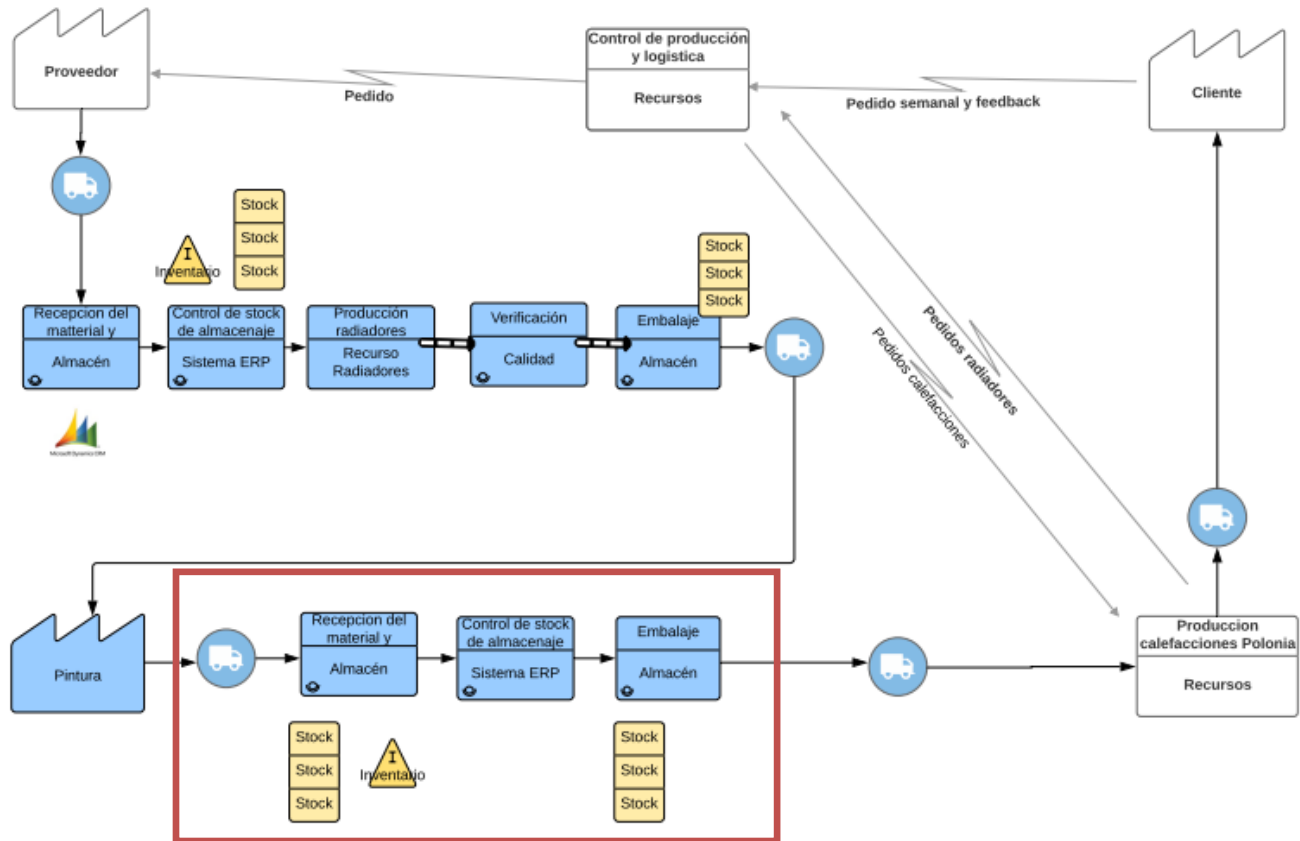


Figura 35. VSM actual

Como se puede apreciar en la Figura 35, al volver de la empresa de pintura a la empresa, se vuelven a repetir las mismas acciones de recepción y control del material, y de desembalar las piezas y volver a embalarlas de la forma correcta para el transporte. En la imagen se encuentra marcado en rojo los pasos que se consideran que no añaden valor al proceso, y lo único que añaden son costes y tiempo extra al proceso.

Si se analiza el flujo del valor y el VSM de este proceso, se puede apreciar que se generan muchos desperdicios. El recorrido innecesario de transporte, generando costes innecesarios y pérdida de tiempo, lo que incrementa el *Lead Time* de las calefacciones, por lo que no solo no añade valor, sino que genera desperdicio por el cual el cliente no está dispuesto a pagar. También la manera de embalar los radiadores por el proveedor de pintura y que enviaba a la fábrica no era la correcta con la cual se podían mandar a la fábrica de Polonia, ya que no protegía suficiente y muchas veces llegaban dañados a esta, por lo que una vez que el artículo volvía era necesario desembalarlo y volverlo a embalar de la manera correcta, lo que



conllevara otro gasto innecesario de tiempo, material y mano de obra, generando también desperdicios.

