



Titulació:

Màster en ingenieria de organizació

Alumno:

Gorka Fernández Ayas

Título TFM:

Estudio para la implantación de técnicas Lean Manufacturing en una empresa de mecanizado de alta precisión.

Director del TFM:

Albert Suñé Torrents

Convocatoria de entrega del TFM:

Enero 2019

Contenido de este volumen:

**DOCUMENTO 1.- MEMORIA I ANEXOS**



## RESUMEN

---

Este proyecto consiste en realizar un estudio de la situación actual de la empresa para posteriormente analizar, planificar e implantar técnicas Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la mecanización de alta precisión a nivel mundial.

Se procederá a conocer el Lean Manufacturing, especialmente enfocado a la aplicación del SMED, la mejora continua kaizen y las 5S con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la calidad y eliminar todo aquello que no aporta ningún valor al producto. Con esta metodología se introducirá una nueva cultura empresarial y, en consecuencia, la búsqueda de la optimización de los procesos para dotar a la empresa de flexibilidad y adaptación a la industria de hoy en día.

Se hará una introducción sobre la empresa para conocer cuáles son los procedimientos, cultura y valores, entre otros, para posteriormente analizar y comparar una vez establecidas las nuevas metodologías de trabajo. También, se enfatizará en el sector en el cual se encuentra la empresa, con la maquinaria CNC con un futuro prometedor.

Aspectos que se puedan pensar que tienen poca importancia en el mundo laboral, se verá cómo juegan un papel fundamental. Todo ello sustentado por un estudio económico de la viabilidad del proyecto y un cambio en la mentalidad y forma de trabajar de las personas de la empresa, obteniendo como resultado la reducción de tiempos en preparación de máquina, un aumento de facturación y plazos de entrega.



## ABSTRACT

---

“This project consists of carrying out a study of the current situation of the company in order to later analyse, plan and implement Lean Manufacturing techniques in a company dedicated to high-precision mechanisation worldwide.

It will proceed to know Lean Manufacturing, especially focused on SMED application, continuous improvement Kaizen and 5S in order to increase productivity, improve quality and eliminate everything that adds no value to the product. This methodology will introduce a new business culture and consequently, the search for process optimization to provide the company with flexibility and adaptation to today's industry.

An introduction will be made on the company to know what the procedures, culture and values are, among others, to later analyze and compare once the new working methodologies are established. It will also be emphasized in the sector in which the company is located, with the CNC machinery with a bright future.

Aspects that may be thought to have little importance in the world of work, we will see how they play a fundamental role. All this is supported by an economic study of the viability of the project and a change in the mentality and way of working of the people in the company, resulting in the reduction of machine preparation times, an increase in turnover and delivery deadlines.”



## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>1. AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>1</b>
<b>DECLARACIÓN DE HONOR.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
2.1. OBJETIVO.....	2
2.2. ALCANCE DEL PROYECTO .....	3
2.3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	4
2.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	5
<b>3. LA EMPRESA .....</b>	<b>6</b>
3.1 NOMBRE Y SITUACIÓN .....	6
3.2 MISIÓN Y VISIÓN .....	7
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA.....	8
3.4 MAQUINARIA .....	9
3.4.1 Centros de mecanizado.....	10
3.4.2 Tornos de control numérico .....	14
3.4.3 Fresadoras y taladros .....	15
3.4.4 Maquinaria auxiliar .....	18
3.5 MATERIA PRIMA.....	18
3.6 HERRAMIENTAS .....	19
3.7 LAYOUT ACTUAL.....	21
3.8 AREAS PRODUCTIVAS.....	22
3.8.1 Materia Prima .....	22
3.8.2 Planta Mecanizado.....	23
3.8.3 Expediciones y Acondicionamiento .....	23
3.8.4 Metrología.....	23
3.8.5 Almacenes y stocks .....	23



<b>4. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE MAQUINARIA CNC .....</b>	<b>24</b>
4.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL CNC.....	25
4.2 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA MAQUINA CNC.....	26
4.3 FUNCIONAMIENTO DE UN CENTRO DE MECANIZADO CNC .....	28
<b>5. INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING.....</b>	<b>30</b>
5.1.- INTRODUCCIÓN .....	30
5.2.- DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES.....	31
5.3.- ESTRUCTURA DEL LEAN MANUFACTURING.....	33
5.4.- PRINCIPIOS DEL SISTEMA LEAN .....	34
5.5.- CONCEPTO DE DESPILFARRO .....	34
5.5.1.- Sobreproducción.....	35
5.5.2.- Esperas.....	35
5.5.3.- Transporte .....	36
5.5.4.- Movimientos.....	36
5.5.5.- Defectos.....	37
5.5.6.- Procesos.....	37
5.5.7.- Inventario.....	37
5.6.- MEJORA CONTINUA. CONCEPTO KAIZEN .....	38
<b>6. TÉCNICAS LEAN .....</b>	<b>39</b>
6.1.- LAS 5S.....	39
6.2.- SMED. CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS .....	40
6.3.- TPM. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	42
6.4.- CONTROL VISUAL.....	44
6.5.- JIDOKA.....	45
6.6.- TÉCNICAS DE CALIDAD .....	46
6.7.- HEIJUNKA .....	48
6.8.- KANBAN .....	50
6.9.- SISTEMAS DE PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL.....	51

<b>7. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN INICIAL.....</b>	<b>52</b>
7.1.- PREPARACIÓN DE MÁQUINA.....	52
7.1.1.- Herramientas.....	56
7.1.2.- Utillajes.....	57
7.1.3.- Material.....	58
7.1.4.- Programa mecanizado.....	59
7.2.- CALIDAD.....	60
7.2.1.- Medios de control.....	60
7.2.2.- Detección de errores.....	61
7.2.3.- Indicadores de calidad.....	61
7.3 LIMPIEZA Y ORDEN EN PLANTA PRODUCTIVA.....	62
7.4 MANTENIMIENTO.....	62
<b>8.- PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>63</b>
8.1 SMED.....	63
8.1.1. Operario SMED.....	68
8.1.2. Utillajes.....	69
8.1.3. Materia Prima.....	70
8.1.4. Herramientas.....	71
8.1.5. Programa CNC.....	75
8.1.6. Carros de herramientas.....	77
8.1.7. Orden de los puestos de trabajo (5S).....	78
8.1.8. Departamento de planificación.....	79
8.1.9. Departamento de producción.....	80
8.1.10. Departamento de aprovisionamiento.....	81
8.2 CALIDAD.....	83
8.2.1. Autocontrol.....	83
8.2.2 Sistema de aceptación y rechazo.....	85
8.2.3 Registros de los medios de control.....	86
8.2.4 Indicadores de gestión.....	88
8.2.5 Gestión de no conformidades.....	91
8.3 SISTEMA DE PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL.....	93



8.3.1. Panel informativo con indicadores .....	93
8.3.3. Participación en toma de decisiones .....	94
<b>9.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS .....</b>	<b>95</b>
9.1.- COSTES E INVERSIONES .....	95
9.2.- ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA.....	96
9.3.- BENEFICIOS INTANGIBLES PREVISTOS .....	99
9.4.- PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO PROPUESTO.....	100
9.5.- ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES .....	101
<b>10.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
10.1.- LÍNEAS FUTURAS.....	103
<b>11.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: Listado de equipos (Elaboración Propia).....	10
Tabla 2: Listado de materiales .....	19
Tabla 3: Listado de herramientas (Elaboración Propia).....	20
Tabla 4: Nomenclaturas de la maquinaria CNC (Elaboración propia).....	25
Tabla 5: Evolución histórica del CNC (Elaboración propia) .....	25
Tabla 6: Principios Lean (Elaboración propia).....	34
Tabla 7: Resumen etapas SMED (Elaboración propia).....	41
Tabla 8: Preparación de máquina (Elaboración propia) .....	54
Tabla 9: Separación operaciones internas y externas (Elaboración propia).....	66
Tabla 10: Costes e inversiones (Elaboración propia) .....	95
Tabla 11: Porcentaje reducido tiempo preparación .....	96
Tabla 12: Préstamo y condiciones .....	96
Tabla 13: Estudio viabilidad económico (Elaboración propia).....	98
Tabla 14: Planificación del trabajo propuesto (Elaboración propia) .....	100

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1: Logotipo de la empresa (Facilitado por la empresa) .....	6
Ilustración 2: Polígono Santa Margarida (Elaboración propia) .....	6
Ilustración 3: Ubicación de la empresa (Elaboración propia) .....	6
Ilustración 4: Distribución de planta actual (Facilitado por la empresa) .....	21
Ilustración 5: Diagrama de conexionado CNC (Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial).....	27
Ilustración 6: Lenguaje de programación CNC (Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial).....	29
Ilustración 7: Evolución histórica del Lean Manufacturing (Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad.).....	32
Ilustración 8: Estructura Lean Manufacturing (Ilustración 7: Evolución histórica del Lean Manufacturing (Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad.).....	33
Ilustración 9: Los 7 despilfarros (Maldonado, J. A. (2011). Gestión de procesos (o gestión por procesos). EUMED-Universidad de Málaga.) .....	35
Ilustración 10: Las 5S (Rosas, J. (2014). Las 5 S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida. Recuperado de <a href="http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm">http://www. paritarios. cl/especial_las_5s. htm.</a> ) .....	39
Ilustración 11: Fases para reducir el tiempo de cambio ( <a href="http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg">http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg</a> -micro autor Ing. Francis Peredes R.) .....	42
Ilustración 12: Eficiencia general del equipo (Material propio) .....	44
Ilustración 13: Concepto Jidoka ( <a href="https://leanbox.es/jidoka/">https://leanbox.es/jidoka/</a> ) .....	45
Ilustración 14: Matriz de autocalidad (arrizabalaga consulting mejora de tu productividad empresarial eficiencia organizacional y excelencia operacional).....	46
Ilustración 15: Ciclo PDCA ( <a href="https://www.stocklogistic.com/ciclo-pdca-mejora-logistica/">https://www.stocklogistic.com/ciclo-pdca-mejora-logistica/</a> ) .....	47
Ilustración 16: Nivelación mix (Material propio) .....	49
Ilustración 17: Almacen herramientas actual (elaboración propia) .....	56
Ilustración 18: Almacén utillajes actual (Elaboración propia) .....	57
Ilustración 19: Almacén MP actual (Elaboración propia).....	58
Ilustración 20: Almacén MP actual (Elaboración propia).....	59
Ilustración 21: Almacen medios de control (Elaboración propia) .....	60
Ilustración 22: Medios de control (Elaboración actual).....	60
Ilustración 23: Orden y limpieza (Facilitado por empresa).....	62
Ilustración 24: Mantenimiento correctivo y preventivo (Elaboración propia) .....	62
Ilustración 25: Gestión utillajes (Facilitado por empresa) .....	69
Ilustración 26: Etiqueta trazabilidad materia prima (Elaboración propia) .....	70
Ilustración 27: Gestión herramientas (Elaboración propia).....	72





Ilustración 28: Entrada y salida de herramientas (Elaboración propia).....	73
Ilustración 29: Herramientas en máquina .....	74
Ilustración 30: TopSolid (www.topsolid.com).....	75
Ilustración 31: Hoja de herramientas (Facilitado por empresa) .....	76
Ilustración 32: Carros porta herramientas (www.comansa.eu) .....	77
Ilustración 33: Comparativa medios de control en máquina (Elaboración propia).....	78
Ilustración 34: Carros móviles (www.comansa.eu) .....	79
Ilustración 35: Control SMED (Elaboración propia) .....	80
Ilustración 36: Preparación herramientas SMED (Elaboración propia) .....	81
Ilustración 37: Control pedidos herramientas (Elaboración propia) .....	82
Ilustración 38: Pedidos pendientes de recibir (Elaboración propia).....	83
Ilustración 39: Pauta genérica de autocontrol (Elaboración propia).....	84
Ilustración 40: Pauta de autocontrol (Elaboración propia) .....	84
Ilustración 41: Sistema de aceptación y rechazo (Elaboración propia) .....	85
Ilustración 42: Ficha nuevo equipo (Elaboración propia) .....	86
Ilustración 43: Etiquetas estado del equipo (Elaboración propia).....	87
Ilustración 44: Nuevo almacenaje medios de control (Elaboración propia).....	87
Ilustración 45: Sistema de tarjetas (Elaboración propia).....	88
Ilustración 46: Estadísticas e indicadores calidad (Elaboración propia) .....	90
Ilustración 47: Report 8D (Elaboración propia) .....	92
Ilustración 48: Panel informativo (Elaboración propia) .....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1: Tiempo productivo diario (Elaboración propia) .....	55
Gráfico 2: Porcentaje operaciones internas y externas .....	67

---



## 1. AGRADECIMIENTOS

---

Agradecer a la empresa Bmec Technology la disponibilidad, dedicación, tiempo y material facilitado para la consecución de este proyecto. Por apostar por un ingeniero joven con nuevas ideas y ser tan abiertos y flexibles para su implementación.

Mención especial a mis padres y mi pareja por el apoyo, paciencia y comprensión mostrado por cada uno de ellos durante el transcurso de la realización de este.

Finalmente, agradecer a mi tutor, Albert Suñé, por la oportunidad de realizar este trabajo, por su entera disponibilidad y por los conocimientos transmitidos durante imprevistos surgidos en este largo trayecto.

## DECLARACIÓN DE HONOR

---

I declare that,

the work in this Master Thesis is completely my own work, no part of this Master Thesis is taken from other people's work without giving them credit, all references have been clearly cited,

I'm authorised to make use of the company's related information I'm providing in this document.

I understand that an infringement of this declaration leaves me subject to the foreseen disciplinary actions by *The Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTECH*.

\_\_\_\_\_

Student Name

\_\_\_\_\_

Signature

\_\_\_\_\_

Date

Title of the Thesis: Estudio para la implantación de técnicas Lean Manufacturing en una empresa de mecanizado de alta precisión.

## 2. INTRODUCCIÓN

---

### 2.1. OBJETIVO

El objetivo principal de este proyecto es conseguir mediante la implantación de la metodología SMED una disminución en los tiempos de preparación que permita a la compañía tener una mayor productividad y flexibilidad y, por consiguiente, poder aumentar la cartera de pedidos.

El gerente de la empresa quiere aprovechar de manera más eficientes las horas máquina-hombre y se ha encontrado en la situación en que los clientes demandan más pedidos. A día de hoy, no se pueden realizar por falta de capacidad. Se piensa que esta técnica puede ser una buena solución y se consiga el aumento de la producción diario en mínimo un 40%.

Por lo tanto, el objetivo será diseñar una estructura interna en que se disminuya el tiempo de las preparaciones sin depender de las piezas a fabricar. Se tiene que estandarizar muchas de las operaciones para que la metodología de preparación sea igual para todas las máquinas.

Este proyecto no debe suponer una gran inversión para la compañía, aproximadamente sobre unos 150.000€, ya que ésta, no puede realizar actualmente grandes inversiones. Por lo tanto, con los recursos existentes y algunos no existentes se debe realizar este proyecto.

## 2.2. ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto no se centra en analizar una preparación concreta de una máquina y aportar soluciones sobre los utillajes o componentes de preparación, sino en adoptar una metodología dentro de la empresa en su globalidad que permita instaurar este método.

En fases posteriores del proyecto se entrará en detalle en aspectos técnicos para acabar de optimizar el proceso de producción, pero se prestará especial atención en adoptar una mentalidad orientada a la mejora y un flujo de valor en la cadena de producción, flexibilizando a la empresa para posteriores retos o exigencias.

En este proyecto, se tratarán diferentes elementos como son las herramientas, los utillajes de preparación, los programas de mecanización y la importancia del departamento de oficina técnica. Finalmente, modificar aspectos del sistema interno propio de la empresa, para poder supervisar y llevar a cabo toda la metodología Lean. Aparte, se tendrá en cuenta los flujos de materiales e información, así como la redistribución de la planta y su layout.

La empresa en la que se va a realizar este proyecto no dispone de producto estándar, sino que se producen productos personalizados bajo demanda, por lo tanto, cada preparación para cada producto es distinta, ya que, provienen de clientes de diferentes sectores dónde demandan materiales totalmente diferentes. De ahí la importancia de adoptar un sistema interno preparado para que las preparaciones de cualquier máquina sean rápidas y eficientes sin tener en cuenta los lotes de piezas.

### 2.3. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto comenzará en realizar un análisis de cuál es la situación inicial de la empresa. En otras palabras, conocer de qué manera se están llevando a cabo todas las operaciones que tengan que ver con las preparaciones de máquina.

Una vez tengamos los resultados, se analizarán y se estudiarán de manera detallada para posteriormente encontrar soluciones que permitan que la empresa tenga una estructura sólida y permita disminuir al máximo el tiempo de preparación de las herramientas.

Es muy importante concienciar a toda la organización de la importancia de este proyecto y todas las ventajas que supone para ésta. En general, el personal de la empresa es reacio al cambio, pero se intentará persuadir y continuar hasta llegar al objetivo.

Un dato importante es el tema de la inversión, ya que, como hemos dicho anteriormente la inversión disponible es de 150.000€ aproximadamente, por lo tanto, habrá que valorar los recursos disponibles actuales y buscar diferentes funciones que éstos puedan realizar.

Es importante informar del seguimiento de este proyecto a todas las personas de la organización mediante reuniones y comunicados. En este tipo de proyectos, los avances se van implementando poco a poco y la comunicación es fundamental.

Al final del proyecto, se analizará la viabilidad de éste y conociendo la inversión que está dispuesta a realizar la empresa se hará una valoración posterior si se excede de lo disponible.

.

## 2.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente, el cambio en el sector metalúrgico es tan rápido, que o te adaptas cada vez y la organización es flexible al cambio o, por el contrario, te quedas fuera del mercado.

Con la aportación de la tecnología, estos cambios son cada vez más rápidos y casi sin tiempo a reaccionar, por lo tanto, las organizaciones tienen que estar preparadas para ello.

Dependiendo el valor que tengan los productos para los clientes, o incluso las funciones que vayan a desempeñar, los clientes suelen ser muy sensibles al precio. En este proyecto se trata de una empresa que se dedica a la mecanización, por lo tanto, es un sector de alta competitividad y dónde el precio tiene una gran importancia para los clientes.

La demanda es clara, piezas con una alta calidad con un precio razonable, es decir, el menor precio posible. Para poder ser competitivo y poder ofertar un buen precio al cliente, se tienen que controlar los gastos de la organización y analizar dónde se pueden reducir.

Aquí es donde entra de lleno la técnica del SMED. Si a la empresa gasta en mecanizar una pieza mucho menos tiempo, le habrá costado menos y, por lo tanto, podrá ofertar un precio más bajo al cliente, quizás obteniendo una ventaja competitiva respecto a los competidores.

Por consiguiente, el hecho de introducir esta técnica a la empresa aporta más flexibilidad al cambio, mejor respuesta en base a las demandas de los clientes. A su vez, permite aumentar la productividad, así mismo, aumentar la facturación ya que se puede aumentar la cartera de clientes.

En conclusión, es importante para las organizaciones que una de sus actividades diarias o semanales es realizar una preparación, valorar la implantación de la técnica SMED, ya que, introduce a la empresa en la mejora continua i en el desarrollo de sus procesos. El quedarse quieto puede dejarte fuera del mercado, así que, es necesario evolucionar.

## 3. LA EMPRESA

### 3.1 NOMBRE Y SITUACIÓN

La empresa en la que se va a realizar el proyecto se llama B.Mec Technology S.L.

Esta empresa del sector metalúrgico que se dedica a la mecanización de piezas de alta precisión para diferentes sectores. Entre ellos destacan el sector del automóvil, farmacéutico, alimentario y del embalaje.

La empresa trabaja mediante un sistema pull, es decir, que no produce nada hasta que no hay una demanda real de un producto por parte de un cliente. En el momento en que la demanda está presente, la producción se hace efectiva. Este método es muy común en productos fabricados bajo demanda o productos que son personalizados.

Actualmente, la empresa trabaja con diferentes materiales para la fabricación de los lotes, dependiendo los requisitos de cliente. Desde aceros y hierros hasta plásticos y bronces son los materiales más usuales hasta el momento.

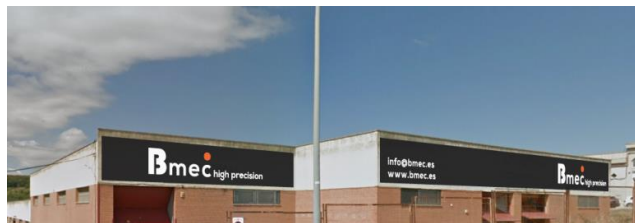


Ilustración 1: Logotipo de la empresa (Facilitado por la empresa)

Esta empresa está localizada en el Vallés Occidental, concretamente en Terrassa en el polígono industrial de Santa Margarida.

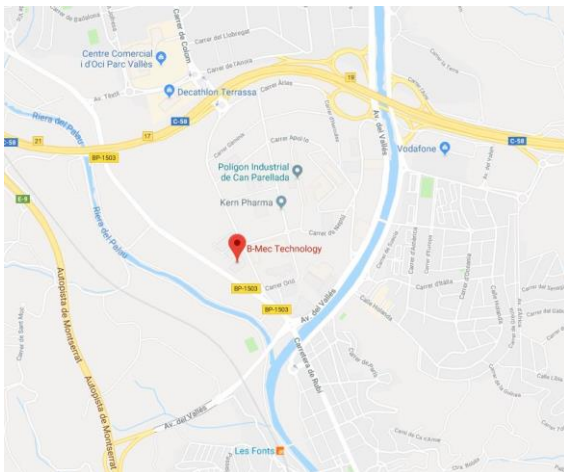


Ilustración 3: Ubicación de la empresa (Elaboración propia)

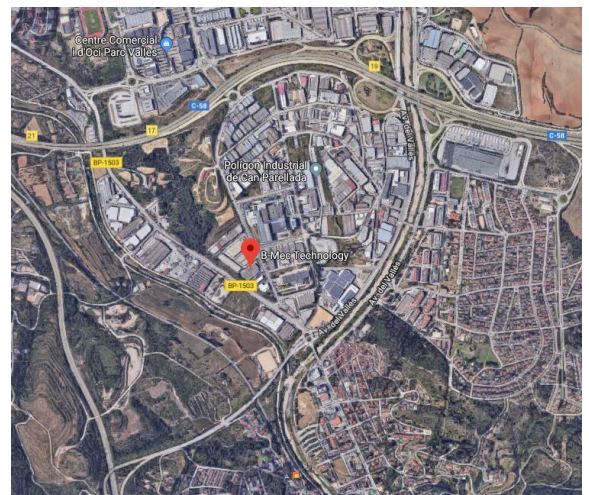


Ilustración 2: Polígono Santa Margarida (Elaboración propia)

## 3.2 MISIÓN Y VISIÓN

BMEC nace con el objetivo de utilizar sus experiencias personales para cubrir las necesidades del mercado. Dedicada a la fabricación y mecanizado de piezas y componentes de maquinaria en diferentes tipos de materiales con una alta precisión. El valor añadido de BMEC, se basa en el servicio, la flexibilidad, la agilidad de respuesta y la precisión de sus mecanizados.

La precisión en los mecanizados es la actividad principal, que desde sus orígenes y hasta la actualidad, no ha cesado de ampliarse y adecuarse a las necesidades y exigencias del mercado, tanto en recursos específicos, como en instalaciones e infraestructuras.

### **Misión:**

“Dar soluciones a nuestros clientes. Fomentar el cambio, desarrollo y mejora de BMEC mediante la comunicación de lo que se hace y cómo se hace, informando sobre los objetivos y las propuestas, escuchando y ofreciendo más oportunidades para la participación activa de todos nuestros profesionales cumpliendo con todos nuestros grupos de interés.”

“En BMEC apostamos por el camino de la mejora continua. Alentamos el cambio, desarrollo y mejora con los siguientes conceptos:

- Comunicar lo que se hace y cómo se hace.
- Comunicar los objetivos y propuestas.
- Somos una empresa en constante desarrollo, dinámica, profesional y tecnológicamente avanzada.
- Comprometida con la innovación y el desarrollo tanto profesional como industrial.”

### **Visión:**

“BMEC apuesta por el camino de la mejora continua. Es una empresa en constante desarrollo, dinámica, profesional y tecnológicamente avanzada. Comprometida con la innovación y el desarrollo tanto profesional como industrial. BMEC quiere consolidarse dentro del sector metalúrgico como una de las empresas pioneras de mecanizados de alta precisión, todo ello sustentado por los valores de profesionalidad, rigor, eficiencia y alta precisión”



### 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

La empresa BMEC es una empresa familiar pequeña que cuenta con más de 35 empleados. El año pasado se cumplieron 25 años desde su creación.

La forma jurídica de la empresa es Sociedad de Responsabilidad Limitada S.L

La empresa cuenta con tres naves continuas dónde se reparten las diferentes áreas productivas con más de 2.000m<sup>2</sup>, una amplia zona para almacenar materia prima y la última tecnología en maquinaria.

Como se ha dicho anteriormente, trabaja bajo demanda, por lo tanto, es importante optimizar el tiempo de producción para poder aumentar la facturación con las mismas horas de máquina.

BMEC apuesta por la "Calidad Total" incorporando una estrategia para el logro de objetivos en la empresa invitando a participar a todos los miembros de la misma en una tarea común.

Actualmente, la empresa dispone del certificado ISO 9001:2015 desde hace un año.

La empresa tiene un alto know-how sobre diferentes tipos de piezas, como pueden ser soldadores, pinzas o unidades guiadas que ha ido alcanzando a lo largo de todos estos años. No tiene producto propio, aunque antiguamente si se comercializaba.

La empresa tiene diferentes clientes de diferentes sectores y no solamente trabaja dentro del ámbito nacional, sino que desde hacer cinco años ha abierto sus puertas al mercado internacional. Actualmente el 40% de la facturación proviene de exportaciones. Portugal, Francia, Italia, Alemania, Rep. Checa, Polonia, Bélgica, Suiza o Austria son algunos de los países de Europa donde más importamos.

Se fabrican prototipos, series y componentes de todo tipo para diferentes sectores industriales. A continuación, se nombran los principales:

- Automoción
- Envase y embalaje
- Farmacéutico
- Alimentación
- Sector tecnológico

### 3.4 MAQUINARIA

En este apartado se van a detallar cada una de las máquinas de la planta productiva ya que en éstas serán dónde se harán las preparaciones que se van a estudiar en este proyecto.

Actualmente la empresa cuenta con:

- **Centros De Mecanizado**

Mecanizado de 3 y 4 ejes OKUMA que garantizan la seguridad de nuestros procesos de mecanizado en cualquier material. Controlado por sensores de medición RENISHAW.

- **Tornos De Control Numérico**

Torneado de piezas pequeñas y medianas garantizando las tolerancias más precisas, con lo cual desaparece la necesidad de llevar a cabo procesados posteriores.


- **Fresadoras Y Taladros**

Ajustes de piezas complejas mediante técnicas de fresado convencionales sin dejar de lado la calidad y precisión en los procesos.

- **Maquinaria Auxiliar**

Optimizamos nuestros procesos de fabricación con todo tipo de maquinaria auxiliar de apoyo al mecanizado más complejo y preciso. Dentro de este apartado incluiríamos soldaduras, sierras automáticas y roscado neumático.

A continuación, se lista toda la maquinaria disponible actualmente por la empresa y sobre las cuáles afectará el proyecto:

		LISTADO DE EQUIPOS		
Código equipo	Descripción equipo	Marca / Modelo	Mantenimiento Int./Ext.	Fecha Adquisición
0-1	Sierra automática	MOD Z70	Interno	1980
0-2	Sierra automática	SABI	Interno	1975
3-FR3	Fresa MRF	FU 145	Int/Ext	1995
4-T4	Torno PINACHO	S90/260	Int/Ext	1999

5-TL5	Taladro ERLO	TCA-45BV	Int/Ext	2003
9-CNC9	Centro OKUMA	MB-46 VAE	Int/Ext	2006
11-R11-1	ROSCAMAT	S300	Int/Ext	1996
11-R11-2	ROSCAMAT	S300	Int/Ext	1999
11-R11-3	ROSCAMAT	S300	Int/Ext	2001
11-R11-4	ROSCAMAT	S200	Int/Ext	2008
13-TCN13	Torno CN OKUMA	LB 300M	Int/Ext	2006
16-CNC16	Centro OKUMA – 4º eje	MB 46 VAE	Int/Ext	2.011
18-FR18	Fresa MRF	LAGUN	Int/Ext	1995
19-CNC19	Centro OKUMA – Doble Palet	MX-45 VAE	Int/Ext	2000
21-IXION	IXION – Prof.	TL 1.1	Int/Ext	2002
25-CNC25	Centro OKUMA – 4º eje	MB 46 VAE	Int/Ext	2006
26-CNC26	Centro OKUMA	MC 6VAE	Int/Ext	1988
27-CNC27	Centro OKUMA – Doble Palet	MF-46VA	Int/Ext	2008
28-CNC28	Centro OKUMA – 4º eje	MC 60VAE	Int/Ext	2015

*Tabla 1: Listado de equipos (Elaboración Propia)*


### 3.4.1 Centros de mecanizado

Dentro de los centros de mecanizado la empresa dispone actualmente de siete máquinas que se van a detallar a continuación. La empresa dispone de maquinaria de 3 y 4 ejes con los que mecaniza un lote u otro dependiendo de los requisitos y necesidades de los clientes.

Todos los centros son de la marca OKUMA, una marca pionera y destacada en el sector máquina – herramienta. Al trabajar con piezas de alta precisión es necesaria una maquinaria acorde.

A continuación, se muestran cada una de las fichas de máquinas:

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MB-46 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	CNC 9
<b>Nº EJES</b>	3		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de mesa [mm] : 760 x 460</li> <li>- Recorrido del eje X-Y-Z [mm] : 560 / 460/ 460</li> <li>- Velocidad del husillo principal : 8.000               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de herramientas : 20</li> </ul> </li> <li>- Desplazamientos X-Y-Z [m/min] : 40/ 40/ 32</li> <li>- Superficie [mm] :1.900/1.950x2.715</li> </ul>			

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MB-46 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	CNC 25
<b>Nº EJES</b>	3		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de mesa [mm] : 760 x 460</li> <li>- Recorrido del eje X-Y-Z [mm] : 560 / 460/ 460</li> <li>- Velocidad del husillo principal : 8.000               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de herramientas : 20</li> </ul> </li> <li>- Desplazamientos X-Y-Z [m/min] : 40/ 40/ 32</li> <li>- Superficie [mm] :1.900/1.950x2.715</li> </ul>			

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MB-46 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>CNC 16</b>
<b>Nº EJES</b>	4		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de mesa [mm] : 760 x 460</li> <li>- Recorrido del eje X-Y-Z [mm] : 560 / 460/ 460</li> <li>- Velocidad del husillo principal : 8.000               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de herramientas : 20</li> </ul> </li> <li>- Desplazamientos X-Y-Z [m/min] : 40/ 40/ 32</li> <li>- Superficie [mm] :1.900/1.950x2.715</li> </ul>			

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MC-6 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>CNC 26</b>
<b>Nº EJES</b>	3		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de mesa [mm] : 1.530 x 630</li> <li>- Recorrido del eje X-Y-Z [mm] : 1.530 / 630/ 610</li> <li>- Velocidad del husillo principal : 8.000               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de herramientas : 20</li> <li>- Peso total: 11.220 kg</li> </ul> </li> <li>- Superficie [mm] :3.900 x 4.665 x 3.400</li> </ul>			

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MF-46 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>CNC 27</b>
<b>Nº EJES</b>	3 – Doble palet		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<p>Tamaño de mesa [mm] : 760 x 460            Recorrido del eje X-Y-Z [mm]: 760/ 560/ 460            Velocidad del husillo principal [min-1]: 8.000            Número de herramientas: 20            Desplazamientos rápidos X-Y-Z [m/min]: 40/ 40/ 32            Superficie [mm]: 2.406/2.456x3.270</p>			

<b>Bmec</b> high precision	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Centro de mecanizado	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	MC-60 VAE	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>CNC 28</b>
<b>Nº EJES</b>	4		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<p>Tamaño de mesa [mm] : 1530 x 630            Recorrido del eje X-Y-Z [mm]: 1500/ 630/ 601            Velocidad del husillo principal [min-1]: 7.000            Número de herramientas: 20            Medidas (m): 4,65 x 3,8 x 3,26            Peso (kg): 11.000</p>			

### 3.4.2 Tornos de control numérico

Dentro de los tornos de control la empresa dispone actualmente de dos máquinas que se van a detallar a continuación. La empresa dispone de maquinaria de control numérico y maquinaria convencional con los que mecaniza un lote u otro dependiendo de los requisitos y necesidades de los clientes.

El torno de alta precisión es OKUMA, una marca pionera y destacada en el sector máquina – herramienta. Al trabajar con piezas de alta precisión es necesaria una maquinaria acorde.

A continuación, se muestran las fichas de máquinas que pertenecen a este apartado:

		FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA	
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Torno CNC	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Okuma	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	LB 300 M	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>TNC 13</b>
<b>Nº EJES</b>	3 – Horizontal		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
Longitud máxima de torneado (mm): 500 Diámetro máximo de volteo (mm) : 370 Diámetro interior husillo (mm): 62 Número de torretas: 12 Velocidad de rotación (rpm): 4.500 Barra Máxima: Ø62 x 500			

		<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>	
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Torno tradicional	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	Pinacho	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	S-90 / 260	<b>CODIGO INTERNO</b>	<b>TN 4</b>
<b>Nº EJES</b>	3 - Horizontal		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
<p>Distancia entre puntos (mm): 3.150          Diámetro máximo de volteo (mm) : 530          Peso (kg): 2.280          Dimensiones (mm). 4.500 x 1.050 x 1.730          Velocidad de rotación (rpm): de 30 a 1.500          Barra Máxima: Ø78 x 1.500</p>			

### 3.4.3 Fresadoras y taladros

La empresa cuenta con dos fresadoras dónde el cabezal se puede situar tanto de manera horizontal como vertical dependiendo el tipo de fresado a realizar. Realizar alta precisión en esta maquinaria es complicado por el simple hecho de la caída de la máquina cuando se mecaniza.

También, se dispone de una máquina de taladros profundos sobre todo usada para las resistencias de soldadores. A continuación, se puede apreciar la ficha técnica de cada uno de éstos:



	FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Fresadora	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	MRF	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	FU 145	<b>CODIGO INTERNO</b>	FR 3
<b>Nº EJES</b>	3		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
Tamaño de mesa [mm] : 1.450 x 320 Recorrido del eje X-Y-Z [mm]: 1.100/ 320/ 400 Revoluciones cabezal (rpm): 1.500 Cono: ISO 40 DIN 2080 Medidas (mm): 1.820 x 1.720 x 1.980 Peso (kg): 3.090			

	FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		
<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Fresadora	<b>UBICACIÓN</b>	Producción
<b>FABRICANTE</b>	LAGUN	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado
<b>MODELO</b>	GUM 152	<b>CODIGO INTERNO</b>	FR 18
<b>Nº EJES</b>	3		
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
Tamaño de mesa [mm] : 1.525 x 325 Recorrido del eje X-Y-Z [mm]: 1.100/ 320/ 400 Revoluciones cabezal (rpm): 1.800 Cono: ISO 40 DIN 2080 Medidas (mm): 1.870 x 1.520 x 1.680 Peso (kg): 2.600			

	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>			
	<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Taladros profundos	<b>UBICACIÓN</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	IXION	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado	
<b>MODELO</b>	TL 1.1	<b>CODIGO INTERNO</b>	IXION	
<b>Nº EJES</b>	3			
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>				
<p>Tamaño de mesa [mm] : 1.200 x 500                  Capacidad de perforación [mm]: Ø4 – Ø16                  Revoluciones cabezal (rpm): 6.500                  Recorrido husillo (mm): 650                  Medidas (mm): 2.5000 x 1.400 x 1.900                  Peso (kg): 3.100</p>				

	<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>			
	<b>REALIZADO POR:</b>	Gorka Fernández	<b>FECHA</b>	20.02.19
<b>MAQUINA</b>	Taladro	<b>UBICACIÓN</b>	Producción	
<b>FABRICANTE</b>	ERLO	<b>SECCIÓN</b>	Mecanizado	
<b>MODELO</b>	TCA – 45 BO	<b>CODIGO INTERNO</b>	TL 5	
<b>Nº EJES</b>	3			
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>				
<p>Recorrido del eje X-Y-Z [mm]: 600/ 250/ 600                  Diámetro de columna [mm]: 175                  Revoluciones cabezal (rpm): 1.300                  Capacidad de taladro (mm): 64                  Profundidad de taladro (mm): 240                  Peso (kg): 640</p>				

### 3.4.4 Maquinaria auxiliar

Dentro de este apartado se podrían introducir el resto de maquinaria que dispone la empresa, como, por ejemplo, las máquinas roscadoras, los equipos de soldadura, las sierras automáticas para cortar la materia prima o incluso el puente grúa y la carretilla.

Por lo tanto, se va a mostrar para tener una idea los tres equipos que son los más usados dentro de la planta productiva:



### 3.5 MATERIA PRIMA

La empresa trabaja con diferentes tipos de materiales dependiendo de las especificaciones del cliente. Dispone de varios proveedores que suministran toda la variedad de material.

La trazabilidad de éstos es importantísima dentro de la política empresarial igual que las características del material, ya que, se tendrá que mecanizar y las herramientas serán distintas.

A continuación, se lista todos los tipos de material con los que trabaja la empresa:

Aceros al carbono	Aceros bonificados
Aceros de cementación	Aceros de nitruración
Aceros de temple	Aceros de muelle
Aceros de herramientas	Aceros para trabajo en caliente

Aceros para trabajo en frío	Aceros para moldes
Bronces	Cupro-berilio
Cupro-nickel	Cupro-aluminio Latón
Cobre	Cobre aleado
Aluminio	Nickel-alloys
Titanio	Acero inoxidable
Acero inoxidable dúplex	Acero inoxidable Súper-dúplex Plásticos

*Tabla 2: Listado de materiales*

### 3.6 HERRAMIENTAS

Obviamente para mecanizar es necesario disponer de herramientas. Hay herramientas que son standard que sirven para cualquier tipo de material y función y habrá otras que son más específicas para cumplir una especificación de cliente concreta.

Será muy importante dentro del proyecto, conocer la ubicación, cantidades y funciones para no perder tiempo cuando se preparen.

Las herramientas suelen ser bastante caras y tener un almacén desordenado o un uso inadecuado comporta unos costes elevadísimos para la empresa. Por lo tanto, las herramientas serán un pilar fundamental en este proyecto.

A más a más, hay herramientas que necesitan de su calibración para funcionar o comprobar que el porta herramientas es adecuado, por lo tanto, habrá que prestar especial atención a este apartado para conseguir el objetivo propuesto.

A continuación, se listan las principales herramientas con las que trabaja la empresa:

BROCA HSS	FRESA HSS
PLAQUITAS	MACHOS PARA ROSCAR
FRESOLINES HSS	CALIBRES
BROCAS DE WIDIA	FRESA WIDIA
FRESOLIN WIDIA	ESCARIADOR HSS
ESCARIADOR WIDIA	SIERRAS
BANDAS	PORTA-HTA
DISCO PULIR	ESMERILADORA
GARRAS TORNO	HERRAMIENTAS DE MANO
AVELLANADORES	PLATOS
BROCA PLAQUITAS	HTAS. ESPECIALES
TORNILLERIA INSERTOS INOX	MATERIAL SOLDADURA

*Tabla 3: Listado de herramientas (Elaboración Propia)*

### 3.7 LAYOUT ACTUAL

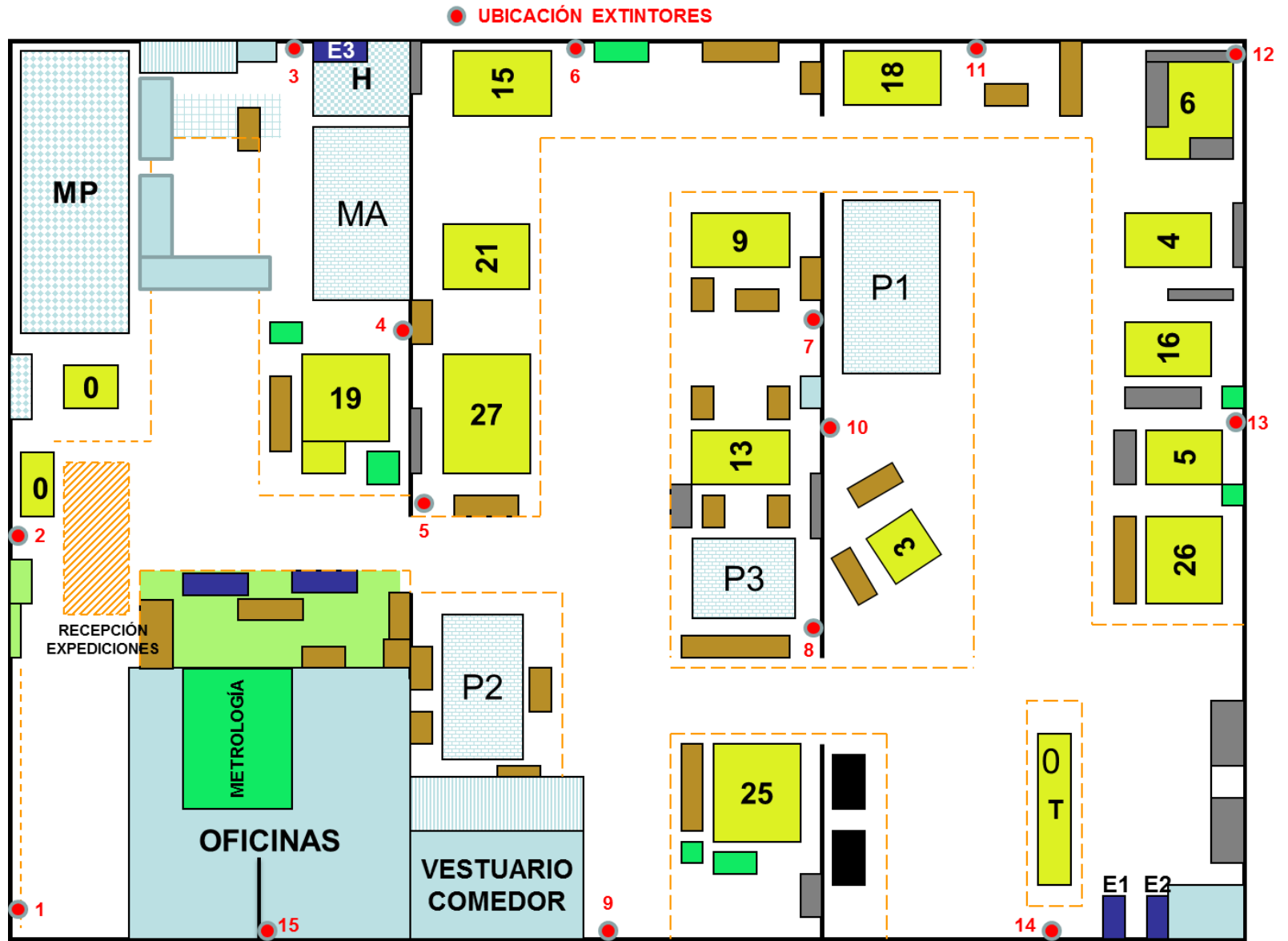


Ilustración 4: Distribución de planta actual (Facilitado por la empresa)

### 3.8 AREAS PRODUCTIVAS

La empresa contiene diferentes áreas productivas, desde que llega la materia prima por parte del proveedor o del mismo cliente, hasta el área de acondicionamiento y expediciones para la entrega del producto final elaborado.

Las cinco áreas se encuentran repartidas en las tres naves que dispone la empresa. Es interesante conocer en que disposición actual se encuentran cada una de estas áreas, ya que, quizás es una buena opción rediseñar el layout y colocar las máquinas de otra manera para ganar tiempo productivo.

Cuando un operario pueda llevar dos máquinas, no es lo mismo si el operario tiene las máquinas una al lado de la otra, ya que, el tiempo de desplazamiento será inferior.

Las áreas productivas de la empresa son las siguientes:

1. Zona materia prima.
2. Planta productiva.
3. Zona de expediciones y acondicionamiento.
4. Metrología
5. Almacenes y stocks.

#### 3.8.1 Materia Prima

En esta zona recoge diferentes aspectos. En primer lugar, el almacén dónde se encuentra la materia prima actual y aquellos palets de dimensiones pequeñas.

En segundo lugar, en esta zona también se realiza el corte de material por medio de las sierras automáticas y es dónde se encuentran elementos de carga y descarga cuando vienen los proveedores a descargar, como, por ejemplo, transpaleta, toro y puente grúa.

Finalmente, en esta zona se hace la trazabilidad de cada uno de los materiales, para luego relacionarlos con la orden de fabricación y poder hacer el seguimiento correcto.

### 3.8.2 Planta Mecanizado

Dentro de esta área, se encuentran todas las máquinas detalladas anteriormente en las fichas de máquina. Aquí es dónde se quita material a la materia prima, dándole la forma que pide el cliente en base a sus especificaciones.

Es la zona dónde se añade valor al producto y dónde principalmente se centrará este proyecto para que las máquinas no paren y funcionen el máximo tiempo posible.

### 3.8.3 Expediciones y Acondicionamiento

En esta área están disponibles todos los embalajes con los que se acondiciona el producto acabado antes de enviar a cliente. Toda la preparación, manipulación y acondicionamiento se realiza en esta zona.

Hay piezas críticas de alta precisión que requiere de un embalaje especial que se pide a proveedores que se dedican a la fabricación de éstos. La empresa no solamente trabaja para clientes de ámbito nacional sino también internacional, por lo tanto, las piezas pasan por distintos transportes dónde pueden sufrir golpes entre las piezas o ralladas. De ahí la importancia de esta área.

### 3.8.4 Metrología

La empresa dispone de medios de control de alta precisión para poder verificar y hacer el seguimiento de todos los lotes que se fabrican. Dispone de una sala acondicionada dónde se realizan todo tipo de mediciones para cumplir con las especificaciones de los clientes.

Medios como calibre pasa y no pasa, rugosímetro, tridimensionales y palmer tanto interiores y exteriores, son algunos de los medios de control de los que dispone la empresa actualmente.

### 3.8.5 Almacenes y stocks

Se dispone de tres almacenes: un almacén de materia prima, dónde hay distintos materiales y retales; un almacén de producto acabado dónde se almacenan todas aquellas unidades que se han hecho demás y no se pueden entregar a cliente con todos los costes que supone y finalmente un almacén dónde se ubican tanto las herramientas como los utillajes.

En este proyecto se prestará especial atención en el almacén de herramientas y utillajes para que las preparaciones sean más rápidas y eficientes.



## 4. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE MAQUINARIA CNC

Una parte de este proyecto está basado en aplicar la técnica SMED en las preparaciones que tienen lugar en los centros numéricos de control de los cuáles dispone la empresa. Por esa razón, es necesario tener cuatro conceptos básicos sobre qué son, para qué sirven y cómo funcionan. De esta manera se podrá tener una mejor visión de cómo aplicarlo y en qué elementos se tiene que poner especial atención.

Para estar en situación, primero hay que conocer que significa la nomenclatura CNC. CNC significa "control numérico computarizado". Una máquina de este tipo a diferencia de las máquinas más convencionales se puede controlar tanto la posición como la velocidad de los motores que accionan los ejes que tiene la máquina. Gracias a esto, se pueden hacer movimientos que manualmente serían impensables de hacer como, por ejemplo, líneas diagonales, círculos o figuras 3D complejas.

Mediante la "computadora" u ordenador de control se controlan tanto los movimientos de la mesa, el carro y el husillo. Cuando se programa la máquina ésta ejecuta todas las operaciones automáticamente. En la actualidad, se encuentran un gran número de máquinas CNC, ya no solamente en grandes industrias, sino que se pueden encontrar en cualquier taller de pequeña o mediana envergadura.