Desplazamientos	15 min
Cambios de herramientas	2 min
Embalaje	1 min/pieza
Transporte a proveedor	1 h
Transporte desde el proveedor	1 h
Cambio de embalaje	2 min/pieza
Transporte a Polonia	9 h

Tabla 10. Actividades que no añaden valor en VSM actual.



Figura 36. Radiadores embalados para enviar a Polonia.

4.6.2 VSM FUTURO

De esta forma se ha decidido cambiar la logística, y una vez los radiadores son mandados a pintura, son embalados en el mismo proveedor como se necesita, y enviados desde ahí a Polonia, quedando el proceso como indica la Figura 37.

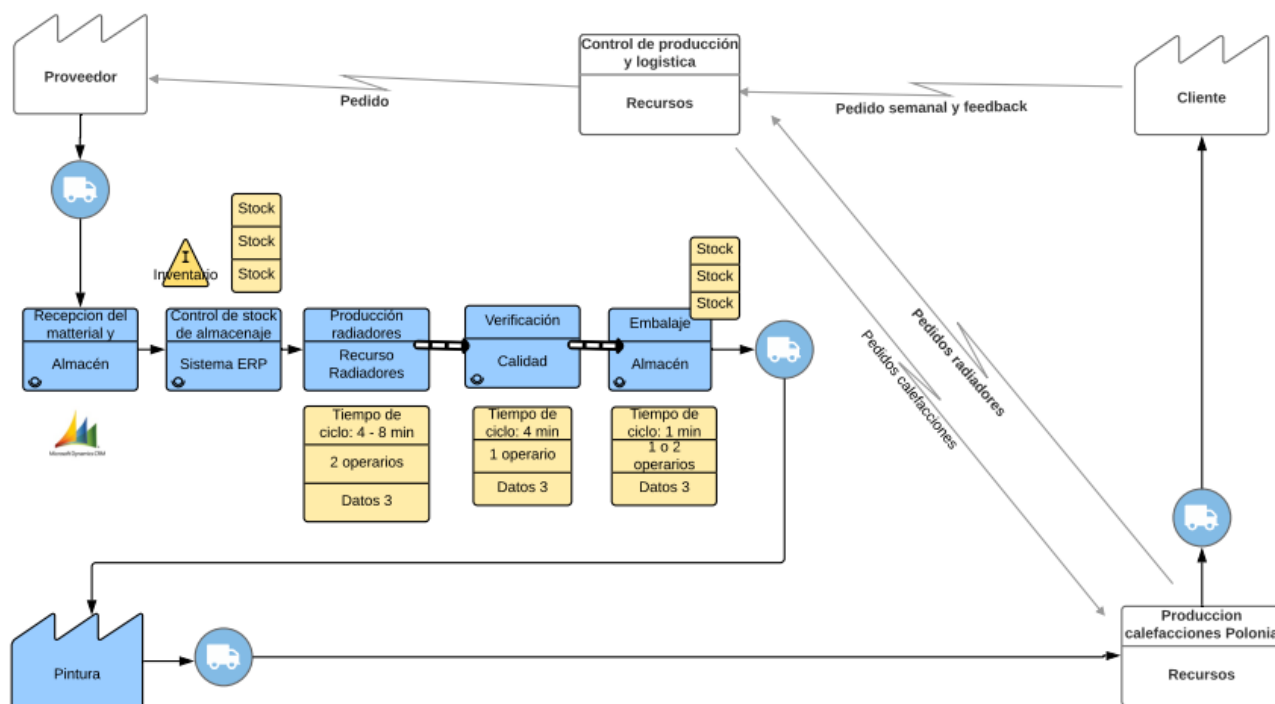


Figura 37. VSM tras cambios

De esta forma se consigue eliminar el proceso repetitivo de recepcionar la mercancía, desembalar y volver a embalar los productos, y volver a enviarlos. El proveedor se encarga también de embalar los radiadores de la manera correcta para que no sufran daños durante el transporte. En el Parte IICapítulo 2 de los anexos se presenta la documentación de las instrucciones de embalaje a seguir para llevar el mejor control de este proceso.

Una vez realizado este cambio se han reducido el número de actividades que no añaden valor al proceso:

Desplazamientos	10 min
Cambios de herramientas	2 min
Embalaje	1 min/pieza
Transporte a proveedor	1 h



Transporte a Polonia	9 h
----------------------	-----

Tabla 11. Actividades que no añaden valor tras el cambio.