Existen tanto centros de control verticales como horizontales. En este trabajo se va a trabajar con los verticales. Se podrían definir como una máquina de tipo industrial, que realiza un proceso de mecanizado mediante una herramienta rotatoria que se monta en un cabezal que tiene una orientación vertical. A continuación, se muestra una tabla con distintos conceptos sobre este campo:

CONCEPTO	SIGNIFICADO
NC	"Numerical Control" o "Control Numérico", es decir, control mediante números.
CNC	"Computer Numerical Control" o "Control Numérico Computarizado", es el mismo NC que se amplía además con un módulo "inteligente".
CAE	"Computer Aided Engineering" o Cálculo Asistido por Computadora.
CAD	"Computer Aided Design" o "Diseño Asistido por Computadora"
CAM	"Computer Aided Manufacturing" o "Manufactura Asistida por Computador"
CIM	"Computer Integrated Manufacturing" o "Manufactura Integrada por computador Interconectado". Se unen todos los departamentos de una empresa

DNC	“Direct Numerical Control” o “Control Numérico Directo”
-----	---

Tabla 4: Nomenclaturas de la maquinaria CNC (Elaboración propia)

#### 4.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL CNC

El origen del CNC se traslada a principios de los años cincuenta, concretamente, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, dónde por primera vez se automatizó una fresadora.

Sobre el año 1942 apareció lo que se podría llamar el primer CNC. Esto surgió por la necesidad del sector aeronáutico, ya que, se necesitaba fabricar unas hélices para helicópteros de diferentes configuraciones cada una.

En esta época, las computadoras eran enormes, incluso de mayor tamaño que la máquina que controlaban. Eso requería mucho espacio. Actualmente, cada vez son más baratas y más pequeñas con lo que el uso del CNC se puede encontrar en cualquier máquina como centros de mecanizado, fresadoras, rectificadoras, máquinas de coser, etc.

A continuación, se muestra una tabla dónde se pueden apreciar los distintos desarrollos que han ido pasando los CNC a lo largo del tiempo:

Año	DESARROLLO
1957	Entra en funcionamiento la primera máquina herramienta controlada numéricamente, una Cincinnati Hydrotel con husillo vertical.
1960	Fabricantes alemanes presentan su primera máquina de Control Numérico en la feria de Hannover.
1965	Aparecieron los primeros cambiadores automáticos de herramientas. El control se encargaba del ritmo de los procesos de cambio.
1970	Se presentan en el mercado los primeros controles de CNC.
1979	Se realiza un empleo intenso de estaciones externas de programación. La máquina de CNC se engloba en una red interconectada con un computador.
1985	Aparecen controles de CNC con entrada de programas gráficos interactivos (CAD-CAM)

Tabla 5: Evolución histórica del CNC (Elaboración propia)

Con el paso del tiempo este tipo de máquinas han jugado un papel importantísimo y fundamental dentro del campo de la industria manufacturera. A partir del CNC se han comercializado muchas máquinas diferentes para distintos procesos productivos.

El hecho de poder introducir en la máquina diferentes herramientas es un gran paso adelante. Ya que, por ejemplo, si hay que fabricar una pieza que conlleva diferentes operaciones como puede ser fresado, mandrinado y perforado, la mayor eficiencia sería tener una máquina en la que se puedan hacer todas estas operaciones y no tener diferentes máquinas para hacer cada una de ellas.

Por lo tanto, el control numérico se introdujo en los procesos de fabricación por diferentes motivos:

- Necesidad de fabricar cantidades elevadas de productos imposible de conseguir sin la automatización de estos procesos.
- Necesidad de fabricar productos complejos con una calidad superior difíciles de conseguir con un operador humano.
- Competitividad de mercado, necesidad de reducir precios.

## 4.2 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA MAQUINA CNC

Es necesario conocer los elementos internos de una máquina CNC para posteriormente conocer su funcionamiento. Estos serían algunos de los elementos imprescindibles:

Armario de conexiones

Podemos encontrar fusibles, amplificadores de los accionamientos y otros componentes necesarios.

**Controlador de interface:** Se ubica en el armario de conexiones y sirve para proporcionar las potencias eléctricas necesarias para que la máquina funcione.

**Tacos generadores:** Miden la velocidad de giro de los motores de avance.

**Sistema de medición del recorrido:** Comunican los movimientos de cada eje del carro al sistema de control.

**Accionamiento del avance:** Controla el avance de los carros y los husillos, cada uno tiene su motor.

**Husillos:** Produce el desplazamiento lineal de los diferentes carros.

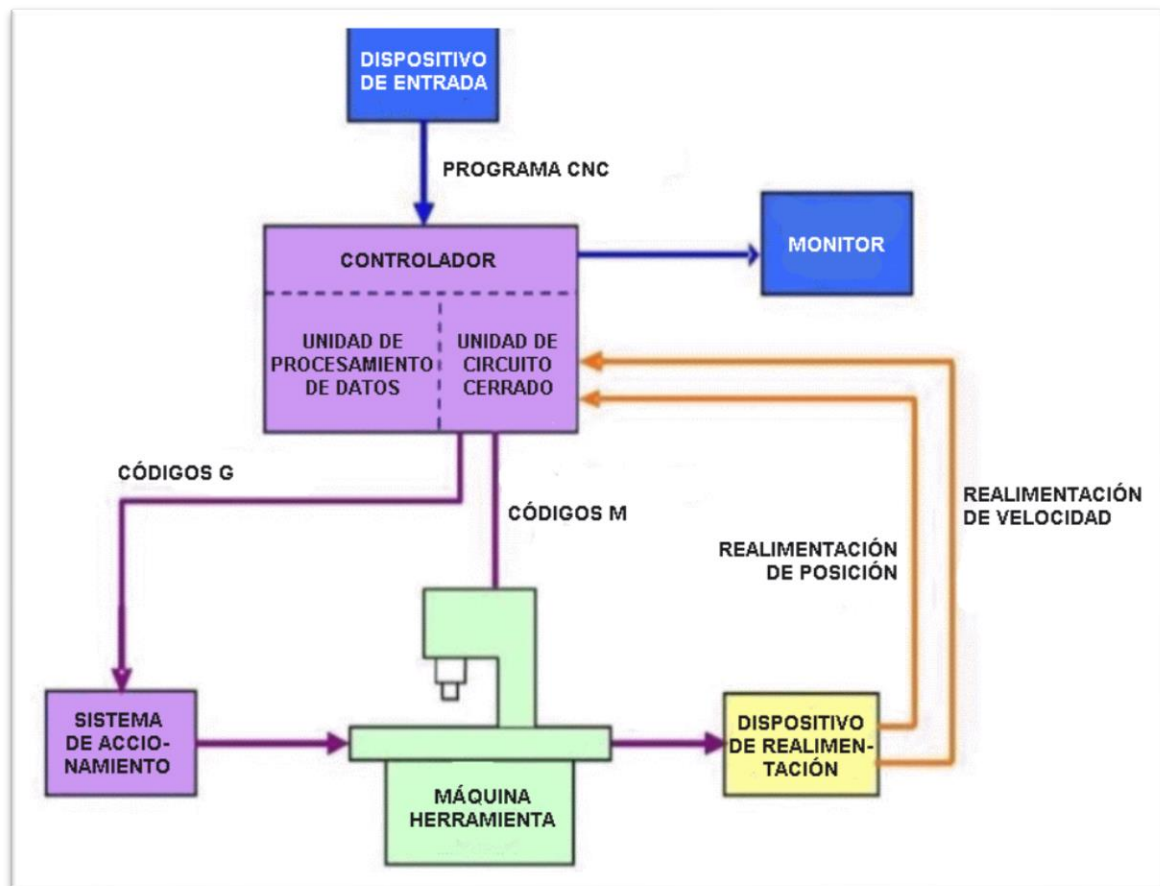
**Cambio de velocidades:** Permite poder controlar la velocidad con la que trabaja la máquina.

**Cambiador automático de herramientas:** La máquina tiene un almacén dónde guarda las herramientas y cambia una por otra automáticamente.

Una máquina CNC, resumiendo, tiene los siguientes seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta
- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores)
- Monitor

A continuación, se muestra un pequeño diagrama de bloques y la conexión entre estos elementos para tener una idea más concisa sobre cada uno de ellos.



*Ilustración 5: Diagrama de conexión CNC (Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial).*

### 4.3 FUNCIONAMIENTO DE UN CENTRO DE MECANIZADO CNC

Las máquinas CNC pueden mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes (hasta cinco ejes) para ejecutar movimientos tridimensionales y poder fabricar piezas que lo necesiten.

Como se puede observar en el diagrama anterior, el controlador recibe las instrucciones del dispositivo de entrada y mediante su propio software traduce éstas en señales eléctricas que activan los motores y ponen en marcha todo el sistema de accionamiento de la máquina.

Para poder tener una idea de cómo funciona una máquina de este tipo, se van a detallar y explicar algunas funciones específicas.

#### 1. Control de movimiento

Las máquinas CNC tienen dos o más direcciones que se pueden programar, las cuáles se llaman ejes de movimiento. Estos ejes pueden tener un movimiento lineal o un movimiento rotatorio. Contra más ejes tenga una máquina más compleja será ésta.

El control del movimiento se puede hacer mediante dos sistemas diferentes:

- **Valores absolutos:** Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- **Valores incrementales:** Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

#### 2. Accesorios programables

Con tan solo un control de movimiento no sería útil, hace falta poder programar la máquina y conocer cuáles son los accesorios programables. Por ejemplo, un centro de mecanizado tendrá al menos las siguientes funciones para poder programar:

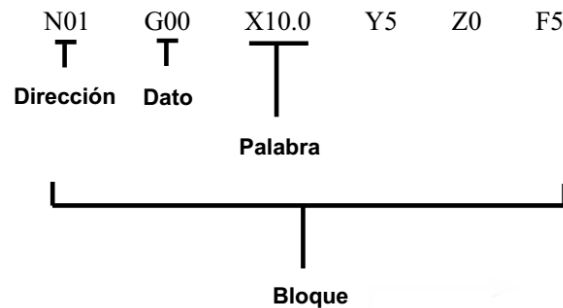
- **Cambiador automático de herramienta:** Una máquina puede tener diferentes herramientas montadas y cuando lo requiera el proceso de mecanización irán cambiando una por otra.
- **Velocidad y activación del husillo:** Es muy fácil especificar la velocidad con la que se mueve el husillo (en rpm).
- **Refrigerante:** Muchas operaciones necesitan de un líquido refrigerante para lubricar y enfriar la herramienta cuando está en el proceso de mecanización. Éste puede activarse o desactivarse durante el proceso.

### 3. Programa CNC

Es un listado secuencial por líneas de las instrucciones que tiene que ejecutar la máquina. Este programa debe contener toda la información necesaria para mecanizar una pieza.

Un programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones Generales (código G)

y Misceláneas (código M). En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo:



*Ilustración 6: Lenguaje de programación CNC (Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial).*

El código G describe las funciones de

movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones misceláneas que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa).

### 4. Controlador CNC

Es el encargado de interpretar el programa y accionar las instrucciones y los comandos en el orden secuencial. Mientras se va leyendo el programa, se van activando las funciones de la máquina. Además de interpretar el programa CNC, también realiza las siguientes funciones:

- Modificar los programas en caso de error.
- Verificar las funciones a realizar para confirmar el programa.
- Especificar, por ejemplo, longitud de las herramientas montadas.

### 5. Programa CAM

El programa CAM se realiza desde un ordenador. Un programador realiza el programa en CAM y este crea automáticamente el programa CNC que luego es cargado en la máquina. El programa CAM funciona conjuntamente con el diseño asistido por computadora (CAD).

### 6. Sistema DNC

Una vez hecho el programa CNC se debe cargar en el controlador y para ello es necesario un sistema DNC (sistema de distribución de control numérico). Un sistema DNC es una computadora conectada en red con una o más máquinas CNC.

## 5. INTRODUCCIÓ AL LEAN MANUFACTURING

---

### 5.1.- INTRODUCCIÓ

El modelo de fabricación ajustada, también conocido como Lean Manufacturing tiene como origen el sistema de producción Toyota o Toyota Production System (TPS). Con el hecho de querer extender el TPS a sus proveedores, con el tiempo se ha ido configurando y formando un modelo que contiene un conjunto de técnicas para la mejora de la productividad.

Este conjunto de técnicas lo que buscan es eliminar lo que se denomina “desperdicio”, es decir, todo aquel proceso o actividad que utilice más recursos de los que son estrictamente necesarios.

Existe toda una filosofía alrededor de este concepto que lo distingue del resto de enfoques y estrategias para mejorar la producción. Este método surgido de la experiencia de las personas que están en contacto con lo que sucede en la planta, ha sido considerado por parte de académicos, directores y consultores.

La industria que puso en marcha el Lean Manufacturing y ha sido pionera ha sido la industria automovilística. Hace tiempo, se pensaba que solo se podía implantar en este sector, pero actualmente, sectores como el alimentario, farmacéutico o de bienes de equipo ya lo han implementado con éxito

El Lean Manufacturing en España, está creciendo en los últimos tiempos y está demostrado que cuando las direcciones de las empresas se comprometen con este modelo se alcanzan siempre resultados muy positivos.

## 5.2.- DEFINICIÓ Y ANTECEDENTES

Como resumen para definir la palabra Lean Manufacturing, o en castellano “producción ajustada”, se podría usar la siguiente definición utilizada por la EOI, Escuela de organización industrial:

*“Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.*

*Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.”*

Todo esto se fundamenta en una nueva cultura organizacional dónde rige la comunicación y el trabajo en equipo. Este término evoluciona constantemente mediante nuevo aprendizaje y adopción a distintos sectores industriales.

Las técnicas de organización más antiguas surgen en el siglo XX cuando F.W. Taylor y Henry Ford con sus trabajos de fabricación en serie. En ese momento, se empiezan a construir las bases de este método buscando simplificar las tareas, normalizar los productos, sincronizar procesos, entre otros.

No es hasta pasada la segunda guerra mundial, cuando Japón se vio obligado a lograr beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala. Fue ahí cuando dos empresarios de Toyota, Eiji Toyoda y Taiicho Ohno viajaron a las empresas estadounidenses, en este caso a Ford, para ver qué sistema productivo tenían y poder sacar conclusiones.

Vieron que no se podía adaptar a las empresas japonesas y concluyeron adaptando la denominada filosofía Just in time, es decir, producir solo aquello que pedía el cliente cuando el cliente lo solicitara.

Una vez culminada su visita hicieron simples innovaciones como el Sistema de Producción Toyota (TPS). Máquinas a medida en base al volumen real, introducir la prueba de errores para garantizar la calidad y un sistema de cambio rápido para poder producir un volumen más pequeño de piezas. Todo esto hizo posible el coste bajo, mayor variedad, mejor calidad y tiempos productivos muy rápidos para dar respuesta a los clientes.



En el año 1973 con la crisis del petróleo, muchas empresas japonesas desaparecieron, en cambio, Toyota destacaba por encima de las demás. En este momento, es cuando el resto de las empresas japonesas empiezan a adoptar y fomentar este nuevo modelo.

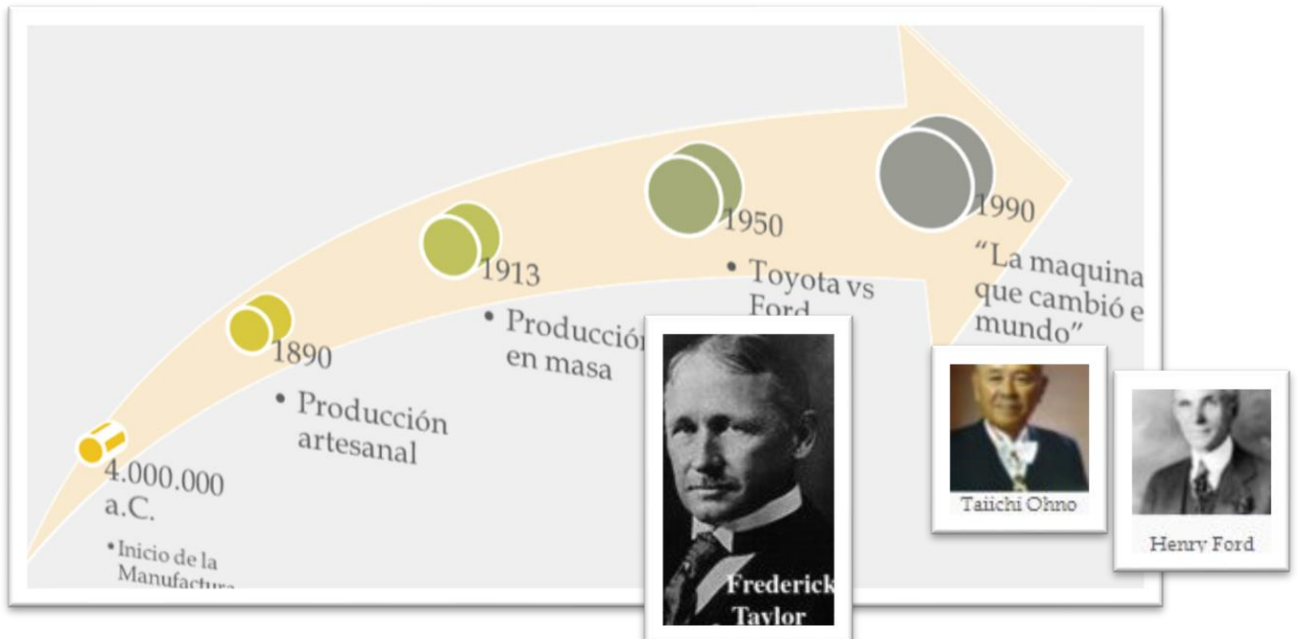


Ilustración 7: Evolución histórica del Lean Manufacturing (Tejeda, A. S. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad.*)

La primera vez que se utilizó el término Lean fue en libro, *La máquina que cambió el mundo* (Womack, Roos, y Jones, 1990), donde se introduce el Lean como un desarrollo del TPS. En un volumen posterior, *Lean Thinking* (Womack y Jones, 1996), se describen los cinco principios Lean:

- 1) Identificar la cadena de valor de cada producto.
- 2) Mapear la cadena de valor.
- 3) Hacer fluir el producto de forma continua a través del proceso.
- 4) Introducir el concepto de que el proceso posterior demanda al anterior, sistema pull.
- 5) Gestionar hacia la perfección de manera que el número de pasos, el tiempo de producción invertido y la información necesaria para servir al cliente caiga continuamente.



Con el paso del tiempo, añadiendo nuevas técnicas que han ido surgiendo como necesidad y superación, se ha ido configurando la filosofía Lean hasta el día de hoy.

### 5.3.- ESTRUCTURA DEL LEAN MANUFACTURING

El objetivo principal del Lean es eliminar los desperdicios mediante la aplicación de técnicas que posteriormente, en los siguientes apartados, se comentaran. Principalmente Lean se fundamenta en un cambio organizacional liderado y con un alto grado de compromiso por parte de la gerencia.

Es complicado hacer una estructura, ya que, Lean se basa en principios, fundamentos, técnicas, etc., aunque a continuación se muestra una imagen como resumen de la posible estructura que puede tener esta filosofía.

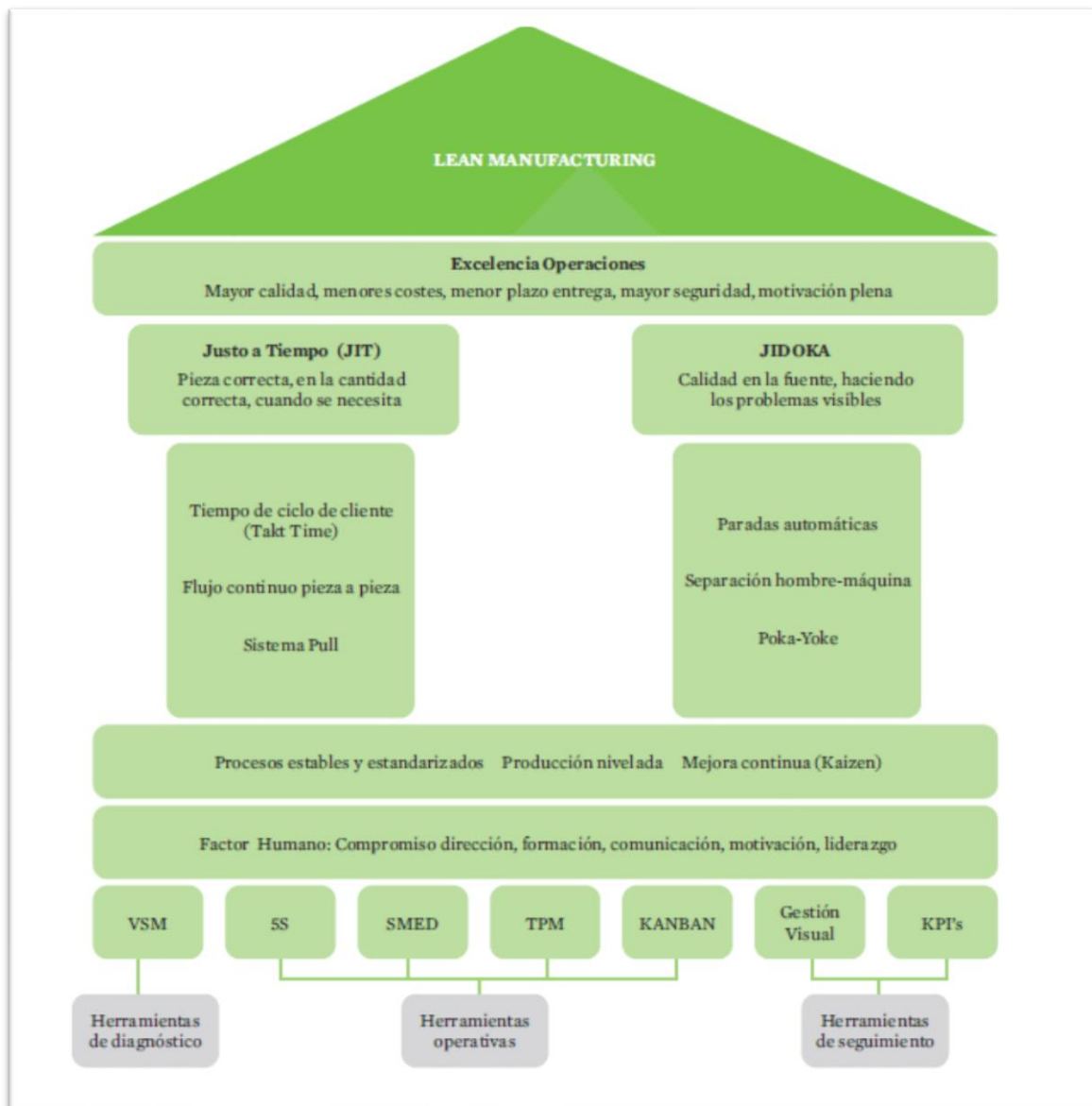


Ilustración 8: Estructura Lean Manufacturing (Ilustración 7: Evolución histórica del Lean Manufacturing (Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad.)

En la parte superior se especifican los objetivos que se quieren conseguir con esta técnica. Se sustenta mediante los dos pilares principales como son Just in Time y Jidoka (detener el proceso en el mismo momento en que se produce alguna condicional anormal en el proceso).

La base de la estructura está fundamentada por el factor humano juntamente con la normalización de los procesos y la mejora continua. Un nivel más abajo se encuentra las técnicas para conseguir estos condicionantes.

Es una breve estructura dónde se puede ver los objetivos principales y las técnicas para obtenerlos.

#### 5.4.- PRINCIPIOS DEL SISTEMA LEAN

A continuación, se presenta una tabla dónde se especifican los principios básicos del sistema Lean, separados en factores humanos y factores operacionales.

FACTORES HUMANOS	FACTORES OPERACIONALES
Crear equipos multidisciplinares	Flujo de proceso continuo
Descentralizar la toma de decisiones	Sistemas pull para evitar sobreproducción
Compromiso de la dirección	Nivelar carga de trabajo en máquina
Comunicación entre departamentos	Estandarizar las tareas
Empleados involucrados con esta filosofía	Eliminar inventarios
Promover mejora continua	Reducir ciclos de fabricación
Formación a todos los niveles	Eliminar despilfarros

Tabla 6: Principios Lean (Elaboración propia)

#### 5.5.- CONCEPTO DE DESPILFARRO

Este concepto se define como *“toda actividad que no añade valor para el cliente, que no transforma el producto, ni contribuye visiblemente a la consecución del bien final, que además consume recursos y por tanto genera un sobrecosto para el productor, que de ser posible debe ser reducida o eliminada”*.

A los despilfarros también se los puede llamar MUDA, término japonés que significa *“inutilidad; ociosidad; superfluo; residuos; despilfarro”*, y que fueron aplicados inicialmente por el ingeniero Taiichi Ohno,

A continuación, se enumeran los 7 principales despilfarros que se han podido identificar en la producción:

1. La sobreproducción.
2. Las esperas.
3. Los transportes.
4. Los movimientos.
5. Los defectos.
6. Los procesos inapropiados o sobreprocesos.
7. El inventario



*Ilustración 9: Los 7 despilfarros (Maldonado, J. A. (2011). Gestión de procesos (o gestión por procesos). EUMED-Universidad de*

### 5.5.1.- Sobreproducción

Este despilfarro se refiere a fabricar más de lo demandado o producir antes de que sea necesario. Muchas veces se llega a pensar que es mejor producir más piezas para minimizar los costes de producción y almacenar las piezas que se han hecho de más, pero eso implica utilizar recursos financieros, mano de obra, materiales, que se podrían haber utilizado en algo necesario.

También se refiere, no solo a producto acabado, sino a producir entre procesos, cuando se produce antes de que se necesite en el siguiente proceso o más cantidades de las necesarias.

Las principales causas son las siguientes:

- Producir más de lo necesario por miedos o “por si acaso”.
- Creer que las máquinas deben trabajar al máximo de su capacidad.
- Planificación errónea
- Líneas de producción mal equilibradas.

### 5.5.2.- Esperas

A la espera se refiere al tiempo durante un proceso productivo en el que no se añade valor al producto. Como puede ser las esperas de material, posibles averías, falta de información, retrasos en fabricación de lotes.

En otros términos, son los denominados cuellos de botella. Se genera una espera porque hay procesos que tardan más o menos que el siguiente.

Las principales causas son las siguientes:

- Proceso desequilibrado, procesos con tiempo distinto.
- Mantenimiento no planeado que obliga a parar la línea.
- Mala gestión de aprovisionamiento.
- Problemas de calidad en procesos anteriores.

### 5.5.3.- Transporte

Se refiere a cualquier movimiento innecesario tanto de un producto como de cualquier material. Solo hay que hacer los justos y necesarios. Pensar e recorridos de movilidad de piezas eficientes, ya que todo implica un coste, equipos y mano de obra.

También hay que tener en cuenta que el hecho de mover un material puede implicar que se dañe. Por lo tanto, todo el desperdicio de tiempo, espacio, entre otros.

Las principales causas son las siguientes:

- Distribución de planta ineficiente.
- Flujo productivo inadecuado.
- Grandes lotes con tiempos altos de fabricación que requiere almacenamiento.

### 5.5.4.- Movimientos

Son todas aquellas actividades que hacen los trabajadores de manera innecesaria ya sea en su puesto de trabajo, desplazarse por el interior de la planta productiva, buscar algo, agacharse, incluso caminar innecesariamente.

Esto disminuye el tiempo dedicado a realizar aquello que realmente aporta valor.

Las principales causas son las siguientes:

- Falta de capacitación de los trabajadores.
- Layout erróneo.
- Mal diseño del puesto de trabajo.
- Instrucciones de trabajo deficientes.

### 5.5.5.- Defectos

Los defectos que ocurran en producción o devoluciones hechas por el cliente no aportan ningún valor. El tener que invertir mano de obra y tiempo para gestionar o atender todos estos defectos son considerados un importante despilfarro. Por lo tanto, es conveniente prevenir que todo esto pase.

Las principales causas son las siguientes:

- Falta de controles en el proceso o incapacidad del operario.
- Baja calidad.
- Mantenimiento de la maquinaria mal planificado.
- Diseño erróneo del producto

### 5.5.6.- Procesos

Hacer cualquier trabajo extra sobre un producto porque los procesos no han sido bien definidos es una pérdida de tiempo. Hay que analizar muy bien qué proceso es necesario y cuál no, para posteriormente eliminarlos. El objetivo es optimizar los procesos y revisarlos constantemente.

Las principales causas son las siguientes:

- Requisitos de cliente poco claros.
- Comunicación poco fluida.
- Modificaciones del diseño de un producto.

### 5.5.7.- Inventario

Se refiere a cualquier stock acumulado por el sistema de producción. Cualquier exceso de materia prima, producto en curso o producto acabado que se tenga que almacenar no tiene ningún valor. Muchas veces este despilfarro proviene de la ineficiencia de los procesos productivos y sirve para minimizar este impacto negativo.

Todo el inventario puede ser dañado, se tiene que invertir tiempo y provoca erros de calidad en el tiempo.

Las principales causas son las siguientes:

- Ineficiencia de proveedores
- Mala comunicación.
- Mala planificación de la producción.
- Mentalidad “por si acaso”.
- Precios inestables.
- Pronóstico de demanda erróneo.

### 5.6.- MEJORA CONTINUA. CONCEPTO KAIZEN

Uno de los conceptos más importantes de la filosofía Lean Manufacturing es la mejora continua. En otras palabras, es la lucha constante por evitar los desperdicios mencionados en el anterior apartado.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI que significa “cambio” y ZEN que significa “bueno”. Kaizen se refiere al cambio de actitud de las personas bajo una cultura de cambio constante.

El significado de ambas palabras puede ser entendido como algo normal o lógico de hacer pero si no está sustentado por un entorno empresarial con un pensamiento de cambio y organización en el tiempo, es imposible.

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, mediante pequeñas innovaciones y mejoras, hechas no solo por directivos sino también por los trabajadores, con el objetivo de garantizar la calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo correcto.

A continuación, se listan los 10 puntos clave del espíritu Kaizen:

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

## 6. TÉCNICAS LEAN

### 6.1.- LAS 5S

El nombre de las 5S viene de las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen esta técnica: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

Esta técnica se basa principalmente en el orden y la limpieza en los puestos de trabajo. Es sencilla de implementar y muy efectiva, por lo que, las empresas, normalmente, cuando empiezan la filosofía Lean Manufacturing, empiezan por las 5S. Los resultados son tangibles y se pueden cuantificar, a nivel visual es rápido de ver y los resultados son obtenidos en un plazo de tiempo corto.

Es una buena manera para que el personal perciba de la importancia y se vaya adoptando a la nueva cultura que se va a implantar en la organización. Normalmente, se genera una actitud positiva por parte del personal. A continuación, están resumidos los principios básicos y pasos de implementación:

#### 1. Eliminar (Seiri)

Clasificar todos los elementos del área de trabajo en si son o no útiles y necesarios.

#### 2. Ordenar (Seiton)

Organizar los elementos que se han clasificado como útiles y necesarios. Es decir, definir una ubicación de cada una de las cosas y marcar las áreas de trabajo, zonas de paso, almacenaje, entre otros.

#### 3. Limpieza e inspección (Seiso)

Comporta asumir la limpieza como una tarea más del día a día para el trabajador y hacer una inspección por si hay elementos a mejorar y cuáles son óptimos. Cualquier desorden encontrado debe ser analizado para conocer las causas iniciales.

#### 4. Estandarizar (Seiketsu)

Consiste en mantener los tres primeros niveles comentados anteriormente. El objetivo es que estos tres niveles se entiendan como algo normal y rutinario. Hacer seguimiento.

#### 5. Disciplina (Shitsuke)

Construir un hábito en el trabajador sobre orden y limpieza.

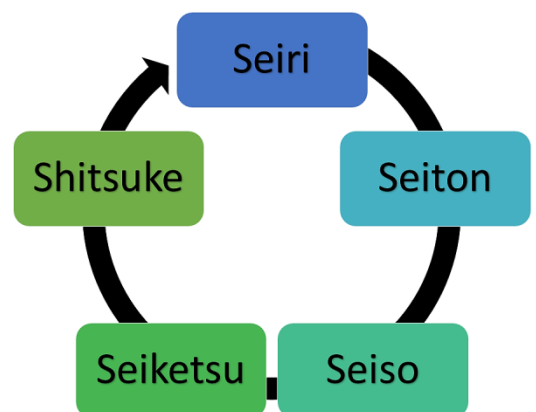


Ilustración 10: Las 5S (Rosas, J. (2014). Las 5 S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida. Recuperado de [http://www.paritarios.cl/especial\\_las\\_5s.htm](http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm).)



## 6.2.- SMED. CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS

La palabra S.M.E.D proviene de la expresión inglesa “Single Minute Exchange of Die” enmarcado en los cambios de preparación en minutos. Este término engloba todas las técnicas y métodos para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos.

El sistema SMED nace por la necesidad de conseguir la producción JIT (Just in Time), uno de los principales problemas productivos de Toyota y se desarrolló para reducir los tiempos de preparación de máquina, intentando hacer lotes de menor tamaño.

Gracias a las ideas y conceptos aportados por Shigeo Shingo, se pudo llevar a cabo el “Just in Time” cómo un sistema revolucionario. Este sistema hizo posible tener unos procesos productivos más flexibles, reducir los costes, aumentar los niveles de productividad y reducir los niveles de inventario.

El hecho de mejorar los tiempos de preparación aporta ventaja competitiva a la empresa que lo aplica. No tan solo reduce los costes sino permite a la organización tener más flexibilidad en sus líneas productivas y a su vez, tener mejor capacidad de respuesta a los posibles cambios de demanda. Al reducir el tiempo de preparación, implica no tener que trabajar con grandes lotes, sino que se puede adaptar a las cantidades demandadas por el cliente, esto evita el hecho de tener stocks innecesarios con todos los costes que suponen para las empresas

Shigeo Shingo en 1950 dijo que había dos tipos de operaciones que se tenían que estudiar cuando se analizaba el tiempo de cambio:

1. **Operaciones Internas:** aquellas operaciones que deben realizarse con la máquina parada.
2. **Operaciones externas:** aquellas operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha.

El objetivo que propuso fue analizar todas estas operaciones, estudiarlas a fondo y conocer qué actividades podían pasar de considerarse internas a externas, al mismo tiempo, estudiando la manera de reducir el tiempo de las operaciones internas, todo esto con la menor inversión posible.

Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

A continuación, se procede a explicar detalladamente cada una de las etapas:

ETAPA	ACTUACIÓN
1.- Etapa preliminar	Estudio y análisis del cambio de operación
2.- Primera etapa	Separar tareas internas y externas
3.- Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
4.- Tercera etapa	Perfeccionar tareas internas y externas

Tabla 7: Resumen etapas SMED (Elaboración propia)

**Etapa preliminar: Tareas internas y externas sin diferenciar.**

En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa. Aquello que se puede hacer de manera externa, se realiza de manera interna lo que suponía tiempo de máquina improductiva. Por lo tanto, es necesario estudiar las condiciones reales de la fábrica.

Una cosa está clara, todo aquello que no se conoce no se puede mejorar, por lo tanto, es importante conocer como se está realizando un procedimiento para darse cuenta de la cantidad de paseos, movimientos inútiles, distracciones, tiempos muertos, etc que realizan los operarios.

**1ª Etapa: Separación de las tareas internas y externas.**

La etapa de separar la tareas internas y externas es considera la más importante dentro del proyecto. Todas las organizaciones entienden que la preparación de los útiles, las herramientas y las operaciones complementarias no se deben hacer mientras la máquina esté parada, sin embargo, suele ocurrir con gran frecuencia.

**2ª Etapa: Convertir las tareas internas en externas.**

Esta etapa comprende dos conceptos diferentes:

1. Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
2. Búsqueda de formas para convertir estos pasos en externos.

Para convertir las tareas internas en externas es muy importante no dejarse llevar por las costumbre o tradiciones sino adoptar nuevos puntos de vista y pensar en la verdadera función de dependiendo que tarea.

### **3ª Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparar.**

Una vez terminadas las dos etapas anteriores, se puede proceder a la mejora de las operaciones fundamentales que se realizan al preparar (tanto tareas internas como externas).

Aunque anteriormente ya se hayan hecho mejoras, las tareas que permanecen aún se pueden mejorar y optimizar aún más. Este ejercicio necesita una gran imaginación y un alto nivel de detalle. Se necesitan mecanismos de sujeción novedosos, aunque la mayoría se encuentran estandarizados en el mercado.

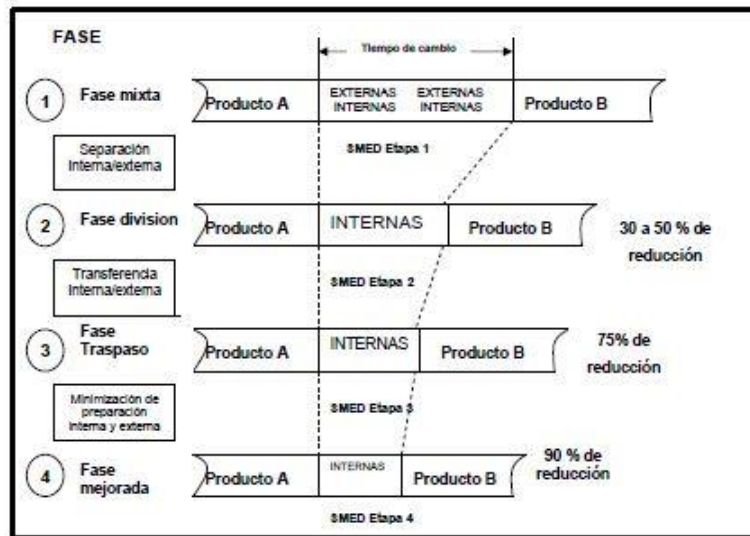


Ilustración 11: Fases para reducir el tiempo de cambio (<http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg>-micro autor Ing. Francis Peredes R.)

### **6.3.- TPM. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

El TPM son un conjunto de técnicas que tienen como objetivo eliminar las averías. La idea es que los activos productivos de una empresa son tarea de todos los miembros.

Lo que se intenta con el TPM es:

- Maximizar la eficacia de un equipo.
- Tener un sistema de mantenimiento para toda la vida del equipo.
- Implicar a todas las personas que trabajan en la empresa.

Como las personas de la empresa son las que se responsabilizan de la conservación y de hacer controles a los equipos productivos, es muy importante, que éstos tengan formación y adquieran conocimientos para saber cuándo hay una avería y cómo resolverla.

A grandes rasgos, estas son las fases de implantación del TPM en una empresa:

### **Fase preliminar**

Recopilar toda la información tanto actual como histórica de todo el mantenimiento de los equipos.

### **Fase 1: Volver a situar la línea en su estado inicial**

El objetivo es dejar ese equipo de la misma manera cómo fue entregada por el proveedor.

### **Fase 2: Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso**

Se considera fuente de suciedad, aquel lugar dónde por mucho que se limpie sigue generando suciedad. Se debe analizar y considerar como mal funcionamiento.

### **Fase 3: Aprender a inspeccionar el equipo**

Formar al personal para que las tareas de mantenimiento se hagan de manera casi autónoma y forme parte del día a día.

### **Fase 4: Mejora continua**

En este paso los operarios trabajan de forma autónoma, se hacen cargo de los equipos y proponen soluciones y mejoras.

Una vez se inicia la implantación del TPM, el proceso tiene que ser auditado para conocer costes, actividades planificadas y fijar nuevos objetivos. Es conveniente fijar también unos indicadores para hacer el seguimiento.

El indicador que toma mayor importancia en el TPM es el denominado Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency). Este indicador compara el número de piezas que se pueden fabricar con el número de piezas fabricadas sin defectos. Este indicador se calcula de la siguiente manera:

$$OEE \text{ (Eficiencia Global de Equipos Productivos)} = D * E * C$$

**D (disponibilidad):** tiempo que realmente un equipo funciona teniendo en cuenta paradas y pérdidas de tiempo por averías.

**E (coeficiente de eficiencia):** mide el nivel de funcionamiento teniendo en cuenta tiempos muertos y paradas menores.

**C (coeficiente de calidad):** cantidad de producción donde se cumplen los requisitos de calidad teniendo en cuenta piezas defectuosas y errores.

A continuación, se muestra una imagen con un resumen más visual:

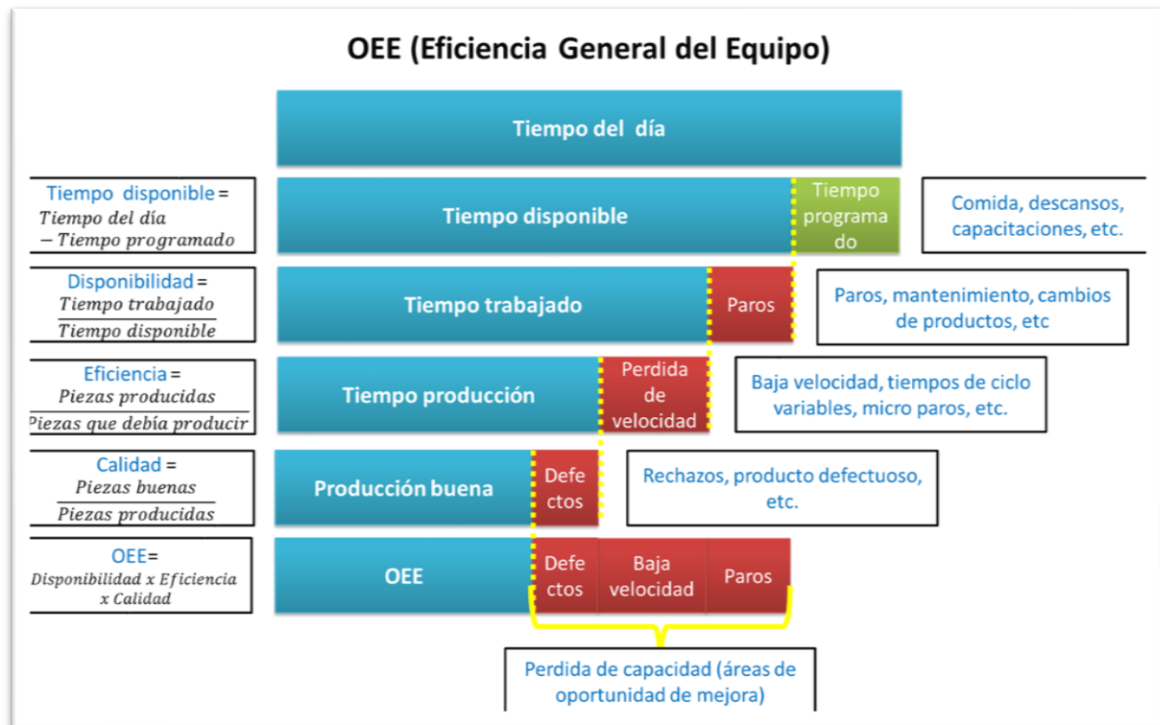


Ilustración 12: Eficiencia general del equipo (Material propio)

#### 6.4.- CONTROL VISUAL

Las técnicas de control visual tienen como objetivo principal mostrar de manera sencilla y evidente la situación del sistema productivo, teniendo en cuenta los desperdicios que pueda haber.

Con estos controles se pretende motivar al personal mediante información sobre sus esfuerzos. Para la implantación y éxito de esta técnica se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- Verificar el compromiso de la compañía.
- Se debe cambiar el modo de concebir los gráficos de control como una mejora en el sistema.
- Permitir al personal participar en la creación de estándares (mejora en la comunicación jerárquica).
- Crear un sistema de responsabilidad compartida entre departamentos.
- Focalizar las funciones en resolver problemas y no culpables.
- Fomentar la mejora continua en los puestos de trabajo.

## 6.5.- JIDOKA

Jidoka es un término japonés, que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización.

Lo que se trata es que cuando haya una anomalía en el proceso, la máquina se detenga automática o manualmente, pero que las piezas defectuosas no sigan en el proceso.

Los empleados de línea se convierten en inspectores de calidad. Cualquier inspección se hace dentro de la línea. El objetivo es controlar el proceso y no el producto, es decir, mejorar el proceso de tal manera que sea el producto que sea no haya defectos.

La máquina trabaja automáticamente y el operario solo actúa si hay cualquier defecto, de esta manera, un operario puede estar atento a diferentes máquinas y, por consiguiente, se reduce el número de operarios y se incrementa el rendimiento productivo.

Cuando es la propia máquina la encargada de detectar los defectos, se establece un sistema de autoinspección, o también conocido como poka yoke. Se trata de mecanismos o dispositivos que una vez instalados, evitan los defectos al cien por cien, aunque se cometan errores.

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



Ilustración 13: Concepto Jidoka  
(<https://leanbox.es/jidoka/>)

Para el Lean Manufacturing es imprescindible delegar la toma de decisiones en cómo solucionar los problemas en los empleados, sin tener que esperar la autorización de los directivos. También destaca por trabajar en equipo para resolver los posibles problemas que aparezcan.

## 6.6.- TÉCNICAS DE CALIDAD

Garantizar una alta calidad es un principio fundamental dentro de la filosofía Lean. Para que todas las piezas que se envíen a cliente cumplan las especificaciones demandadas, es necesario implantar técnicas de calidad.

Las soluciones que se aplican cuando hay un defecto de producción muchas dependen de la creatividad del operario involucrado, por tanto, Lean Manufacturing apuesta por el uso de técnicas de calidad TQM (Total Quality Management). Entre estas técnicas destacan:

### Cheques de autocontrol

Cuando no hay posibilidad de fabricar mecanismos de anti-error, es una buena opción que el operario se encargue de la inspección. El hecho de realizar chequeos puede rebajar notablemente la tasa de defectos en pocas semanas.

Muchas veces estos chequeos son simplemente visuales, pero para que el operario conozca los límites de lo que es válido y no, es necesario una formación. Para ello hay que facilitar los estándares para poder hacer la comprobación y no cometer errores.

### Matriz de Autocalidad

Esta matriz permite visualizar donde se producen los defectos y hasta dónde llegan, es decir, dónde se detectan. En esta matriz se representan cada una de las fases del proceso productivo en filas y columnas.

En esta matriz se recogen todos los datos anotados en las "Hojas de Registro de Defectos". Cuando finaliza un turno, se recogen estas hojas y se realiza la matriz. Una vez analizada la matriz, se realiza un plan de acciones para cada uno de los defectos. Se suele utilizar el diagrama de Pareto para contabilizar los errores más importantes.

El objetivo final de esta matriz es detectar los defectos en el lugar dónde se producen. A su vez, otro objetivo es no entregar ningún defecto a cliente.

	Proveedor		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total ppm
	Externo	Interno				
Fase 1						
Fase 2						
Fase 3						
Cliente interno						
Cliente externo						
Total oom						

Ilustración 14: Matriz de autocalidad (arrizabalaga consulting mejora de tu productividad empresarial eficiencia organizacional y excelencia operacional)

## Ciclo PDCA

También conocido como el ciclo de Deming, es una técnica fundamental para identificar y resolver los defectos. El ciclo se compone de los siguientes:

P (Plan): diagnosticar los problemas, definir los objetivos y la estrategia para abordarlos.

D (Do): llevar a cabo el plan.

C (Control): analizar los resultados.

A (Act): ajustar, aprender de la experiencia, sacar conclusiones y realizar una nueva P o pasar a la S, al estándar, si se cumplen los objetivos.