4.7 NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para que todo el sistema de producción fluya correctamente, se cumplan los tiempos de entrega al cliente, y se realice la fabricación en lotes reducidos adecuándose a la demanda del cliente, además de que en el propio proceso se cumpla el procedimiento y se haga uso de las técnicas previamente mencionadas, intentando siempre evitar el desperdicio, es importante que haya un aprovisionamiento correcto de la materia prima necesaria.

La importancia del sistema de aprovisionamiento reside en que los materiales tiene que estar en la fábrica en el momento necesario, de manera que no aumente el lead time de fabricación debido a la falta de componentes necesarios, pero tampoco se pueden pedir estos materiales con demasiado tiempo o en cantidades muy grandes, ya que almacenarlos supone un gasto en stock, lo que se considera uno de los desperdicios a evitar. Pedir materiales en cantidades muy superiores a las que se van a necesitar supone un gasto de dinero tanto por que el material no se va a usar y porque al almenarlo puede quedar dañado u obsoleto, además de que utiliza un espacio en el almacén. Esto también sucede cuando los materiales se piden con demasiada antelación.

Para asegurar que en cada momento se encuentren en la fábrica los materiales necesarios, en *Dreiha* se ha instalado el sistema de aprovisionamiento utilizado en *Sanz Clima*, el cual se expone a continuación. Con este, se tiene en cuenta la previsión de la demanda y los requisitos necesarios, de manera que se pueda llevar a cabo el *Just in Time* y el flujo continuo a través de la fábrica.

Antes de nada, hay que conocer cuáles son las necesidades. Las preguntas claves a responder son:

- ¿Qué hay que comprar y que hay que producir?
- ¿Cuánto hay que comprar y cuanto hay que producir?
- ¿Cuándo hay que comprar y cuando hay que producirlo?

El éxito de una buena gestión es acertar lo máximo posible en las respuestas a las preguntas anteriores, con:

- Los menores costes de almacenaje.
- Los menores costes de producción.
- Los menores costes de gestión.



Para que esto sea posible, en Sanz Clima se emplea el *Material Requirement Planning* cuyo funcionamiento está expuesto en el apartado 3.6.

4.8 GESTIÓN CALIDAD

La calidad final de los productos podría decirse que es la cualidad que más aprecia el cliente: si el producto no cumple los requisitos mínimos el cliente no estará dispuesto a pagar por él. Por ello, la calidad es un tema que tiene que estar presente a lo largo de todo el proceso de producción, de no ser así, los clientes realizaran un mayor número de reclamaciones y pueden llegar a prescindir de los productos que la empresa ofrece. Para ello en *Sanz Clima* se utiliza la *Planeación Avanzada de la Calidad de Producto*.

La *Planeación Avanzada de la Calidad de Product*, o APQP por sus siglas en inglés, consiste en un planteamiento sistemático, enfocado al trabajo en equipo y de aplicación a la planificación preventiva de todo nuevo proyecto, y es un método estructurado que define y establece los pasos necesarios para asegurar que un producto satisfaga al cliente. Sus principales objetivos son:

- Comunicaciones eficaces con todo lo que se envuelve en la elaboración y aplicación de planes.
- Mínimo o ningún problema de la calidad.
- Riesgos mínimos relacionados con calidad durante el lanzamiento del producto.
- Realización oportuna de metas requeridas.

La APQP enfoca el uso de sus recursos hacia la satisfacción de sus clientes. Identifica los cambios requeridos en una etapa temprana del ciclo, con lo cual podrá proveer un producto de calidad, bajo en costo y a tiempo, y apoya a determinar los requerimientos actuales y luego definir los procesos necesarios para lograr las metas. Ayuda a manejar el proceso completo de planificación.

CICLO DE LA PLANIFICACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO



Figura 38. Conceptos básicos de APQP

En esta metodología para mejorar la calidad está presente el concepto de *mejora continua* inculcada por la filosofía *Lean*: en todo momento hay que estar revisando los diseños de los productos y del proceso productivo, de forma que si algún trabajador en el momento que detecta un defecto o carencia informa de ello es más fácil detectar en qué etapa se produce y atacar el problema. Para ello los empleados deben de estar siempre con la mentalidad *Lean* de intentar mejorar el proceso de producción e identificar desperdicios de este, aplicando técnicas para eliminarlos del proceso. Por ello, todos los empleados que forman la empresa han de adaptar esta filosofía a la hora de realizar su trabajo para mejorar la calidad.

Los principales beneficios de este proceso son:

- Obtención de un producto de alta calidad en el plazo previsto y por el menor costo.
- Agilidad en la recuperación de la información y atendimento al cliente.
- Significativa disminución en el tiempo de desarrollo de nuevos productos.
- Eliminación de errores por escrito y registros incompletos.
- Documentación completa de las especificaciones de los productos y procesos de la empresa.



Capítulo 5 ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se realiza el estudio económico de las soluciones implementadas para analizar su viabilidad económica. Para ello es necesario calcular el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

Debido al Valor del tiempo del dinero, el valor de los flujos de caja futuros será inferior al de la misma cantidad de dinero en la actualidad. A la hora de estudiar una inversión, hay que tener en cuenta el horizonte temporal en el que esta se va a realizar y estudiar estos flujos de caja en cada periodo de tiempo, teniendo siempre en cuenta que según el periodo de tiempo va avanzando esto, pese a tener unas cifras idénticas, va a tener un valor inferior, por lo que siempre hay que pasar esta cantidad a su valor actual.

El VAN es la diferencia entre el valor actual de los flujos de caja y el valor actual de los flujos de caja a lo largo de un periodo de tiempo. Según el valor de este indicador, se puede llegar a conocer si una inversión será rentable con el tiempo y si se debe realizar esta inversión.

Este se calcula cómo:

$$VAN = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

C_0 : Inversión inicial necesaria para realizar el proyecto.

C_n : Flujos de caja en cada periodo de tiempo.

n : Horizonte temporal.

r : Tasa de descuento.

Según le valor de este y el criterio:

Si $VAN < 0$, la inversión no se recuperará en el tiempo previsto, por lo que resulta desaconsejable realizarla.

Si $VAN > 0$ o igual, el dinero se recuperará por lo que sí es aconsejable realizar la inversión.

Para calcular el VAN de nuestro proyecto, primero es necesario calcular la inversión inicial.



A continuación, es necesario conocer los costes, tanto fijos como variables, que se estimarán en función a su valor en el año actual. En concepto de costes se tiene en cuenta:

- Costes de ventas: todos los costes para la fabricación y venta de los productos.
- Amortización de la maquinaria.
- Salarios.
- Otros gastos.

En la fábrica trabajan 17 empleados, mientras que en la oficina 10.

Puesto	Número de trabajadores	Salario individual	Salario total
Operario	17	2.000,00 €	34.000,00 €
Departamento técnico	4	3.000,00 €	12.000,00 €
Resto personal oficina	6	3.500,00 €	21.000,00 €
		Total mensual	67.000,00 €
		Total anual	804.000,00 €

Tabla 12. Coste en sueldos.

Si se asumen gastos de consumo eléctrico de 200.000 € y gastos para contingencias de 100.000 €, los costes anuales ascenderían a 1.104.000 €.

El impuesto de sociedades en Alemania supone un 15%.

Se aplica una inflación del 2,2%, que corresponde a la actual en Alemania.

Beneficios		6.000.000,00	6.132.000,00	6.266.904,00	6.404.775,89	6.545.680,96
Coste de ventas		4.500.000,00	4.599.000,00	4.700.178,00	4.803.581,92	4.909.260,72
Costes		1.104.000,00	1.128.288,00	1.153.110,34	1.178.478,76	1.204.405,30
EBITDA		396.000,00	404.712,00	413.615,66	422.715,21	432.014,94
Depreciación		221.666,67	221.666,67	221.666,67	221.666,67	221.666,67
EBIT		174.333,33	183.045,33	191.949,00	201.048,54	210.348,28
Impuestos		26.150,00	27.456,80	28.792,35	30.157,28	31.552,24
NOPAT		148.183,33	155.588,53	163.156,65	170.891,26	178.796,04
Beneficio Neto	-2.000.000	369.850,00	377.255,20	384.823,31	392.557,93	534.212,70

Tabla 13. Cuenta de pérdidas y ganancias.

Con estos flujos de caja, y suponiendo una tasa de descuento del 8% se obtiene:



VAN	330.339,20 €
Payback	4,89 años

Tabla 14. VAN y Payback Period de la inversión.

Con esta inversión, los beneficios empezarían a obtenerse a partir del año 5. No obstante, estas suposiciones están basadas en un escenario en el que los beneficios se mantienen constantes con los años y no se tiene un margen de beneficios muy alto, con lo que se supone un escenario pesimista. Si la aplicación de las técnicas va surgiendo efecto, los beneficios se incrementarían y los costes disminuirían, por lo que el Valor Actual Neto sería superior al calculado y la inversión daría resultado.



Capítulo 6 RESULTADOS

6.1 ESTUDIO DE TIEMPOS

Se han realizado un estudio de tiempos para las diferentes mejoras implementadas con el objetivo de comprobar la eficacia de estas.