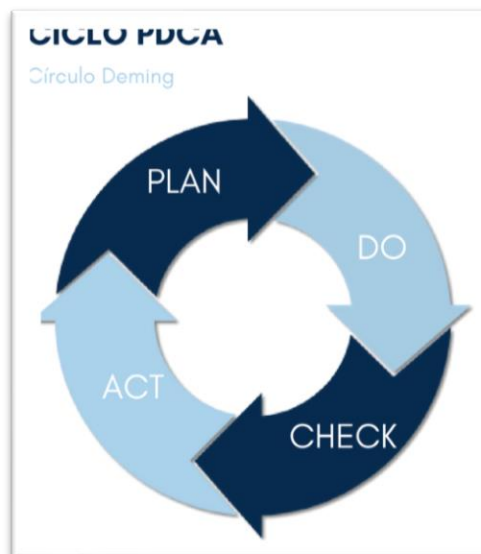


Ilustración 15: Ciclo PDCA  
 (<https://www.stocklogistic.com/ciclo-pdca-mejora-logistica/>)

## Planes cero defectos

Cualquier herramienta de calidad tiene como objetivo tener cero defectos. Un buen plan para lograr este objetivo debería contener las siguientes acciones:

- Entrenamiento básico (Personas)
- Entrenamiento en habilidades múltiples (Personas)
- Control visual (Información)
- Inspección preventiva (Materiales)
- Mecanismos anti-error (Máquina)
- Mantenimiento preventivo (Máquina)
- Producción en flujo (Método)
- Operaciones estándares (Método)
- 5S

## Seis Sigma

Seis Sigma no es una herramienta sino una técnica que combinada con Lean es muy efectiva. Lean Manufacturing evita los despilfarros y Seis Sigma evita la repetitividad.

Seis Sigma es un método de mejora de procesos o productos, con el objetivo de reducir la variabilidad de los mismos, que persigue reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. El objetivo es un máximo de 3,4 piezas defectuosas cada un millón de piezas.



Se utilizan técnicas estadísticas y estudios de variabilidad de procesos. El valor Seis Sigma tiene relación con la desviación típica estándar de la distribución normal por lo que 6 Sigma equivale a una tasa de eficiencia del 99,99966%.

Para conocer la causa raíz de la variabilidad se utiliza un proceso de cinco etapas denominado DMAIC: Definir, Medir, Actuar, Introducir mejoras y Controlar.

Los principios de esta nueva técnica son los siguientes:

- Auténtica orientación al cliente.
- Gestión orientada a datos y hechos
- Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos.
- Gestión proactiva (anticiparse a los acontecimientos).
- Colaboración sin fronteras (trabajo en equipo).
- Basarse en una política de comunicación.
- Compromiso por parte de toda la organización.

## 6.7.- HEIJUNKA

Está técnica y el Kanban, se comentará en el siguiente apartado, surgieron de manera específica en el sector automovilístico. Estan muy unidos a la filosofía Just in Time y contempla tanto producto, proceso y disponibilidad de los recursos necesarios.

Heijunka es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo.

Para aplicar esta técnica existen otras que integradas permiten obtener un flujo continuo de producción. Estas técnicas son:

### Células de trabajo

Según las fases del proceso productivo, se coloca un puesto de trabajo al lado del otro para que haya un ciclo continuo en el que se mueve el producto, desde materia primera a producto acabado.

La filosofía Lean propone la célula de trabajo que tiene la forma física de "U". Lo interesante de esta célula es que la entrada y salida del material se hace por el mismo sitio. Cada célula puede fabricar un subconjunto de una pieza o una pieza entera dependiendo del proceso productivo que ésta necesite.

Cuando se diseñan estas células es interesante:

1. Clasificar por familias de producto.
2. Tener personal polivalente y flexible.
3. Disponer de personal cualificado para diseñar las células de trabajo.
4. Diseñar sistemas anti-error en cada una de ellas.

### **Flujo continuo pieza a pieza**

El concepto de flujo continuo se resume mediante una frase simple: “mover uno, producir uno” (o “mover un pequeño lote, fabricar un pequeño lote”). Es una buena técnica para no producir más de lo que pide el cliente.

El objetivo es el que el flujo productivo se interrumpa lo menos posible, trabajando con un buen ritmo. Para ello es necesario tener en cuenta el flujo de información, el flujo de operarios y el flujo de materiales.

Takt time (tiempo de ritmo)

El takt (compás), se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, convirtiéndose en un número que marca el ritmo al que hay que producir.

$$\text{Takt time} = (\text{tiempo operativo por periodo}) / (\text{Demanda cliente por periodo}).$$

Por ejemplo, Si el turno de trabajo es de ocho horas diarias (480 minutos), 22 días laborables al mes y los clientes compran 52.800 unidades por mes, deberían fabricarse 2.400 unidades al día o una unidad cada 12 segundos. En un proceso de flujo pieza a pieza, cada proceso debería estar diseñado y preparado para producir una unidad cada 12 segundos. Si va más rápido, se producirá en exceso y si va más lento, se creará un departamento cuello de botella.

### **Nivelar el mix y volumen de producción**

Muchas empresas encargan la fabricación de lotes grandes y eso provoca tener poca flexibilidad para responder a cambios en requerimientos de cliente.

Una forma efectiva para resolver este problema es realizar un mix (mezcla) nivelado. Eso significa producir en lotes pequeños incrementando el número de cambios a realizar.



Ilustración 16: Nivelación mix (Material propio)

En la imagen se puede apreciar cómo se haría la nivelación, trabajando por lotes pequeños.

## 6.8.- KANBAN

El “kanban” o tarjeta en japonés, es el sistema de información en la que se basa el Just in Time. Consiste en la petición de materiales para reponer lo que se ha consumido.

Una tarjeta kanban (contenedor con etiqueta o sistema de información) recogen diferente información, como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la denominación y el emplazamiento del centro de trabajo de procedencia de las piezas, el lugar donde se fabricará, la cantidad de piezas a producir, el lugar donde se almacenarán los artículos elaborados, etc.

El objetivo es sincronizar todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y, a su vez, con la línea de montaje final.

Se distinguen dos tipos de kanbans:

1. El kanban de producción, que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
2. El kanban de transporte, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.

La principal aportación del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados. Para ello es muy importante mantener una buena relación con los proveedores, nivelar de manera eficiente la producción y formar un equipo de operarios polivalente.

A continuación se listan las principales reglas del Kanban:

**Regla 1:** El proceso posterior consumirá los productos que necesite en las cantidades precisas.

**Regla 2:** El proceso precedente deberá reponer sus productos en las cantidades consumidas por el proceso siguiente (según indiquen las tarjetas) de forma periódica.

**Regla 3:** Si no existe una tarjeta Kanban, no habrá traslado de materiales. Y si existe, siempre debe adherirse la tarjeta al contenedor de piezas.

**Regla 4:** Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.

**Regla 5:** El número de Kanbans debe minimizarse, con objeto de enlazar mejor los procesos y poner de manifiesto el despilfarro.

## 6.9.- SISTEMAS DE PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL

Estos sistemas de participación del personal (SPP) dan la oportunidad a los empleados a expresar sus ideas sobre diferentes aspectos de la organización. Para que funcione, obviamente, es necesaria la participación del personal.

Los aspectos principales en las que se basa son:

- Seguridad en el trabajo
- Condiciones de trabajo
- Formación
- Comunicación personal
- Participación en la mejora
- Implicación de todos

En la filosofía Lean los sistemas más usados son los grupos de mejora y los sistemas de sugerencias.

### Grupos de mejora

Se pueden dividir en dos dependiendo la finalidad y la organización:

1. Equipos de mejora: equipos multidisciplinares que abordan temas de resolución de problemas o creación nuevas técnicas.
2. Grupos autónomos de producción (GAP): grupos de un área determinada que abordan temas de procesos y producción

### Programas de sugerencias

El objetivo es aprovechar las ideas de los empleados, con el objetivo de avanzar en la mejora continua, reducir costes, entre otros. En la sugerencia debe anotarse el “antes” y el “después”.

En principio, las sugerencias deben enfocarse hacia los siguientes temas:

- Mejora de la calidad y de los procesos.
- Ergonomía y seguridad de los puestos de trabajo.
- Reutilización y aprovechamiento de materiales.
- Eliminación de cualquier tipo de despilfarro.
- Ahorros de energía, horas máquina, gastos generales, etc.



## 7. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN INICIAL

---

En este apartado se va a realizar una breve descripción de cuál era la situación de la empresa antes de querer implantar ninguna técnica de Lean Manufacturing.

Se hace un pequeño resumen de tan solo aquellas áreas de trabajo en las que posteriormente se va a focalizar todos los esfuerzos para aplicar la mejora continua.

Principalmente, el reto es estudiar estos aspectos para eliminar desperdicios. Las áreas que se van a tratar en este proyecto son:

1. Tarea de preparación de máquina cuando se hace un cambio de serie.
2. Área de calidad.
3. Mantenimiento realizado a los equipos productivos.
4. Orden y limpieza tanto en puestos de trabajo como en la planta productiva.

### 7.1.- PREPARACIÓN DE MÁQUINA

Uno de los aspectos importantes dentro de este proyecto será revisar exhaustivamente todas las funciones que se realizan cuando se prepara una máquina, es decir, cuando se hace el cambio de preparación de lote en una misma máquina.

Como ya se ha comentado anteriormente, este proyecto se realiza en una empresa dedicada a la mecanización de alta precisión, por lo tanto, la empresa dispone de varios equipos a preparar, a veces, incluso, cada uno más de una vez al día dependiendo de la fabricación.

La empresa es consciente de la cantidad de recursos y tiempo que está invirtiendo cuando se hace la preparación, así que, es importante que ésta sea rápida y eficaz.

Antes de empezar el proyecto se afirmó que era un punto débil de la empresa dónde había muchísimas mejoras a realizar y dónde se podía ganar mucho tiempo para dedicarlo a la fabricación y no a la preparación.

En la siguiente tabla se detallan las principales funciones que se realizan sin tener en cuenta ninguna técnica Lean, es decir, el funcionamiento actual diario. Estas tareas que se describen, muchas dependen de la complejidad de la fabricación, es decir, en algunas fabricaciones se necesitarán más herramientas que en otra y el tiempo de mecanizado y realización del programa de mecanizado será distinto.

Por lo tanto, se han calculado los tiempos medios, para tener un punto de partida para poder analizar. La tabla es la siguiente:

### PRINCIPALES TAREAS DE PREPARACIÓN DE MÁQUINA

Nº	TAREA	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIONES
1	Sacar última pieza de la máquina del lote acabado	0,5	
2	Coger pistola de aire para limpiar utillaje	0,02	
3	Limpiar el utillaje y el interior de la maquina	0,4	
4	Coger llave Allen	0,02	
5	Desapretar tornillos y bridas del utillaje	0,5	
6	Dejar todos los complementos encima de la mesa	0,1	
7	Aflojar mordazas y sacar útil	0,5	Dependerá del número de mordazas (tiempo medio)
8	Dejar útil en la mesa	0,5	
9	Desmontar mordazas (a veces 1 o dependiendo la faena 5)	10	Dependerá del número de mordazas (tiempo medio)
10	Poner mordazas en la mesa y acabar de limpiarlas	4	
11	Dejar la máquina limpia para próxima faena	2	
12	Hablar con responsable de para conocer siguiente faena	1	
13	Estudiar y analizar siguiente faena	15	
14	Ir hasta el almacén de herramientas	0,5	
15	Montar las herramientas	35	Dependerá del número de herramientas necesarias (tiempo medio)
16	Calibrar las herramientas en sala de verificación (Parlec)	10	Dependiendo cuántas sea necesario calibrar
17	Volver a la máquina	0,5	
18	Ir a la zona de corte	0,5	
19	Encontrar material en el almacén de materiales	3	
20	Poner material en la sierra automática	2	

21	Cortar material con exceso de medida	20	Dependiendo la cantidad de piezas (tiempo medio)
22	Volver a la máquina	0,5	
23	Encontrar el útil necesario para fabricar el siguiente lote	3	
24	Hablar con responsable de para pedir los accesorios del utillaje	2	
25	Volver a la máquina	0,5	
26	Montar útil en la maquina con sus accesorios	10	
27	Montar herramientas una a una anotando el orden	20	Dependerá del número de herramientas necesarias (tiempo medio)
28	Realizar programa de mecanizado	90	Depende de la complejidad y el tiempo de mecanizado (tiempo medio)
29	Tomar ceros (eje de coordenadas)	10	
30	Coger una pieza y ponerla en el útil	1,5	
31	Hacer prueba con la pieza para confirmar que el programa se ha realizado correctamente	30	Depende de lo largo que sea el programa (tiempo medio)
32	Cambiar aquello incorrecto que se detecte al realizar la prueba	7	Dependiendo del error detectado
33	Quitar pieza de la maquina	0,5	
34	Llevar la pieza al departamento de calidad una vez mecanizado	0,5	
35	Volver a la máquina	0,5	
36	Corregir aquellas medidas incorrectas	10	Dependiendo del error detectado
37	Coger una nueva pieza y ponerla en el útil	0,5	
38	Mecanizar con los cambios aplicados	25	Depende de lo largo que sea el programa (tiempo medio)
39	Quitar pieza de la maquina	0,5	
40	Llevar la pieza al departamento de calidad una vez mecanizado	0,5	
41	Volver a la máquina	0,5	
TOTAL		319,04 minutos = 5 horas 15 minutos aproximadamente	

Tabla 8: Preparación de máquina (Elaboración propia)

Esta es la manera “tradicional” en la que actúa la empresa y como se realizan las preparaciones. Viendo la tabla y analizándola en profundidad, se puede apreciar de la cantidad de aspectos que se pueden mejorar y la cantidad de tiempo que se puede evitar cuando se prepara.

En los próximos apartados se explicará qué técnica se utiliza para hacer frente a esto y cómo se ha analizado hasta aplicar una gran mejora en el tiempo obtenido.

Si se analiza la tabla, hay cuatro aspectos dónde se debería hacer especial hincapié, ya que, son las que conllevan un mayor tiempo cuando se prepara una máquina.

Teniendo en cuenta que la empresa trabaja a dos turnos de 8 horas, se puede afirmar siempre y cuando solo se haga una preparación al día y por máquina, que la preparación consume casi el 33% del tiempo productivo que tiene la empresa para fabricar cada día.

Es decir, la preparación representa un 33% del tiempo diario, aproximadamente, teniendo en cuenta tiempos medios.

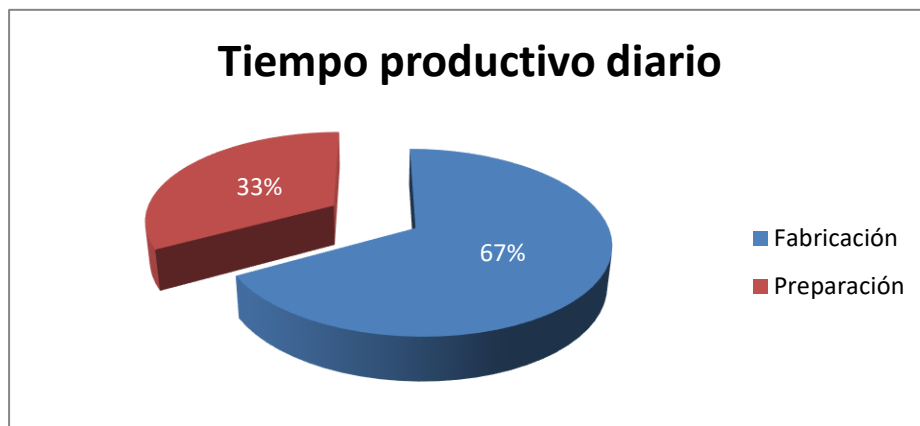


Gráfico 1: Tiempo productivo diario (Elaboración propia)

Analizando las tareas a realizar, se pueden agrupar en cuatro grupos de tareas:

1. Herramientas
2. Utillajes
3. Material
4. Programa de mecanizado.



### 7.1.1.- Herramientas

Obviamente cualquier preparación va acompañada de una preparación de las herramientas con las que se va a mecanizar.

Actualmente, las herramientas están distribuidas por diferentes puntos de la planta productiva. Se dispone de almacén, pero no todas se encuentran dentro.

Las herramientas se encuentran descuidadas, algunas hasta tienen polvo al no guardarlas en la caja con la que da el fabricante.

Al no tener ningún tipo de protección, muchas herramientas están dañadas y con golpes que pueden provocar errores en la máquina. Dentro del almacén no hay ningún tipo de ubicación establecida para cada herramienta solamente hay un listado desactualizado de lo que se cree que se tiene a disposición.

A este grupo hay que prestar especial atención por la cantidad de tiempo que se pierde para buscar cada una de las herramientas necesarias, y la cantidad de dinero que se gasta comprando nuevas herramientas creyendo que no hay, cuando realmente se encuentran dentro de la planta productiva.

Todos estos despilfarros serán considerados en los apartados futuros dándole una solución eficaz donde se eliminen completamente estos desperfectos.



*Ilustración 17: Almacén herramientas actual (elaboración propia)*

### 7.1.2.- Utillajes

Actualmente, cuando se fabrica un utillaje, no es dado de alta en el sistema interno de la empresa, lo que comporta, que no tiene ningún registro.

Cuando se fabrica un utillaje para la posterior fabricación de un lote, no se identifica conforme ese utillaje pertenece a la fabricación de esas piezas. Por lo tanto, cuando se vuelven a fabricar al cabo de un periodo de tiempo esa referencia, nadie en la organización sabe si se hizo útil o no y dónde se ubica.

Muchas veces se tiende a volver a fabricarlo o emplear mucho tiempo en encontrarlo por toda la planta productiva, incluso pudiendo llevar a la confusión empleando otro que no es el adecuado para esas piezas.

Con este proyecto, se mejorará este proceso de los utillajes para eliminar todo el tiempo improductivo e innecesario. Parece una obviedad, pero la dejadez o el dejar de hacer las cosas provocan posteriormente un uso de tiempo muy innecesario que se podría usar para la propia fabricación.

A continuación se muestra una foto dónde se ve una serie de utillajes sin ninguna identificación. Cada vez que se diseña un utillaje nuevo se coloca en cajas y luego para encontrarlo se pierde demasiado tiempo:



*Ilustración 18: Almacén utillajes actual (Elaboración propia)*

### 7.1.3.- Material

Otra de las cosas que conlleva más tiempo para los operarios es el tema de búsqueda del material necesario y su posterior corte.

Cualquier recurso dónde se emplee más tiempo del necesario, es necesario analizarlo y buscar soluciones de mejora. Este proyecto se está llevando a cabo para la consecución de la eliminación de los despilfarros que se han encontrado.

En la empresa, tiene un área de corte dónde hay unas estanterías dónde se coloca toda la materia prima que llega de los proveedores de material. Una vez llega este material, se coloca en las estanterías sin realizar ningún tipo de registro.

Por lo tanto, cuando el operario realiza la búsqueda del material tiene que ir comprobando todos los pasamanos que se asemejan a las medidas de la fabricación

hasta que se encuentra el material correcto.

Como no se tiene ningún registro, se puede

pensar que ese material se encuentra en las estanterías y realmente no haya venido o no haya.

Una vez el material se encuentra, el operario debe cogerlo con la grúa si pesa mucho y desplazarlo hasta la tronadora o sierra para cortarlo en las medidas especificadas en el plano enviado por cliente.

Uno de los problemas más graves que pueden ocurrir llevando a cabo este proceso es que si se fabrica con el material que no es y nadie se da cuenta y luego el cliente tiene un problema grave, la culpa del problema será de la empresa al ser la propietaria del suministro del material erróneo. Todo esto podría comportar posibles responsabilidades civiles. Un ejemplo para entender este caso sería, una pieza que tiene contacto directo con el producto para el sector alimentario, dónde en vez de suministrar acero inoxidable se fabrican las piezas de hierro y con el tiempo esta pieza se va oxidando. Si se da la casualidad, de que un consumidor injiere el producto que ha pasado por esa pieza que se ha oxidado, las consecuencias pueden ser muy graves.

Con eso se quiere alarmar, de la necesidad de realizar una buena trazabilidad para tener relacionado correctamente el material utilizado con la orden de fabricación y evitar problemas.



*Ilustración 19: Almacén MP actual (Elaboración propia)*

En este apartado, ya no solo es eliminar los despilfarros de tiempo, recursos y dinero sino también una situación de alto riesgo y responsabilidad jurídica.



*Ilustración 20: Almacén MP actual (Elaboración propia)*

#### **7.1.4.- Programa mecanizado**

El programa de mecanizado es necesario para cada una de las referencias que se fabrican en cada máquina. Si se analizan las tareas que hacen los operarios al preparar una máquina es una de las que más tiempo conlleva.

Es ilógico por parte de la empresa, que se tenga que realizar el programa mientras la máquina está en marcha. Por lo tanto, es un factor a analizar profundamente para encontrar una solución óptima a este despilfarro.

Cada una de las personas que preparan la máquina tienen su forma de preparar los programas, es decir, si dos personas realizan el mismo programa, seguramente el resultado será el mismo pero la manera de programarlo será completamente distinta, seguramente, uno sea más eficiente que otro y tarde menos tiempo.

Hay programas de mecanizado donde los operarios tardan casi un día en realizarlo y que sea correcto para poder fabricar. Obviamente, a la empresa no le sale a cuenta que pase esto. Por lo tanto, es obvio que el programa debe realizarse mientras la máquina esté en marcha.

El programa va muy relacionado con el apartado de las herramientas, ya que, como cada trabajador se prepara sus herramientas, quizás cada uno elige distintas y los programas que hay son muy personalizados dependiendo del trabajador que ha realizado el programa.

Estos programas una vez realizados, se guardan en la máquina para próximas fabricaciones donde solamente cargando el programa ya se podrá mecanizar, no hará falta hacerlo de nuevo, el problema radica cuando ese programa se ha hecho implementando una serie de herramientas que posteriormente la empresa ya no dispone de ellas o alguna de ellas ya no están en stock.

Por lo tanto, estos cuatro conceptos descritos anteriormente son de especial importancia dentro del proyecto.

## 7.2.- CALIDAD

Otro aspecto importante y a tener en cuenta es la calidad. Es necesario garantizar al cliente la calidad que este demande.

La empresa actualmente si dispone de medios de control que facilita a los operarios para que realicen controles sobre los lotes de fabricación, pero ninguno de ellos está ordenado. No hay ninguna organización de los medios de control, ni calibrado de éstos por si alguno no es válido para usar.

Como los medios de control no están clasificados ni tienen ninguna ubicación clara, el trabajador debe buscar los medios de control y una vez usados los deja en otro lugar. Nadie mira si ese medio de control está desgastado o es necesario reponerlo, por lo tanto, eso puede ocasionar incumplimientos con la calidad del lote.

### 7.2.1.- Medios de control

La empresa dispone de varios medios de control como: tampones pasa o no pasa, palmer interior y exterior, calibres de rosca, gramil de altura, etc. En definitiva, tiene diferentes medios de control para comprobar en máquina que ciertas medidas con tolerancia están siendo respetadas.

Estos medios no tienen una caja de protección que pueda evitar los golpes o ralladas, sino que están en una caja sin señalizar cuál es cuál. Eso implica que el operario debe perder mucho tiempo encontrando aquel medio que necesita.

Tampoco tienen ninguna ubicación especial, es decir, los trabajadores lo dejan e un lado como lo dejan en otro.

En las mesas de trabajo están todas absolutamente desordenadas y no se tienen ningún cuidado del trato que se les da, por lo tanto, hay un problema de calidad que es necesario analizar y poner remedio.

A continuación se adjuntan varias imágenes dónde puede apreciar de qué manera se encuentran los medios de control:



*Ilustración 22: Medios de control (Elaboración actual)*



*Ilustración 21: Almacen medios de control (Elaboración propia)*

### 7.2.2.- Detección de errores

Cuando hay una detección de no calidad, ya sea, interna o externa, es decir, en la planta productiva o por el cliente una vez entregadas las piezas, no hay nadie que se responsabilice de anotar el problema detectado en el sistema interno para que en próximas fabricaciones no vuelva a suceder.

A día de hoy, esa no conformidad se soluciona, se arregla, se repite la fabricación del lote lo que sea necesario, y el problema se olvida. Nadie analiza que ha podido pasar o si hay algún mecanismo que se pueda establecer para evitar que vuelva a suceder.