6.1.1 TIEMPOS KANBAN APROVISIONAMIENTO

Para comprobar la reducción de tiempo de desplazamiento se han realizado mediciones del puesto de trabajo de los operarios a la estantería y al carrito, desde dos posiciones diferentes: una desde el recurso de *eléctrico*, más cercano a las estanterías originales, y otro desde el recurso de montaje.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t (segundos)	57	68	62	73	55	69	62	63	75	78	59	68	63	60

Tabla 15. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos a la estantería desde recurso de montaje.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t (segundos)	35	31	32	27	42	37	49	35	37	40	33	39	41	32

Tabla 16. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos al carrito desde recurso de montaje.



Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t (segundos)	56	49	62	65	54	63	71	77	64	65	70	59	52	61

Tabla 17. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos a la estantería desde recurso eléctrico.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t (segundos)	29	35	32	40	31	35	36	35	32	31	29	39	37	31

Tabla 18. Toma de tiempos de aprovisionamiento de tornillos al carrito desde recurso eléctrico.

Se puede observar que para ambos casos el tiempo de aprovisionamiento es menor tras la implementación de los carros con gavetas. En los tiempos medidos en las estanterías hay más variabilidad debido al gran tamaño de estas, que muchas veces conlleva a que el operario en cuestión tenga que emplear una escalera para alcanzar el elemento deseado.

En ambos casos la implementación de la nueva herramienta supone un decremento del tiempo de aprovisionamiento de una media de medio minuto.

6.1.2 TRANSPORTE

Una vez aplicado el cambio propuesto en el VSM futuro del proceso de transporte entre filiales y con el proveedor, se observa una mejora en los tiempos de montaje de las tres referencias de producto, cuyo Lead Time de un lote se ha conseguido reducir hasta un día.

	VSM actual	VSM futuro
Lead Time	11 días	10 días

Tabla 19. Comparación de tiempos entre VSM actual y futuro.



6.2 REDUCCIÓN DE COSTES

6.2.1 AHORRO DE MATERIAL

Con los cambios de transporte con el proveedor y con la filial Polaca, se ha obtenido una disminución de costes.

Para los costes de embalaje se ha reducido en un 40% el uso de materia de embalaje. Aunque su precio sea muy inferior comparado con el resto de costes, debido al amplio volumen de productos transportados supone un ahorro importante.

Modelo radiador	Demanda mensual	Precio material embalaje (€/unidad)	Coste mensual (€)
64-0157.A	226	0,5	113
64-0076.A	265	0,4	106
		Total	219

Tabla 20. Coste material embalaje VSM actual.

Modelo radiador	Demanda mensual	Precio material embalaje (€/unidad)	Coste mensual (€)
64-0157.A	226	0,3	67,8
64-0076.A	265	0,24	63,6
		Total	131,4

Tabla 21. Coste material embalaje VSM futuro.

Ahorro mensual	87,6 €
-----------------------	--------



6.2.2 REDUCCIÓN GLOBAL DE COSTES

Desde el comienzo de los cambios, a finales del año 2016 se ha confirmado que la puesta en práctica de estas herramientas y de la filosofía *Lean* ha supuesto una mejora para la empresa.

Como tan solo han transcurrido dos años desde el cambio en *Dreiha*, se ha comparado los costes en el primer semestre de estos años. Para ello se ha comparado el porcentaje del margen bruto con respecto a la facturación en cada uno de los meses. El margen bruto es la diferencia entre el dinero facturado y el coste de fabricación de los productos a vender.

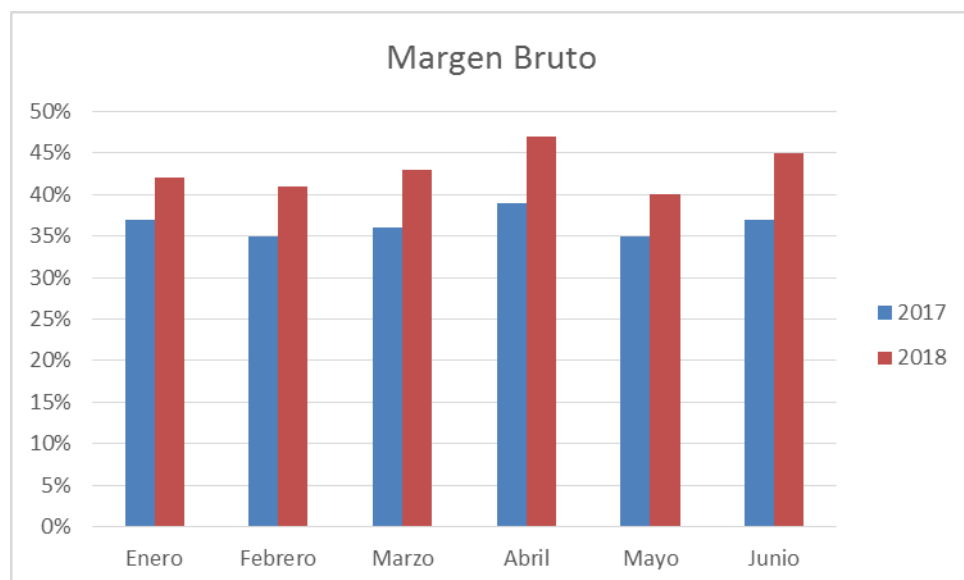


Figura 39. Gráfico de comparación del margen bruto por meses.

Se observa que el margen ha mejorado gracias a la implementación de las herramientas Lean que han permitido mejorar el proceso de producción de la fábrica y reducir costes.



Capítulo 7 CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, se puede llegar a la conclusión a rasgos generales de que la metodología *Lean Manufacturing* se trata de una forma de entender la producción centrada en la eliminación de los desperdicios para aumentar la eficiencia en todas las áreas del negocio, tanto en el trabajo propiamente de la producción en la fábrica, como en los diferentes departamento de oficina. No solo consiste en una serie de prácticas a aplicar, sino que constituye una filosofía y modo de trabajar que se centra en buscar donde se producen los desperdicios y tratar de evitarlos sin importar el área de la empresa en la que se trate.

En este trabajo, se han explicado y aplicado alguna de las técnicas para corregir los desperdicios que se generan en el proceso productivo: algunas técnicas se aplicaron en la organización, como el sistema *Kanban* o las 5S, y otras para la gestión también en departamentos de oficina, como la gestión de los materiales que permite que se implemente el sistema *Pull*.

A la vista de los resultados expuestos en el capítulo Resultados se puede llegar a afirmar que estas técnicas han supuesto una mejora apreciable a la hora de producir y para el funcionamiento de la empresa.

La aplicación de las 5S por parte de los trabajadores ha mejorado el orden y la limpieza del espacio de trabajo, influenciando positivamente no solo al simple hecho de mejorar el trabajo de los empleados, sino que también su participación activa en mantener cada uno su área correspondiente ayuda a la aplicación de la *mejora continua* y a que haya un mejor ambiente y organización, lo que ayuda a mejorar la comodidad con la que se sienten y trabajan en la empresa los empleados.

Las técnicas como el Mapa del flujo de Valor (VSM) o la Matriz de habilidades han permitido detectar los defectos en el proceso y las carencias a la hora de conocer las habilidades de los trabajadores. Esto ha permitido aplicar acciones correctoras, como la formación de los empleados en el empeño de varios recursos.

Gracias al sistema *Kanban* se ha podido aplicar el sistema de producción *Pull*, y fabricar de forma acorde a los pedidos del cliente, evitando así la producción innecesaria. También este sistema ha permitido mejorar la información del sistema. Al estar las listas de materiales en las Órdenes de Producción, en el caso de que algún empleado detecte algún error en estas ha de informar al encargado de la producción para que cambie la lista y la actualice en el sistema. Esto es posible gracias a que la mayoría de los empleados tienen años de experiencia en la empresa y conocen bien los diferentes artículos y procesos.



Los sistemas de gestión de los materiales y la calidad junto con el sistema ERP de la empresa, permiten gestionar los recursos y técnicas de manera que se consiga nivelar la producción a la demanda, realizar un proceso de producción *Pull* y para realizar las entregas *Just in Time*, siempre para satisfacer las necesidades del cliente y el tiempo de entrega a este.

Pese a que la empresa ha mejorado considerablemente, aún queda mucho trabajo por delante. Como ya se ha comentado repetidamente, la filosofía *Lean* promueve la mentalidad de la *mejora continua*, de forma que no hay que satisfacerse con los avances obtenidos y seguir buscando posibles técnicas para seguir mejorando.

Una técnica que podría aplicarse es la conocida como *Poka Yoke*, cuya traducción literal es *a prueba de errores*, un sistema que consiste en el diseño de los productos que impide el error a la hora de su fabricación. Este mejoraría la calidad final de los productos. Para ello el departamento técnico tendría que rediseñar los productos ya existentes o bien de cara a nuevos desarrollos.