Ya que la empresa detecta un error, al menos que sirva como experiencia para que éste no vuelva a ocurrir.

Dentro de la detección de errores, otro punto a resaltar es que todos los defectos se encuentran en el departamento de calidad, una vez el lote ya ha sido fabricado y está a punto de ser entregado al cliente. Es decir, el proceso se encuentra al final de su recorrido, por lo que la empresa ya ha destinado muchos recursos, tiempo y dinero.

En otras palabras, la empresa ya no está a tiempo de solucionar el problema, ya que, la detección del error ha sido demasiado tarde.

Los operarios solo se dedican a mirar cuatro cosas que tengan tolerancia, pero se olvidan de otros errores que puedan suceder como puede ser el acabado visual u otras medidas que no tengan tolerancia.

### 7.2.3.- Indicadores de calidad

Falta comunicación entre los responsables de departamento y los propios operarios. La empresa puede conocer que hay devoluciones, que hay errores, pero hace falta analizarlos y fijar unos indicadores (KPI's) para dar a conocer a toda la organización más detalles.

Actualmente no se registra ningún error, por lo tanto, no se puede obtener ningún tipo de estadística e indicador de, por ejemplo, dónde provienen las no conformidades interiores y exteriores o el cumplimiento de plazo de entrega.

### 7.3 LIMPIEZA Y ORDEN EN PLANTA PRODUCTIVA

Desde luego el punto fuerte de la empresa no es la limpieza y el orden en la planta productiva.

La limpieza y el orden en el puesto de trabajo son fundamentales cuando se persigue la eficacia operativa. Cuando no se mantienen, las ineficiencias se manifiestan en los procesos en forma de movimientos innecesarios, retrasos, pérdidas de tiempo, desperfectos, accidentes, etc.

Actualmente se aprecian que en los puestos de trabajo está todo totalmente desordenado y encima la mesa y solamente se ordena cuando se realiza el cambio de turno, sino no.

Las diferentes áreas de la empresa no están señalizadas ni limpias. Nada se encuentra en su ubicación ni nada está completamente etiquetado e identificado. No se usa ningún registro.



Ilustración 23: Orden y limpieza (Facilitado por empresa)

### 7.4 MANTENIMIENTO

El mantenimiento actual que se lleva a cabo es un mantenimiento correctivo, en otras palabras, se repara una vez está averiado.

Las máquinas solamente son limpiadas y mantenidas cuando se observa que es necesario. No hay ningún tipo de registro, ni ningún programa preventivo dónde se planifique las comprobaciones que se van a llevar a cabo en cada una de las máquinas.

Desde el punto de vista de Lean, esta manera de realizar el mantenimiento no es aceptable ni tolerada. Lo que se debe a hacer es anticipar a los problemas que puedan surgir antes de que aparezcan.

El mantenimiento actual conlleva retrasos y paros en la producción que afecta a su planificación mientras estos equipos son reparados. El coste de reparación y reposición de los componentes es mucho más elevado una vez la avería ocurre que no si se realiza anteriormente a que ocurra.



Ilustración 24: Mantenimiento correctivo y preventivo (Elaboración propia)

## 8.- PROPUESTAS DE MEJORA

---

### 8.1 SMED

La primera propuesta de mejora que se va a desarrollar es la propuesta de la implantación de la técnica SMED. Esta técnica tiene como objetivo reducir los tiempos de preparaciones que se realizan en las máquinas, ya que, es una operación que no aporta valor, ya que, la máquina está parada y sin producir mientras se prepara.

Por lo tanto, es importante que la preparación sea lo más rápida posible para perder el menor tiempo posible y empezar a producir de nuevo. Para ello es importante un profundo análisis de todas y cada una de las operaciones y tareas que se llevan a cabo cuando se prepara para conocer cuáles se están realizando con la máquina parada cuando realmente ya se podrían tener preparadas anteriormente mientras la máquina se encuentra en marcha.

En nuestro proyecto que estamos abarcando, como ya se ha dicho anteriormente, en cada máquina se realizan preparaciones cada día o cada dos días, por lo tanto, es un concepto interesante y que se puede aplicar.

El primer paso de todos, es recopilar cada una de las tareas que se lleva a cabo en una preparación de máquina y a partir de aquí analizar si estas tareas se pueden realizar previamente mientras la máquina se encuentra produciendo el lote anterior, o si realmente, estas tareas hay que realizarlas necesariamente cuando la máquina se encuentre parada y se esté realizando la preparación.

En el apartado anterior, ya se enumeraron cada una de las tareas que se llevaban a cabo cuando se preparaban y se agrupó en varios grupos para su posterior análisis y tratamiento.

A continuación, se muestra el listado de tareas que se realizan, con sus tiempos y si es posible o no realizar esta operación de manera externa (se puede realizar con la máquina en marcha) o interna (se realiza con la máquina parada, mientras se ejecuta la preparación).



### PRINCIPALES TAREAS DE PREPARACIÓN DE MÁQUINA

Nº	TAREA	TIEMPO (minutos)	OPERACIONES INTERNAS	OPERACIONES EXTERNAS
1	Sacar última pieza de la máquina del lote acabado	0,5	X	
2	Coger pistola de aire para limpiar utillaje	0,02	X	
3	Limpiar el utillaje y el interior de la maquina	0,4	X	
4	Coger llave Allen	0,02	X	
5	Desapretar tornillos y bridas del utillaje	0,5	X	
6	Dejar todos los complementos encima de la mesa	0,1	X	
7	Aflojar mordazas y sacar útil	0,5	X	
8	Dejar útil en la mesa	0,5	X	
9	Desmontar mordazas (a veces 1 o dependiendo la faena 5)	10	X	
10	Poner mordazas en la mesa y acabar de limpiarlas	4	X	
11	Dejar la máquina limpia para próxima faena	2	X	
12	Ir a hablar con el responsable de producción para conocer siguiente faena	1		X
13	Estudiar y analizar siguiente faena	15		X
14	Ir hasta el almacén de herramientas	0,5		X
15	Montar las herramientas	35		X

16	Calibrar las herramientas en sala de verificación (Parlec)	10		X
17	Volver a la máquina	0,5		X
18	Ir a la zona de corte	0,5		X
19	Encontrar material en el almacén de materiales	3		X
20	Poner material en la sierra automática	2		X
21	Cortar material con exceso de medida	20		X
22	Volver a la máquina	0,5		X
23	Encontrar el útil necesario para fabricar el siguiente lote	3		X
24	Hablar con el responsable de taller para pedir los accesorios del utillaje	2		X
25	Volver a la máquina	0,5		X
26	Montar útil en la maquina con sus accesorios	10	X	
27	Montar herramientas una a una anotando el orden	20	X	
28	Realizar programa de mecanizado	90		X
29	Tomar ceros (eje de coordenadas)	10	X	
30	Coger una pieza y ponerla en el útil	1,5	X	
31	Hacer prueba con la pieza para confirmar que el programa se ha realizado correctamente	30		X
32	Cambiar aquello incorrecto o equívoco que se detecte al realizar la prueba	7	X	
33	Quitar pieza de la maquina	0,5	X	

34	Llevar la peça al departament de qualitat una vegada mecanitzada	0,5		X
35	Tornar a la màquina	0,5		X
36	Corregir aquelles mesures incorrectes	10	X	
37	Prendre una nova peça i posar-la a l'eina	0,5	X	
38	Mecanitzar amb els canvis aplicats	25	X	
39	Retirar peça de la màquina	0,5	X	
40	Llevar la peça al departament de qualitat una vegada mecanitzada	0,5		X
41	Tornar a la màquina	0,5		X
<b>TOTAL</b>		<b>114,54 minuts = 1 hora 50 minuts aproximadament</b>		

*Tabla 9: Separación operaciones internas y externas (Elaboración propia)*

Analizando los resultados obtenidos luego del análisis, 20 de las 41 tareas que se realizan hoy en día en una preparación podrían ser tareas realizadas de manera externa. Es decir que casi un 50% de las tareas podrían ya haberse realizado previamente antes de que se realice la operación de preparar.

En cuanto al nuevo tiempo de preparación, se ha pasado de una preparación de 319 minutos a una preparación de 115 minutos, es decir, se ha disminuido el tiempo un 64%.

Esto permitiría a la empresa aumentar su capacidad de producción, disminución de los plazos de entregar, por lo tanto, más competitivo y mayor satisfacción de cliente; y por supuesto, una mayor facturación. A continuación, se muestra un gráfico muy visual para ver el porcentaje de operaciones internas y externas:



*Gráfico 2: Porcentaje operaciones internas y externas*

Para poder realizar todas estas tareas de manera externa, implica la involucración y disposición de varios departamentos para la consecución de estas. Por lo tanto, no solo depende de una persona u otra, sino de un grupo de personas de distintos departamentos.

Para que sea más fácil el análisis de cada una de las operaciones que se pueden hacer mientras la máquina se encuentra en marcha, y que, por lo tanto, deben llegar ya realizadas al trabajador que prepara la máquina, se van a tratar por grupos. A continuación, se listan cada uno de los grupos que se van a analizar:

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Operario SMED                    | 2. Utillajes.                         |
| 3. Materia Prima.                   | 4. Herramientas.                      |
| 5. Programa CNC.                    | 6. Carros de herramientas.            |
| 7. Orden en los puestos de trabajo. | 8. Departamento de planificación      |
| 9. Departamento de producción       | 10. Departamento de aprovisionamiento |

A más a más, para la consecución de todos estos grupos, será necesario la participación de Sistemas, encargados de realizar modificaciones y creación de nuevas pantallas dentro del sistema interno de la empresa, o también llamado, ERP.

A continuación, se va analizar cada uno de los grupos listados anteriormente, con los cambios necesarios a realizar para que estas operaciones se puedan hacer externamente y tengan éxito dentro de nuestro proyecto.

### **8.1.1. Operario SMED**

El primer paso necesario para llevar a cabo esta técnica es la creación de una persona llamada operario SMED, que es el que se va a encargar de preparar todo aquello necesario en las preparaciones.

Estas tareas que va a realizar este operario se harán con un margen de 24 horas, es decir, con un día de antelación. Para ello es muy importante que el operario SMED tenga todo a su disposición 24 horas antes de que una orden de producción entre en la máquina, para tenerlo todo preparado y poder llevar a la máquina todo aquello necesario justo antes de empezar con la preparación.

Dirección de la empresa deberá decir quién será la persona encargada de realizar esta faena, si será un trabajador de la plantilla actual de la empresa o hay que realizar una nueva contratación para este nuevo puesto de trabajo.

Como se ha dicho anteriormente, es importantísimo la participación de todos los departamentos involucrados, ya que, para que el operario SMED pueda realizar sus funciones con un día de antelación, es necesario una muy buena planificación para que no falte nada cuando esté preparando todo aquello necesario.

A continuación, se listan cada una de las funciones a realizar en este nuevo puesto de trabajo:

- 1.- Preparación de las herramientas de una orden de producción.
- 2.- Cortar la materia prima.
- 3.- Recepcionar toda la materia prima, piezas de tratamiento o personal exterior.
- 4.- Quitar rebabas de la materia prima para llevar el material limpio a máquina.
- 5.- Limpiar herramientas una vez usadas y ubicar en su correspondiente lugar.
- 6.- Limpiar utillajes antes de ubicar una vez usadas.
- 7.- Identificar y ubicar la materia prima en las estanterías correspondientes.
- 8.- Llevar carro a máquina con MP, utillaje y todas las herramientas necesarias para la producción.

9.- Encargado de las ubicaciones de utillajes y herramientas.

10.- Analizar estado de las herramientas utilizadas.

### 8.1.2. Utillajes

Actualmente, los utillajes se encuentran repartidos por toda la planta sin tener control ninguno. Por lo tanto, se deben comprar dos estanterías donde se colocarán cada uno de los utillajes.

Una vez compradas, se numerarán cada una de las filas y columnas de estas para tener un control de la ubicación de cada uno de los utillajes utilizados.

Muchas veces una misma referencia puede tener más de un utillaje, por lo tanto, estos se deben almacenar juntos para no crear confusión.

El operario SMED será la persona encargada de recoger todos los utillajes que hay actualmente, marcados con un número para posteriormente ubicarlos de manera correcta en las estanterías.

Sistemas será el encargado de realizar una ventana dentro del sistema interno que sea "Utillajes" y que entrando en esta ventana haya un listado de todos los utillajes disponibles, la ubicación, su código, la referencia a la que pertenece, el tipo de utillaje si es de fabricación o verificación y el estado de cada uno de ellos, por si alguno está pendiente de modificación o sea ha reemplazado por otro. A continuación, se muestra un prototipo de ventana de creación propia para que sea más visual y entendible este concepto:



Referencia	Rev.	Descripción	Plano	Tipo	Ubicación	Homologado	Pend. Mod.
UT32-001	0	GUIA SUPLEMENTO MORDAZAS		B-Mec		Sí	No
UT32-002	1	UTIL 4 EJE PARA MORDAZAS M9		B-Mec		Sí	No
UT32-002	0	BASE 4 EJE		B-Mec		Sí	No
UT32-003	0	SUPLEMENTO MORDAZAS L160		B-Mec		Sí	No
UT32-004	0	MECANIZADO RANURAS MESA M		B-Mec		Sí	No
UT32-005	0	PLACA BASE SCHUNK 4 EJE M28		B-Mec		Sí	No
UT32-006	0	MORDAZAS ESCALONADAS M26		B-Mec		Sí	No
UT32-007	0	MORD. DENT. 125 ESCALON 4,5		B-Mec		Sí	No
UT32-007	0	MORD. DENT. 125 ESCALON 2,5		B-Mec		Sí	No
UT32-008	0	MORD. DENT. 160 ESCALON 4,5		B-Mec		Sí	No
UT32-008	0	MORD. DENT. 160 ESCALON 2,5		B-Mec		Sí	No
UT32-009		MORDAZA 300		B-Mec		Sí	No
UT32-009		MORDAZA 300		B-Mec		Sí	No
UT32-010	2	TOPE REGLES M26		B-Mec		Sí	No
UT32-010	2	TOPE REGLES M26		B-Mec		Sí	No
UT32-011	0	SOPORTE UTILES 4 EJE M28		B-Mec		Sí	No
UT32-014	0	UTIL CUBO M26		B-Mec		Sí	No
UT32-015	0	UTIL PLACAS ALUMINIO	1360240115001002	B-Mec	D3	No	No
UT32-016	0	SCHUNK 4EJE M28		B-Mec		Sí	No
UT32-017	0	UTIL PLACAS		B-Mec		No	No
UTF0001	0	UTIL BOSSAR 1A FASE CON BRID	X.33.120.183.100	Fabricación		Sí	No
UTF0001	0	UTIL BOSSAR 1A FASE CON BRID	X.33.120.182.100	Fabricación		Sí	No
UTF0002	0	UTIL BOSSAR 2A FASE CON BRID	X.33.120.182.100	Fabricación		Sí	No
UTF0002	0	UTIL BOSSAR 2A FASE CON BRID	X.33.120.183.100	Fabricación		Sí	No
UTF0003	1	MORDAZA CODO MANDRINAR DI	1774020230001002	Fabricación	D3	Sí	No
UTF0004	0	UTIL ABRAZADERA	1191320100006004	Fabricación	D3	Sí	No
UTF0005	0	PALANCA INVERSORA 4EJE	1360390330001003	Fabricación		No	Sí

Ilustración 25: Gestión utillajes (Facilitado por empresa)

### 8.1.3. Materia Prima

Hoy en día se tiene un gran inmovilizado de material dentro de la empresa. Hay un almacén grande de material y una estantería grande con retales que han ido sobrando mientras se corta.

Lo que se propone es hablar con el proveedor, asumir el coste, pero que el material venga totalmente cortado y limpio. Hay que tener en cuenta, que dependiendo las dimensiones o proveedor no podrá venir siempre cortado, por lo tanto, si que se asume el coste de tener un pequeño stock de materia prima dentro de la empresa para casos de emergencia o para aquellos casos que no se pueda traer cortado del exterior.

Eso sí, el material de que esté dentro de la empresa debe estar totalmente señalizado con el material que es, el proveedor del cuál proviene y el número de albarán de compra, para posteriormente poderlo trazar una vez se corte con una orden de producción y tener constancia de que esa orden de producción se ha realizado con tal material.

Para ello se han diseñado unas etiquetas que el operario SMED realizará y colocará en cada material una vez este recepcionado y aceptado por calidad. EL diseño es el siguiente:



*Ilustración 26: Etiqueta trazabilidad materia prima (Elaboración propia)*

A más a más, para que el operario SMED sepa el orden de prioridad de corte, se va a instalar una pantalla justo al lado del almacén de corte dónde se encuentran las sierras, para que mediante la pantalla, pueda conocer qué material debe cortar, dónde se encuentra y para qué orden de producción es.

Cuando empiece a cortar el material y una vez acabe, se dejará un registro del tiempo que se ha empleado en cortar, el número de operario que ha cortado el material y el número de albarán para su posterior trazabilidad.

La persona que enviará a esta pantalla el orden de prioridad será el responsable de planificación, que será el encargado de gestionar y asegurar que el material ha llegado del proveedor y por lo tanto, se puede empezar la operación de corte.

#### 8.1.4. Herramientas

Las herramientas son clave dentro del SMED. Las herramientas juegan un papel importantísimo en la consecución de esta técnica.

Actualmente se dispone de más de 1.500 herramientas con las que se trabajan los distintos materiales que pide el cliente. El primer paso dentro de las herramientas es estandarizarlas. En otras palabras, no se pueden tener 1.500 herramientas en el almacén cuando hay muchas que hacen las mismas funciones o sirven para hacer la misma operación.

Por lo tanto, **el primer paso es estandarizar** y no trabajar con 1.500 herramientas sino con la mitad o menos. Esto requiere un análisis profundo por parte de la empresa, ya que, supone una gran inversión tanto de tiempo como de coste. Pero si una gran estandarización de las herramientas es imposible seguir adelante. El hecho de estandarizar nos permite disponer en almacén más cantidad de un tipo de herramienta.

Si se dispone de 1.500 herramientas es imposible poner disponer de dos o más herramientas de cada uno por si se rompe en la máquina o se usa esa misma herramienta en dos máquinas. El hecho de tener menos herramientas nos permite tener stock de cada una de ellas y por lo tanto evitar tiempos muertos e innecesarios en caso de que una herramienta se rompa en la máquina.

**El segundo paso es fijar unos mínimos y máximos.** Es importante realizar un análisis de qué herramientas se utilizan más, cuáles se utilizan menos y cuáles son para casos especiales y que por lo tanto no hace falta tener stock. Esto nos permitirá conocer cuando hay que realizar un pedido de herramientas al proveedor y asegurar la disponibilidad de todas las herramientas en almacén.

Estos mínimos y máximos serán fijados en base al tiempo de entrega que tenga cada uno de los proveedores, ya que, si tiene un tiempo de entrega de tres semanas y es una herramienta que se utiliza frecuentemente, se deberá tener más herramientas en stock y por lo tanto, el mínimo será elevado; en cambio, si el plazo de entrega es de dos días, el mínimo será un número bajo al tenerlo disponible en un par de días.

Esto contribuye a evitar paros en máquina, que es uno de los grandes objetivos de la técnica SMED, máquina parada 0.

**El tercer paso es establecer un método de código de barras.** Consiste que cada herramienta deberá llevar su propio código de barras, dónde una vez leído este código, aparecerá toda la información de esta herramienta como por ejemplo dónde va ubicada. Para ello es necesario comprar una pantalla para el almacén de herramientas, una impresora de etiquetas y una pistola de lectura de código de barras.



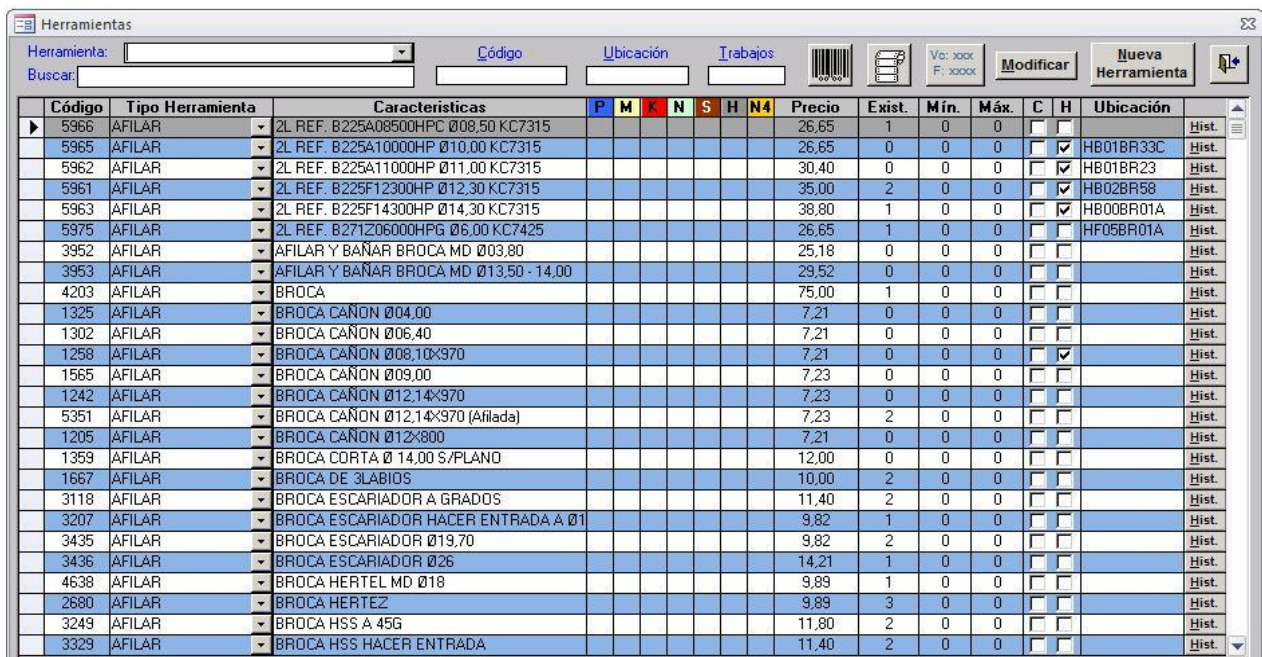
El departamento de sistemas será el encargado de crear las etiquetas del código de barras con toda la información necesaria una vez se lea.

Otro aspecto a tener en cuenta es que una vez decidido quién va a ser el operario SMED, solo esta persona tendrá acceso al almacén, es decir solamente esta persona tocará el almacén para evitar descuadres de herramientas y alteraciones en el sistema. Actualmente cada operario que se prepara sus herramientas pone la mano en el almacén y no se tiene ningún control del almacén.

Una vez se tienen preparados los tres condicionantes anteriores, se deberá **dar ubicación de cada una de las herramientas en el almacén y crear un listado en el sistema interno** de la empresa dónde se pueda consultar todas las herramientas disponibles, su código, el estado de la herramienta y los mínimos y máximos fijados.

Para ello la empresa deberá comprar cajas dónde se ubicarán cada una de las herramientas. El dimensionado de la caja dependerá del stock mínimo y máximo fijado anteriormente.