Finalmente se puede llegar a la conclusión que la Metodología *Lean Manufacturing* es una herramienta de gran efectividad que permite a las empresas mejorar en su conjunto, y además de que induce a una filosofía de trabajo de buscar continuamente la perfección y no contentarse con pequeñas mejoras. No obstante, estas herramientas no sirven si se aceptan como un mandato de los responsables. Todos los empleados tienen que aceptarlas y hacerlas suyas. Si esto no se produce por muchas medidas que se apliquen la efectividad de estas no será la misma, y llegará un punto que la dejadez de los empleados puede llevar a la empresa a un estado inicial del que partía. Por ello es importante la presencia de líderes que sepan transmitir esta filosofía y que los empleados no sean reticentes ante esta. Solo así la empresa podrá mejorar y llegar a ser competitiva en el sector frente al resto de empresas.





Capítulo 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Investopedia,» [En línea]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>. [Último acceso: Julio 2018].
- [2] «Progressa Lean,» [En línea]. Available: <http://www.progressalean.com/top-10-de-companias-lean-manufacturing/>. [Último acceso: Julio 2018].
- [3] M. R. & J. Shook, «Lean Manufacturing VSM-Value Stream Mapping,» Lean Enterprise Institute.
- [4] P. A. Akers, 2 Second Lean: Cómo hacer crecer a las personas y una cultura Lean, 2ª Edición, FastCap Press, 2012.
- [5] D. d. O. I. Escuela Técnica Superior de ingeniería, *Diapositivas Lean Manufacturing*, Madrid.
- [6] R. Blanco Mettifogo, «Trabajo fin de Master: Lean restaurant aplicado a la pasta fresca italiana,» Universidad Pontificia de Comillas - ICAI, Madrid, 2017.
- [7] Y. Ceballos Vital, «Proyecto fin de carrera: Implantación de herramientas Lean Manufacturing en una fábrica de componentes compuestos.,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2014.
- [8] S. C. S.L, «Flujo de los materiales de OP a través de la planta de producción_081217».
- [9] S. C. S.L, «Documentación de la empresa».
- [10] M. Á. M. Martín, «Filosofía Lean aplicada a la Ingeniería del Software,» Universidad de Sevilla.



- [11] «Ingenieriaindustrialonline,» [En línea]. Available:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heiunka-nivelacion-de-la-produccion/>.
[Último acceso: Julio 2018].



Parte II ANEXOS





Capítulo 1 TABLAS

Herramienta	Marca	Modelo	Cantidad
Destornillador	Garant	62 5330-Tx25	1
		62 5330-Tx25	1
	Hoxex	62 5700/TX20 TX20 x 100	2
		62 5700/TX25 TX25 x 100	1
		62 5700/TX15 TX15 x 80	1
		62 5700/TX27 TX27 x 115	1
		62 5700/TX10 TX10 x 80	1
		62 7460/3 3,0 x 75	1
		62 0700/3 3,0 x 80	1
		62 7460/2,5 2,5 x 75	1
	Hazet	425-8	1
Llave inglesa	Hazet	Vanadium 24/26	1
		Vanadium 22/20	1
		Vanadium 19/18	1
		Vanadium 13/11	1
		Vanadium 5/5,5	1
Llave de carraca	Hazet	Vanadium 22	1
		Vanadium 18	1
		Vanadium 12	1



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Tablas

		Vanadium 11	1
		Vanadium 10	1
Llave inglesa	Gedore	Vanadium DIN 895 7/8	1
		Vanadium DIN 895 9/10	1
		Vanadium DIN 895 10/8	1
		Vanadium DIN 895 12/13	1
		Vanadium DIN 895 14/17	1
Alicates	Knipex	28 21 200	1
		74 12 160	1
		78 81 125	1
Destornillador hexagonal	Horex	62 6670 (2/2,5/3/4/6/8)	1
Martillo			2
Cuter			1
Tijeras			1

Tabla 22. Listado de herramientas de recurso Eléctrico.

Herramienta	Marca	Modelo	Cantidad
Alicates	Knipex	03 02 180	1
		74 020140	1
Destornillador	Hazet	800-3	1
		829-4	1
		800-5	1
		425-7	1
		425-8	1



		425-10	1
	Horex	62 7460/8 8 x 100	1
		62 7460/6 6 x 100	1
		62 7460/5 5 x 75	1
		62 7460/4 4 x 75	1
		62 7460/2 2 x 60	1
		62 7460/2,5 2,5 x 75	1
		62 7460/3 3,0 x 75	1
Llave inglesa	Hazet	Vanadium 13/12	1
		Vanadium 9/8	1
	Gedore	DIN 895 10/11	1
		DIN 895 14/15	1
Destornillador de vaso			5
Destornillador plano	Hazet		2
Destornillador estrella	Hazet		1

Tabla 23. Listado de herramientas de recurso Montaje.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Tablas