A continuación, se propone una tabla modelo que sería el resultado final una vez implementados cada uno de los pasos numerados anteriormente:



Código	Tipo Herramienta	Características	P	M	K	N	S	H	N4	Precio	Exist.	Mín.	Máx.	C	H	Ubicación	Hist.
5966	AFILAR	2L REF. B225A08500HPC Ø08,50 KC7315								26,65	1	0	0				
5965	AFILAR	2L REF. B225A10000HP Ø10,00 KC7315								26,65	0	0	0			HB01BR33C	Hist.
5962	AFILAR	2L REF. B225A11000HP Ø11,00 KC7315								30,40	0	0	0			HB01BR23	Hist.
5961	AFILAR	2L REF. B225F12300HP Ø12,30 KC7315								35,00	2	0	0			HB02BR58	Hist.
5963	AFILAR	2L REF. B225F14300HP Ø14,30 KC7315								38,80	1	0	0			HB00BR01A	Hist.
5975	AFILAR	2L REF. B271206000HPG Ø6,00 KC7425								26,65	1	0	0			HF05BR01A	Hist.
3952	AFILAR	AFILAR Y BAÑAR BROCA MD Ø03,80								25,18	0	0	0				Hist.
3953	AFILAR	AFILAR Y BAÑAR BROCA MD Ø13,50 - 14,00								29,52	0	0	0				Hist.
4203	AFILAR	BROCA								75,00	1	0	0				Hist.
1325	AFILAR	BROCA CAÑON Ø04,00								7,21	0	0	0				Hist.
1302	AFILAR	BROCA CAÑON Ø06,40								7,21	0	0	0				Hist.
1258	AFILAR	BROCA CAÑON Ø08,10x970								7,21	0	0	0				Hist.
1565	AFILAR	BROCA CAÑON Ø09,00								7,23	0	0	0				Hist.
1242	AFILAR	BROCA CAÑON Ø12,14x970								7,23	0	0	0				Hist.
5351	AFILAR	BROCA CAÑON Ø12,14x970 (Afilada)								7,23	2	0	0				Hist.
1205	AFILAR	BROCA CAÑON Ø12x800								7,21	0	0	0				Hist.
1359	AFILAR	BROCA CORTA Ø 14,00 S/PLANO								12,00	0	0	0				Hist.
1667	AFILAR	BROCA DE 3LABIOS								10,00	2	0	0				Hist.
3118	AFILAR	BROCA ESCARIADOR A GRADOS								11,40	2	0	0				Hist.
3207	AFILAR	BROCA ESCARIADOR HACER ENTRADA A Ø1								9,82	1	0	0				Hist.
3435	AFILAR	BROCA ESCARIADOR Ø19,70								9,82	2	0	0				Hist.
3436	AFILAR	BROCA ESCARIADOR Ø26								14,21	1	0	0				Hist.
4638	AFILAR	BROCA HERTEL MD Ø18								9,89	1	0	0				Hist.
2680	AFILAR	BROCA HERTEZ								9,89	3	0	0				Hist.
3249	AFILAR	BROCA HSS A 45G								11,80	2	0	0				Hist.
3329	AFILAR	BROCA HSS HACER ENTRADA								11,40	2	0	0				Hist.

Ilustración 27: Gestión herramientas (Elaboración propia)

Como se puede ver se tendría un código interno con la descripción de la herramienta, el precio, el historial de compra, existencias actuales, máximos y mínimos y la ubicación.

En la parte superior encontramos la opción de crear una etiqueta de código de barras para cuando haga falta etiquetar cualquier herramienta. Podría ser un ejemplo de plantilla a seguir y que se encuentre dentro del sistema interno de la empresa.

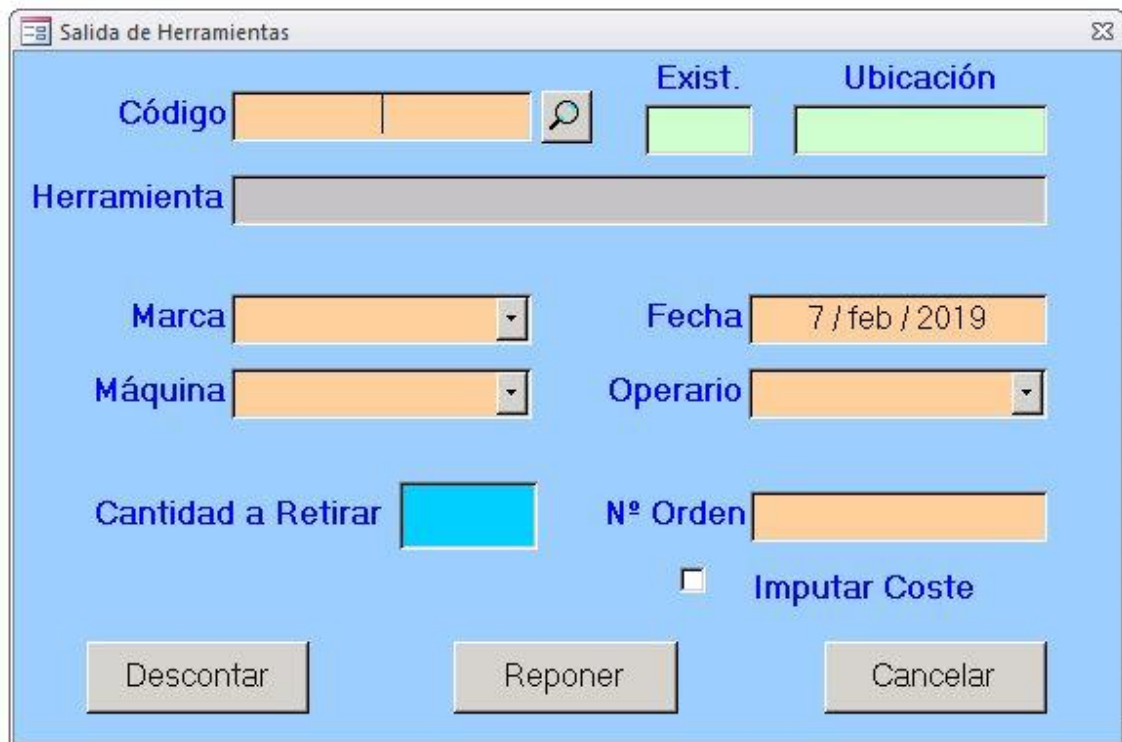
Otro aspecto que gestionar es la **entrada y salida de herramientas** tanto cuando salen herramientas que se preparan para ir a máquina como la entrada de nuevas herramientas compradas de proveedor o que vuelven de ser usadas en máquina.

En cuánto la entrada de herramientas al sistema por compra externa a proveedor, el responsable de introducir en el sistema las nuevas existencias es el operario SMED. El operario deberá entrar dentro del sistema, dar de alta una nueva herramienta creando una nueva línea y en caso de que sea una herramienta ya existente, actualizar las existencias actuales.

Tanto para nuevas herramientas como ya existentes, el operario SMED deberá imprimir una etiqueta de código de barras con toda la información de la herramienta y poner en su ubicación. Para ello, utilizará una nueva ventana para facilitar el trabajo.

En cuanto a la entrada de herramientas que provienen de una máquina, el operario SMED deberá valorar si la herramienta ha sido desgastada y se debe desechar o si la herramienta está en un estado óptimo como para volver a ser usada. Si es así, se introducirá en la caja de plástico de dónde se había sacado, se sumará en el sistema y se ubicará de nuevo en su ubicación.

Para todo ello, se propone una nueva ventana, específica para el operario SMED dónde podrá gestionar las entradas y salidas de herramientas. A continuación, se propone una plantilla que podría ser útil.



*Ilustración 28: Entrada y salida de herramientas (Elaboración propia)*



### 8.1.5. Programa CNC

Como se ha dicho anteriormente, los operarios una vez terminada la faena, empiezan a realizar el programa de la siguiente. Esto tiene un tiempo asociado que no aporta ningún valor, ya que, la máquina está parada.

La propuesta que se propone en este proyecto es la creación de un nuevo departamento dentro de la empresa encargada entre otras cosas de realizar estos programas previamente antes de que empiecen a fabricar esa referencia. Este departamento es el llamado Oficina Técnica.

Para ello la empresa tendrá que contratar a dos personas y comprar un software 3D que permita realizar los programas y que posteriormente el archivo pueda ser cargado directamente en la máquina con un solo click.

Como software 3D, luego de comparar varios paquetes que se encuentran en el mercado actual, el que más se ajusta a las necesidades que tiene la empresa es el llamado TopSolid.

Como definición, TopSolid es un software CAD/CAM en 3D desarrollado por la empresa francesa Missler Software. Permite crear rutas de mecanizado tanto de desbaste como de acabado tanto para tornos como para fresadoras en múltiples ejes CNC.

Entre otras opciones, permite realizar una simulación del mecanizado, comprobar posibles colisiones y interferencias, sincronizar la velocidad del husillo, control de avance y revoluciones de manera digital y posible personalización de la programación.

El factor más importante es que las máquinas actuales permiten cargar el archivo generado por el programa 3D, por lo tanto, se puede exportar directamente a la máquina.

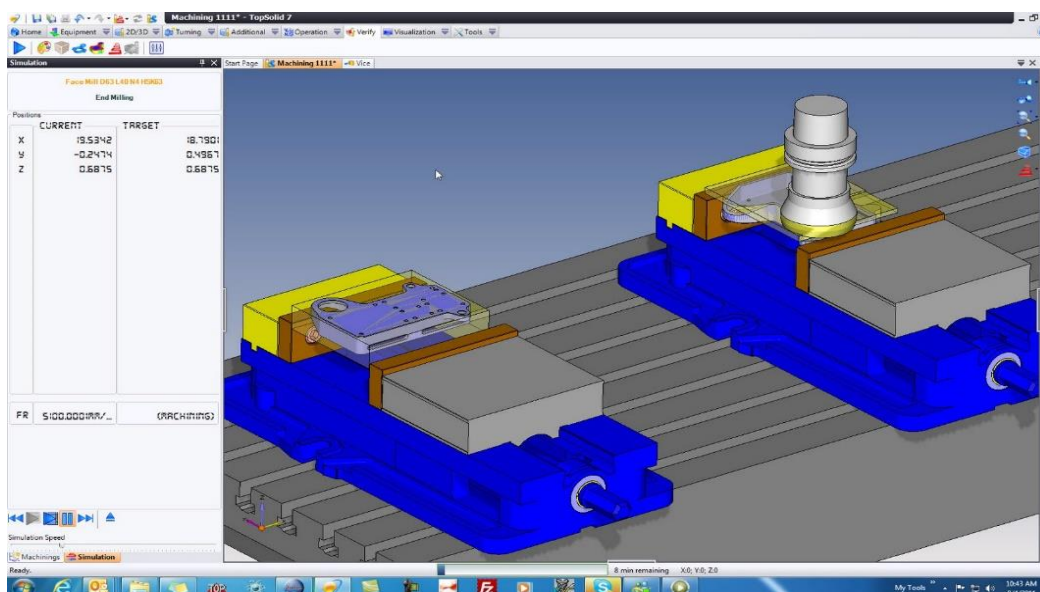


Ilustración 30: TopSolid ([www.topsolid.com](http://www.topsolid.com))

Como ya se ha comentado en numerosas ocasiones, cada uno de los aspectos que se están detallando van interrelacionados.

En este caso, el software permite acceder al listado de herramientas actual y cuando se define con que herramientas se va a realizar un tipo de operación, se puede elegir entre las herramientas actuales. De aquí la importancia de estandarizar las herramientas y fijar unos mínimos y unos máximos, ya que, sino cada vez que se realice una misma referencia, nunca se tendrá la certeza de que las herramientas están en el almacén, y por lo tanto, se tendrá que modificar el programa para poner unas herramientas que existan en ese momento.

En cambio, si se tienen todas las herramientas con certeza en el almacén, una vez se realice el programa ya no hará falta modificarlo posteriormente, ya que, cuando el operario SMED prepare las herramientas, estarán en almacén con total seguridad.

En definitiva y muy importante, el hecho de hacer todos estos cambios en las herramientas **permitirá realizar programas estándar** que una vez hayan funcionado en la máquina se podrán guardar para próximas fabricaciones de esa referencia sin tener que modificar absolutamente nada. Es decir, cuando se lance de nuevo esa referencia, el programa ya estará hecho y no tendrá que pasar por el departamento de oficina técnica a no ser que el cliente haya hecho cualquier modificación en su plano.

El programa automáticamente realiza un listado de herramientas de todas aquellas elegidas para realizar el programa con diferentes especificaciones como la descripción, código, cuánto tiene que salir del portaherramientas, etc. Esta hoja será la que tendrá el operario SMED para preparar las herramientas que se llevarán a la máquina posteriormente. A continuación, se puede ver una hoja de listado de herramientas:

Uno de los aspectos que tendrá que tener en cuenta los programadores es **analizar el coste precio respecto al coste herramienta**. Es decir, a una pieza que vale 50€, no vamos a usar herramientas que valen 400€ o 500€, ya que, si se rompen se pierde todo el margen. Se ha de ser consciente de hacer este análisis y valorar qué herramientas va a ser la más adecuada cumpliendo la calidad solicitada por el cliente, pero teniendo en cuenta este coste.



Ilustración 31: Hoja de herramientas (Facilitado por empresa)

### 8.1.6. Carros de herramientas

Para facilitar la entrega de herramientas al operario de máquina, se propone que en cada uno de los carros de herramientas, el agujero dónde se soporta la herramienta, esté numerado por orden.

Esto implica que cuando el operario de máquina tenga que cargar las herramientas preparadas dentro de la máquina, como tiene que cargarlas mediante un orden establecido en el listado de herramientas, si estos carros ya están numerados, el operario ya sabrá qué orden tendrá que seguir para cargar las herramientas y no tendrá que estar perdiendo tiempo en buscar qué herramientas es la que tiene que cargar de entre todas las que hay,

Aproximadamente un programa de mecanizado suele contener entre 15 y 40 herramientas, dependiendo de la complejidad de la pieza. Por lo tanto, es necesario esta numeración en los carros para facilitar la faena al operario.

Del mismo modo que **el operario SMED entrega las herramientas numeradas según el orden de carga**, el operario de máquina cuando las descarga también son colocadas de la misma manera para facilitar al operario SMED cuando tenga que colocarlas de nuevo en sus cajas para guardar en el almacén sepa de que herramienta se trata.

Esto le implica a la empresa una inversión en compra de carros para poder trasladar las herramientas, y aprovechar este carro para llevar el utillaje y la materia prima hasta la máquina.

Algunos diseños de carros porta herramientas podrían ser los siguientes:



*Ilustración 32: Carros porta herramientas (www.comansa.eu)*

### 8.1.7. Orden de los puestos de trabajo (5S)

Si nuestro objetivo al aplicar la técnica SMED es reducir el tiempo de preparación, todos los detalles son importantes. Por lo tanto, es obvio que el orden en el puesto de trabajo también entra dentro de este proyecto.

Tener el material necesario cerca y ordenado hace que al final del día no se pierda mucho tiempo en tener que buscar una llave que hace falta para apretar un tornillo y sobre todo evitar desplazamientos y movimientos innecesarios.

En este apartado es importante realizar un análisis de que recursos necesitan los operarios para poder hacer la preparación de la máquina. Posteriormente conocer como usan este recurso y ubicarlo de tal manera que sea cómodo y rápido poder coger y dejar para el operario de máquina.

Como solución, hay un apartado de la mesa dónde se pone protección para dejar los medios de control de calidad para hacer cualquier comprobación, y se propone comprar un carro móvil que se pueda tener al lado de la máquina y se puede desplazar sin ningún problema para tener todos los recursos necesarios al lado de la máquina.

A continuación, se muestran dos imágenes comparativas, una con el tapete de protección en la mesa para los medios de control y otro como se hace hasta el momento:



ANTES



DESPUÉS

Ilustración 33: Comparativa medios de control en máquina (Elaboración propia)

Como carro móvil para disponer de los recursos necesarios para hacer la preparación, habrá que comprar uno por máquina. A continuación, se proponen diversos modelos:



*Ilustración 34: Carros móviles (www.comansa.eu)*

### 8.1.8. Departamento de planificación

Estos tres departamentos son muy importantes para la consecución y implantación de la técnica SMED en la organización.

El departamento de planificación tiene un peso importante dentro de este proyecto, ya que, será la encargada de planificar con 24 horas de antelación para que se pueda llevar a cabo este método. La persona que planifica siempre tiene que dejar entre 24 y 48 horas bloqueado. Una vez ya se conoce la faena que se va a realizar pasa a un estado de bloqueo, dónde estas faenas no se pueden modificar ni introducir urgencias para que este proceso sea eficaz.

Si uno de los requisitos es que el operario SMED prepare las faenas que van a llegar a máquina con 24 horas de antelación, lo que no sería lógico es que haya cualquier tipo de modificación en la planificación un día antes o el mismo día. Ya que alteraría el trabajo del operario SMED y todo ello supondría una pérdida de tiempo para la empresa y un sobrecoste importante.

**El hecho de trabajar con antelación tiene como objetivo garantizar la disponibilidad de todo aquello necesario sin perder ni un solo minuto.**



### 8.1.9. Departamento de producción

El responsable de producción velará por una correcta implantación del sistema dentro de la empresa, primero formando y ayudando a los operarios de planta y una vez sistematizado el proceso, supervisando la correcta ejecución de ésta.

Como es normal, al inicio habrá que lidiar con comportamientos incorrectos, ya que, una manera nueva de trabajar tiene un proceso a seguir. Este proceso de formación y adquisición de nuevos hábitos de trabajo será la parte del proceso más importante para la consecución del objetivo.

Esta será una de las dos funciones del responsable de producción. La otra función, será la de supervisar la disposición de todo aquello que va a preparar el operario SMED. Todas las ordenes de fabricación planificadas para que al día siguiente el operario SMED prepare, en otras palabras, todo aquello que en 48 horas va a entrar en máquina.

El responsable de producción tendrá que coger esas órdenes de trabajo y hacer una supervisión de que:

- Hay materia prima suficiente para cortar o si ha llegado el material del proveedor ya cortado.
- Se dispone del utillaje necesario
- El programa CNC ya ha sido terminado
- Supervisión de que existen todas las herramientas
- Se han diseñado las pautas y informes para el operario de máquina.

Para ello se ha diseñado una nueva ventana para que sistema acabe de configurar, con un diseño parecido a este:





Maquina	Cant	Denominación	Cardex	Op.	Dia	Hora	Material	M40	Informe	Utillaje	SMED ok	Preparar	Notas
26 - CNC Okuma MC-6VA	10	BIELA EXTENSIO RADIAL 600	<a href="#">202/1247</a>	2	06/02/2019	6:00	Si	Si	Si	No	No	Si	
16 - CNC Okuma 16	6	SOPORTE, TORNILLO, TENSO	<a href="#">319/432</a>	3	07/02/2019	7:05	Si	---	Si	No	No	Si	
16 - CNC Okuma 16	36	PLACA POSTERIOR	<a href="#">335/113</a>	3	07/02/2019	8:17	Si	---	Si	No	No	No	
25 - CNC Okuma 25	35	MODIF. CAPÇAL FORQUILLA	<a href="#">202/1242</a>	1	07/02/2019	9:17	Si	---	No	No	No	No	

*Ilustración 35: Control SMED (Elaboración propia)*



Esta pestaña sirve para controlar y una vez se activa la opción de preparar "Si", esa orden de fabricación pasa automáticamente a la pantalla del operario SMED. En la pantalla del operario SMED, aparece un listado con todas aquellas ordenes de fabricación que tiene que preparar.

Para dejar registro de que el operario SMED ha preparado una orden de fabricación, se ha diseñado también una ventana:

Preparación de Herramientas SMED

Máquina	Cardex	Op.	
25 - CNC Okuma 25	202/1248	1	 
Fecha	Utillaje	Informe	<b>Comenzar preparación</b>
11/02/2019 - 10:20	No	Si	

Máquina	Cardex	Op.	
19 - CNC Okuma 19	339/14	2	 
Fecha	Utillaje	Informe	<b>Comenzar preparación</b>
15/02/2019 - 6:00	No	Si	

*Ilustración 36: Preparación herramientas SMED (Elaboración propia)*

Este es el listado que tiene el operario SMED en su pantalla, ordenado por orden y cuando empieza a preparar, empieza a dejar un registro de que orden de fabricación esta preparando, para qué máquina y el tiempo que tarda en hacer la preparación.

### 8.1.10. Departamento de aprovisionamiento

El departamento de comprar o aprovisionamiento tiene dos funciones que marcan la planificación. Cuando se realiza por ejemplo una compra de material a un proveedor es importante que ese material llegue en esa fecha, ya que, al ya estar planificado puedo alterar y variar todo el proceso.

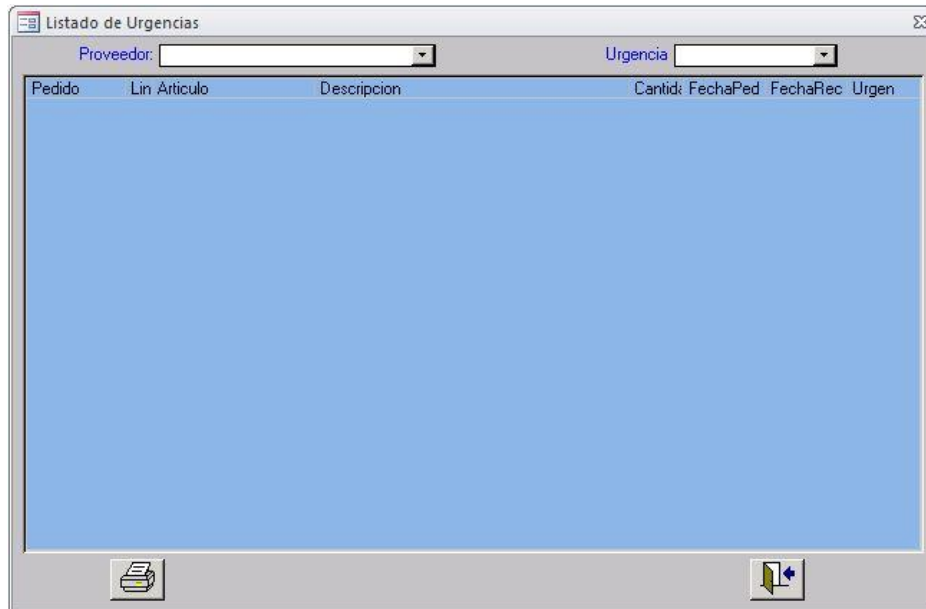
Por lo tanto, este departamento, se encargará de dos tareas:

1. Realizar los pedidos de las herramientas que se encuentran bajo mínimos. Al trabajar con pocos proveedores, se conoce el plazo de entrega para cada una de las herramientas.

Otra solicitud para sistemas será crear una ventana dónde se listan todas aquellas herramientas que se encuentren bajo mínimos y cree una alerta al departamento de compras cada vez que se añade una herramienta nueva para que sepa que hay una nueva herramienta a pedir.

En la siguiente imagen se puede apreciar un diseño de ventana que aún falta acabar de configurar, dónde cada vez que una herramienta se encuentra bajo mínimos automáticamente aparece en la siguiente ventana.

En esta ventana se podrá ver esa herramienta a qué proveedor se pide y cuál es el plazo de entrega que tiene este proveedor junto con el número de pedido.



*Ilustración 37: Control pedidos herramientas (Elaboración propia)*

2. Como segunda tarea, tiene que supervisar que la fecha de entrega de los proveedores es la correcta y hacer el seguimiento de éstas. Llamar al proveedor días antes de la entrega para preguntar si ese material, herramienta, etc. va a estar para el día solicitado. Sino habrá que avisarlo cuanto antes si se atrasa, para estar a tiempo a modificar la planificación sin que afecte absolutamente nada.