79-000.243	79-0115.Z	79-0364.A	79-0515.Z
79-000.254	79-0118.Z	79-0367.A	79-0516.A
79-000.255	79-0119.Z	79-0371.A	79-0517.A
79-000.256	79-0120.Z	79-0372.A	79-0518.A
79-000.257	79-0121.A	79-0373.A	79-0520.Z
79-000.261	79-0122.A	79-0402.A	79-0521.Z
79-000.262	79-0123.A	79-0417.Z	79-0522.Z
79-000.258	79-0124.A	79-0418.Z	79-0523.Z
79-000.263	79-0134.A	79-0422.A	79-0524.Z
79-0016.A	79-0142.Z	79-0427.A	79-0525.Z
79-0017.A	79-0145.Z	79-0430.A	79-0527.Z
79-0019.A	79-0146.Z	79-0434.A	79-0528.Z
79-0020.A	79-0147.A	79-0438.Z	79-0529.Z
79-0021.A	79-0148.A	79-0439.A	79-0532.Z
79-0022.A	79-0149.A	79-0444.Z	79-0533.Z
79-0028.Z	79-0150.A	79-0445.A	79-0534.Z
79-0029.Z	79-0152.A	79-0446.A	79-0539.Z
79-0030.Z	79-0156.A	79-0450.A	79-0540.Z
79-0031.Z	79-0158.A	79-0451.A	79-0593.Z
79-0032.Z	79-0159.A	79-0453.A	79-0597.A
79-0048.A	79-0161.A	79-0455.A	79-0601.Z
79-0049.A	79-0162.A	79-0466.A	79-0608.Z
79-0050.A	79-0163.A	79-0467.A	79-0612.Z
79-0051.A	79-0164.A	79-0468.A	79-0614.Z
79-0052.A	79-0165.A	79-0475.A	79-0615.Z
79-0053.A	79-0170.A	79-0476.A	79-0616.A
79-0054.A	79-0171.A	79-0477.Z	79-0621.Z
79-0055.A	79-0172.A	79-0480.Z	79-0623.Z
79-0056.A	79-0173.A	79-0482.A	79-0628.Z
79-0059.A	79-0176.A	79-0484.Z	79-0633.Z
79-0061.A	79-0179.A	79-0485.Z	79-0634.Z
79-0070.A	79-0181.A	79-0487.A	79-0635.Z
79-0070.B	79-0182.A	79-0488.A	79-0636.Z
79-0072.A	79-0187.A	79-0489.A	79-0655.Z
79-0076.A	79-0188.A	79-0490.A	79-7077.A
79-0077.A	79-0189.A	79-0492.Z	79-7416.A
79-0080.A	79-0194.A	79-0493.Z	
79-0084.A	79-0210.A	79-0494.Z	
79-0085.A	79-0213.A	79-0495.Z	
79-0086.A	79-0216.A	79-0496.A	



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

79-0087.A	79-0217.A	79-0502.Z	
79-0089.A	79-0218.A	79-0503.Z	
79-0091.A	79-0222.A	79-0505.Z	
79-0094.A	79-0226.A	79-0508.A	
79-0095.A	79-0306.A	79-0510.A	
79-0097.A	79-0331.A	79-0511.Z	
79-0099.A	79-0334.Z	79-0512.Z	
79-0103.A	79-0338.A	79-0513.Z	
79-0109.Z	79-0349.A	79-0514.Z	

Tabla 24. Listado de tornillos clasificados como los de mayor uso.



Capítulo 2 INSTRUCCIONES DE EMBALAJE



Product name	
Supplier Identification Number	
Customer Ident. Number	
Drawing Number	
PSW Registration Number	

PACKAGE	
Type of package	
Nr. of pieces in one package	
Nr. of pieces in one layer	
Number of layers	
Weight	
Others	
Dimensions	Length Width Height

Transport packaging	
EuroPallet	yes
Wooden Pallet, Metal Pallet	
Weight	
Others	
Dimensions	Length Width Height
	120 80 100

Total Nr. of boxes on the pallet	
Nr. of boxes-layers on the pallet	
Total Nr. of pieces on the pallet	
Weight of the pallet	

Made out by	
Approved by	
Valid from	
Valid till	

Were the stress tests performed to test the possibility of component damage	YES/NO	Result

	YES/NO
Component washing	
Preservation	

Packaging Instruction

	Supplier	Client
Company name		Sanz Clima S.L.
Contact person		José Luis Ramírez
Telephone		
e-mail		jiramirez@sanaz.eu

Photography / sketch :	
Label:	Product storage in package:
Packaging before despatch:	Product storage in layers:



Capítulo 3 PLANOS DE LA FÁBRICA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Planos de la fábrica