De ahí la importancia de realizar un seguimiento exhausto sobre todo para componentes nuevos o especiales que pueden tardar más tiempo. Para tener un control sobre todos los pedidos realizados se ha propuesto la siguiente ventana:

Pedidos pendientes de Recibir a 02/07/2019

Nº Pedido	Proveedor	Fecha Pedido	Fecha Prevista	Tipo
38840	Mecanizados Canimarc S.L.	21/dic/2018	21/ene/2019	Materia Prima
38904	Rectificados Rectison S.L.	31/ene/2019	01/feb/2019	Operaciones Externas
38912	Aceros Llobregat s.a.	06/feb/2019	07/feb/2019	Herramientas
38914	Montgal	06/feb/2019	07/feb/2019	Herramientas
38915	Montgal	06/feb/2019	07/feb/2019	Herramientas
38913	Tallers Genové S.L.	06/feb/2019	07/feb/2019	Exterior
38916	Zincados J. Sánchez, S.L.	06/feb/2019	08/feb/2019	Exterior CINCADO
38901	Mecanizados Canimarc S.L.	29/ene/2019	11/feb/2019	Exterior
38908	Mecanizados Canimarc S.L.	01/feb/2019	11/feb/2019	Exterior
38898	Mecanizados Canimarc S.L.	28/ene/2019	12/feb/2019	Exterior
38876	Mecanizados Canimarc S.L.	17/ene/2019	15/feb/2019	Exterior
38905	Mecanizados Canimarc S.L.	31/ene/2019	15/feb/2019	Exterior
38911	Mecanizados Canimarc S.L.	05/feb/2019	28/feb/2019	Exterior

Descripción	Cant	Precio	Dto	Total	Cardex
45158066 (PLACA B, INTERCAMBIADOR PLANO, PT100)	17 Pzs.	0,00 €	0	0,00 €	319/406
45158062 (PLACA A, INTERCAMBIADOR PLANO, PT100)	20 Pzs.	0,00 €	0	0,00 €	319/427

Aceptar Cancelar

Ilustración 38: Pedidos pendientes de recibir (Elaboración propia)

## 8.2 CALIDAD

Dentro del apartado de calidad se han realizado diferentes cambios que ayudan a eliminar cualquier despilfarro, principal objetivo Lean.

El objetivo principal es que haya cero defectos en ninguno de los departamentos de la empresa. Cuando hay un error se debe detectar lo antes posible y poner remedio para que nunca más vuelva a suceder.

Todas las acciones van encaminadas en que la fabricación sea lo más eficiente posible para poder asegurar la calidad al cliente y no encuentre ningún defecto. Para ello, se han propuesto una serie de medidas, bastante económicas en cuánto a concepto monetario, no tanto en tiempo. En este apartado se proponen todas las mejoras que se han propuesto y se han ido implantando con el tiempo para garantizar la calidad.

### 8.2.1. Autocontrol

Uno de los aspectos que se ha propuesto ha sido generar una pauta de autocontrol para cada puesto de trabajando dónde se indica qué realizar en cada fase del proceso y dependiendo de cuál sea el lote.



## 8.2.2 Sistema de aceptación y rechazo

En el sistema actual no contemplaba la identificación de piezas defectuosas. Cuando una pieza no cumplía las especificaciones de cliente, ésta se separaba sin ninguna identificación conforme no era correcta. Esto ha conllevado muchas veces a juntar estas piezas con las que son consideradas como correctas y ha llegado al cliente.

Por lo tanto, como lo principal es eliminar despilfarros y tener 0 defectos, como criterio y aspecto visual es necesario la implantación de unas etiquetas que se pegan en las piezas (son fáciles de quitar) una de color rojo y una de color verde.

Cuando una pieza es correcta se etiqueta con una verde, cuando el trabajador o calidad detecta cualquier desviación, automáticamente se pega la etiqueta roja, describiendo el defecto que tiene esa pieza del lote para posterior reparación o toma de decisión.

Con este sistema de mejora continua, solo por el hecho visual de ver una etiqueta roja, la probabilidad de que las piezas sean mezcladas y lleguen al cliente por equivocación disminuye considerablemente.

Estas etiquetas serán usadas tanto en máquina por el operario como una vez el lote es aceptado o rechazado. Las etiquetas que se han creado para este uso son las siguientes:

Bmec <sup>®</sup> high precision		MATERIAL CONFORME	
CLIENTE :			
REF / PLANO :			
PIEZA :			
CANTIDAD :			
ORDEN FAB. :			
FASE / PROVEEDOR :			
Revisado	Fecha	Firma	
Observaciones :			

Bmec <sup>®</sup> high precision		MATERIAL BLOQUEADO	
CLIENTE :			
REF / PLANO :			
PIEZA :			
CANTIDAD :			
ORDEN FAB. :			
FASE / PROVEEDOR :			
Revisado	Fecha	Firma	
MOTIVO :			
ACCIÓN Y/O DESTINO :			

Ilustración 41: Sistema de aceptación y rechazo (Elaboración propia)

### 8.2.3 Registros de los medios de control

Como se ha visto en el apartado anterior, la empresa no disponía de ninguna ubicación fija para los medios de control, sino que se guardaban en cajas y se iban amontonando uno encima del otro.

Todo esto implicaba que el cuidado y protección de los medios no fuera el correcto y que se pudieran dañar provocando que no realicen su función correctamente.

A más a más, el operario para encontrar un medio de control perdía mucho tiempo, despilfarro muy importante que se tiene que eliminar.

Debido a todo esto, se han tomado varias acciones de mejora que evitan errores y pérdidas de tiempo.

En primer lugar, se han analizado los medios de control de los que se disponía, eliminando por completo aquellos que estaban desgastados o que pudieran provocar errores. Los que se han conservado en buen estado, se guardan para continuar con su uso y se realiza un registro mediante una nueva ficha por cada medio de control. El modelo propuesto es el siguiente:

		<b>FICHA NUEVO EQUIPO</b>				<b>Nº Ficha útil:</b>
<b>Denominación Útil:</b>			<b>Aplicación:</b>			
<b>Código Útil:</b>		<b>Ubicación:</b>		<b>Campo:</b>		
<b>Fecha adquisición:</b>		<b>Marca :</b>		<b>Tolerancia:</b>		
<b>Puesta en servicio:</b>		<b>Familia:</b>		<b>R-R:</b>		
<b>OPERACIONES DE CONTROL DE CALIBRACIÓN</b>						
<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN OPERACIÓN</b>	<b>MEDIO</b>	<b>PRECISIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>REGISTRO</b>	
1						
2						
3						
<b>HISTÓRICO REPARACIONES/ MODIFICACIONES/ CALIBRACIONES</b>						
<b>Mediciones de Control</b>					<b>Fecha</b>	<b>Inspector</b>
<b>Visual</b>						<b>Decisión</b>
<b>Fuera de servicio – Motivos:</b>			<b>Fecha retirada servicio</b>		<b>Responsable</b>	<b>Reposición</b>

Ilustración 42: Ficha nuevo equipo (Elaboración propia)

Con cada uno de los medios de control se rellenará esta ficha de nuevo equipo que también servirá para llevar el control del etalonado correspondiente y poder saber si se ha sustituido o no y cuál fue el motivo.

En segundo lugar, una vez registrados los calibres, para que los operarios sepan en qué estado se encuentra ese medio de control, es decir, si se puede usar ese equipo o no, sería conveniente para cada equipo colocar una etiqueta firmada por el responsable de calidad conforme ese medio está disponible para su uso, indicando la fecha en que ha sido calibrado. En caso contrario, puede que esté en reparación o esperando a ser repuesto por otro, por lo tanto, no estará disponible para usar.

El sistema de etiquetaje que se propone como mejora es el siguiente:

<b>Bmeç</b>		<b>Metrologia</b>	
<b>Util Nº</b>		<b>FUERA DE SERVICIO</b>	
<b>Fecha</b>			
<b>Restricción</b>		<b>Firma</b>	

<b>Bmeç</b>		<b>Metrologia</b>	
<b>Util Nº</b>			
<b>Fecha calibrado</b>			
<b>Próximo calibrado</b>			
<b>Autorizado</b>		<b>Firma</b>	

Ilustración 43: Etiquetas estado del equipo (Elaboración propia)

En tercer lugar, para resolver este desorden, se ha dado una nueva ubicación a los medios de control y se han colocado en su caja, protegidos e identificados. También, se ha añadido un sistema de tarjetas, dónde cada operario tiene su tarjeta y cuando coge un medio de control, deja su tarjeta en la caja conforme lo tiene él. Por lo tanto, cuando viene otra persona a buscar ese mismo equipo, sabrá quien está haciendo uso de éste y el tiempo empleado será mínimo.

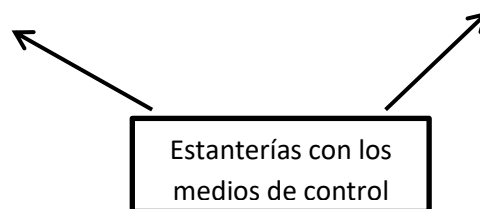
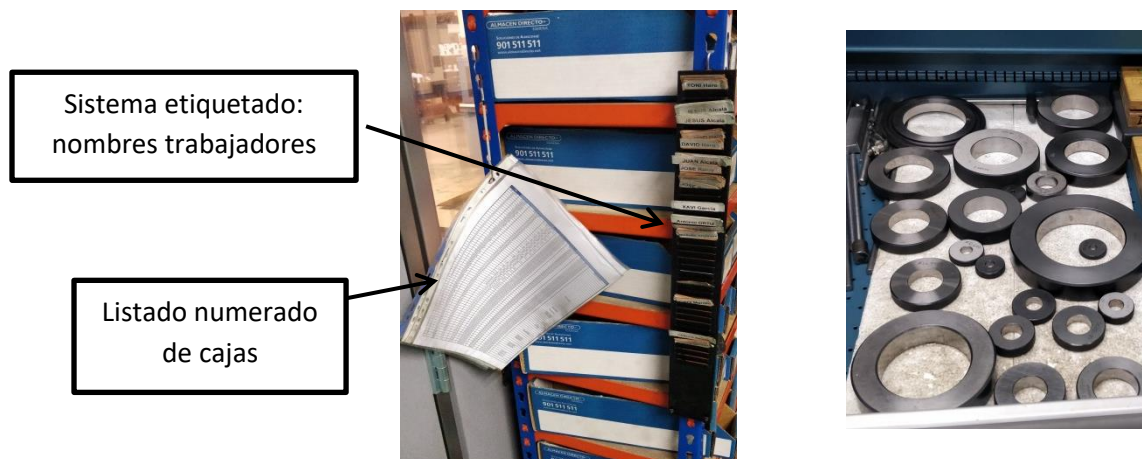


Ilustración 44: Nuevo almacenaje medios de control (Elaboración propia)



A continuació, se afeuen algunes fotos de c3mo ha quedado este sistema:



*Il·lustraci3n 45: Sistema de tarjetas (Elaboraci3n propia)*

### 8.2.4 Indicadores de gesti3n

Anteriormente, se ha comentado que en muchas ocasiones no se detectaba el error inmediatamente, ni tan siquiera se analizaba una vez detectado.

Recogida de la informaci3n:

1. No conformidades externas -> informado por clientes.
2. No conformidades internas -> activaci3n M50 (coste + tiempo).

La m3quina 50, es activada por el departamento de calidad o producci3n cuando hay un error interno y los operarios se fichan est3 m3quina para tener un registro y conocer tiempo y coste.

Como propuesta de mejora para analizar y registrar todas las no conformidades tanto internas como externas, se va a crear un registro de todas ellas para posteriormente realizar unos gr3ficos estadísticos que ser3n visibles en el panel situado en la planta productiva, y que servir3 de informaci3n para todos los trabajadores de la empresa.

Es un buen m3todo para focalizar el origen de la mayoría de los errores para posteriormente analizar y proponer una soluci3n para eliminarlos. Tambi3n es un m3todo comunicativo de parte de la empresa sobre sus trabajadores compartiendo toda esta informaci3n.

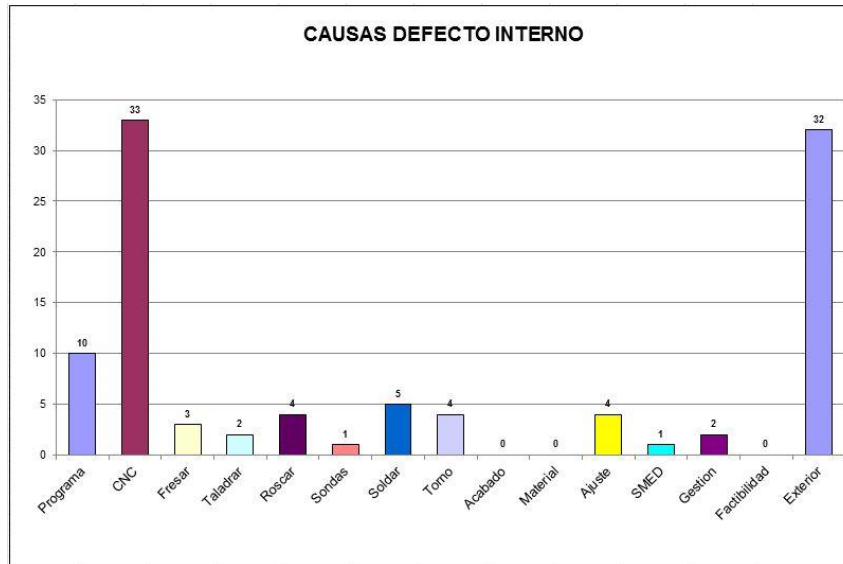
En estas estadísticas se detallan diferentes aspectos como son:

1. No conformidades internas.
2. No conformidades externas.
3. Plazos de entrega.
4. Nivel de satisfacci3n de cliente.
5. Valor econ3mico como resultado de los errores.

A partir, de estos valores se crea un plan de acciones a medio plazo para reducir todos los defectos y costes. Como objetivo principal, la mejora continua.

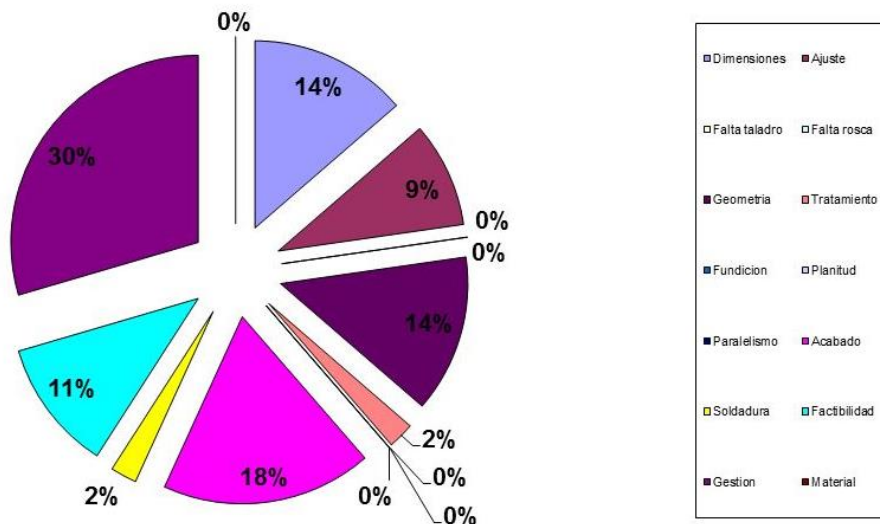
A continuación, se muestran los gráficos nombrados anteriormente como ejemplo:

**1. Indicador no conformidades internas**



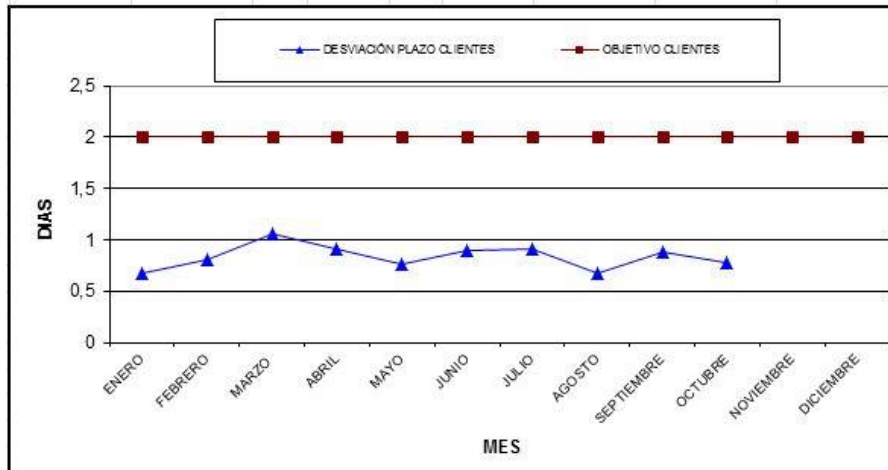
Se puede contemplar el número de no conformidades y de dónde proceden.

**2. Indicador no conformidades externas**



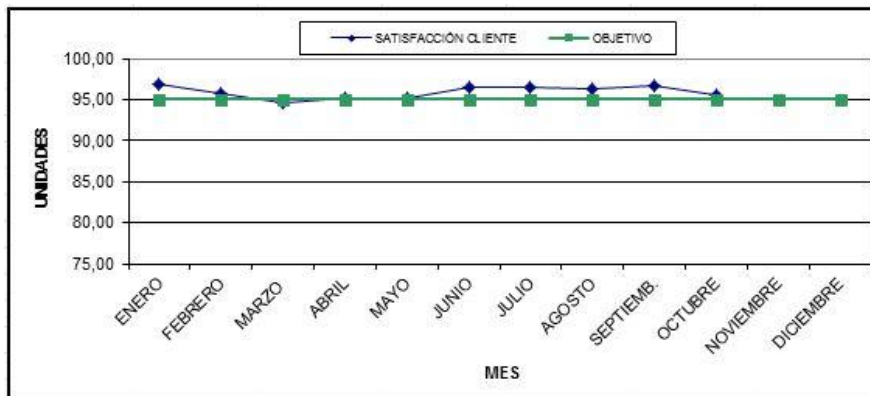
Se obtienen los mismos resultados que el anterior, pero sobre las no conformidades externas.

### 3. Indicador plazo de entrega mensual



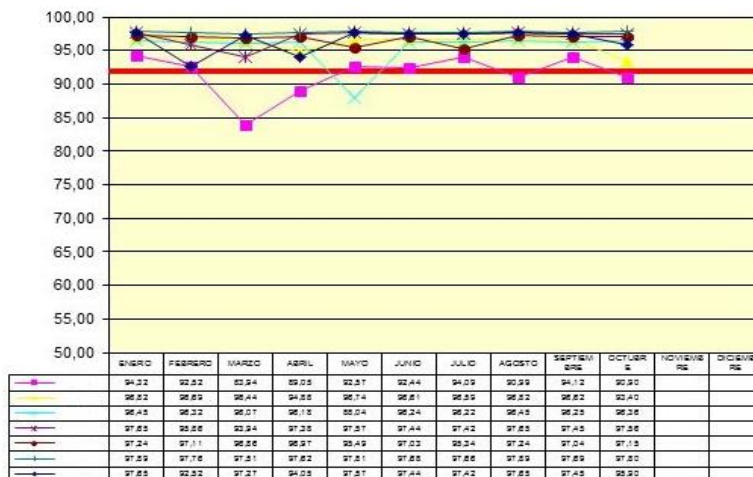
Se puede comparar el objetivo fijado por la empresa con la desviación de plazo mensual

### 4. Indicador satisfacción cliente mensual



Se conoce el nivel de satisfacción del cliente y se compara con el objetivo fijado.

### 5. Indicador satisfacción por cliente



Dependiendo de las no conformidades y plazos de entrega, se estima la satisfacción por cada uno de los clientes de la empresa cada mes.

Ilustración 46: Estadísticas e indicadores calidad (Elaboración propia)

### 8.2.5 Gestión de no conformidades

Una de las soluciones propuestas para gestionar el tema de no conformidades tanto internas como externas, es formar un equipo de trabajo o también llamados grupos de mejora, formado por las personas involucradas en esa no conformidad para abarcar el problema y aportar solución dejando registros de cada una de las medidas tanto preventivas como correctoras que se llevaran a cabo.

Este proceso se realiza mediante el ciclo PDCA, es decir, planificar, hacer, comprobar y actuar.

Es importante este proceso para poder gestionar en su totalidad todo el ámbito de las no conformidades, y no olvidarse absolutamente de nada.

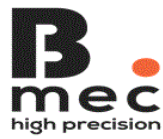
El equipo no debe estar formado solamente por responsables de departamento, sino que debe estar formado también por aquellos trabajadores implicados. Esto no solo servirá para adoptar una solución para que no vuelva a suceder en el futuro, sino también para promover la comunicación y el traspaso de información entre las personas implicadas en el asunto.

Anteriormente, cuando había una no conformidad ni tan siquiera se trataba ya sea interna o externa, por lo tanto, no se dejaba registro y nadie tenía constancia de que había ocurrido.

Por lo tanto, se propone realizar un report 8D, dónde se dejará un registro de las acciones tomadas y posteriormente servirá también en caso de que el cliente lo solicite un documento para su envío para que este conozca de primera mano cuáles van a ser las soluciones adaptadas para que este problema no vuelva a suceder en el futuro.

La imagen que se da al cliente es de una empresa seria, que le importa los problemas que encuentra el cliente y que trabaja para dar una solución para que no vuelva a ocurrir. Esto es un paso más dentro del proyecto que se está realizando de mejora continua.

A continuación, se muestra el documento propuesto y realizado para abarcar el tema de no conformidades:



Nº	
Fecha:	

<b>INFORME DE NO CONFORMIDAD – REPORT 8D</b>			
<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>			
<b>ORIGEN DE LA NO CONFORMIDAD</b>			
<b>INTERNA</b>	ADMINISTRATIVA: _____		
	EQUIPOS: _____		
	PERSONAL: _____		
<b>EXTERNA</b>	CLIENTE	_____	
	SUBCONTRATISTA:	_____	
<b>TIPO</b>		<b>DESCRIPCIÓN – CASO NO CONFORMIDAD EXTERNA</b>	
<input type="checkbox"/>	De Cliente	<b>Referencia</b>	
<input type="checkbox"/>	De Subcontratista	<b>Denominación</b>	
<input type="checkbox"/>	De personal propio	<b>Cantidad</b>	
<input type="checkbox"/>	De procedimiento de calidad	<b>Nº Cardex</b>	
<input type="checkbox"/>	De Auditoria interna	<b>Nº No conformidad</b>	
		<b>Tipo No Confor.</b>	Mayor - Menor - Repetitiva
<b>Quién detecta la No conformidad:</b>		<b>Revisado por calidad:</b>	<b>Responsable acciones:</b>
<b>CAUSAS</b>			
<b>ACCIONES A DESARROLLAR</b>			
<b>Correctivas:</b>			
<b>Preventivas:</b>			
<b>VERIFICACIÓN EFICACIA ACCIONES</b>			
<b>Comentarios:</b>			
<b>Responsable Verificación:</b>	<b>Firma y fecha:</b>	<b>Vº Bueno Calidad:</b>	<b>Cierre de la No Conformidad</b>

Ilustración 47: Report 8D (Elaboración propia)

### 8.3 SISTEMA DE PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL

Para que la aplicación de la metodología Lean Manufacturing sea un éxito en la empresa, no solamente los directores tienen que estar implicados sino también los trabajadores. Por lo tanto, es muy importante contar con la participación de cada uno de ellos.

Para alcanzar los objetivos Lean que se han propuesto a lo largo de este proyecto, se han realizado diferentes acciones para lograrlos:

#### 8.3.1. Panel informativo con indicadores

Una de las propuestas implementadas ha sido colocar un panel en la planta productiva dónde se recogen mediante diferentes gráficas todos los indicadores tanto productivos como de calidad interna y externa.

Esto ayuda a los trabajadores a conocer cuántos recursos se pierden por la no calidad y dónde se focalizan los principales problemas que causan la no calidad.

Cuando se colgaron los primeros gráficos se dedicó aproximadamente una hora en explicar a todos los operarios que significaba y mostraba cada uno de ellos y las primeras conclusiones que se habían obtenido.

El departamento de calidad como se ha comentado en el apartado anterior realiza unas estadísticas de las cuáles se obtienen los gráficos mostrados anteriormente.

A continuación, se muestran el panel informativo dónde se ven cada uno de los gráficos:



Ilustración 48: Panel informativo (Elaboración propia)

### 8.3.2. Formación y puesto de trabajo

La empresa ha puesto a disposición de todos los empleados de la empresa, la realización de cualquier curso que se quiera realizar, eso sí, relacionado con el trabajo que se lleva a cabo. Por lo tanto, todos aquellos que quieran aumentar sus conocimientos sobre algo, puede hacerlo sin problemas.

Finalmente, una de las últimas medidas por las que se ha optado y que desde mi punto de vista, me parece muy interesante, ha sido ofrecer a cada una de los trabajadores, una cantidad de dinero establecida por gerencia que pueden usar cada año para mejorar su puesto de trabajo. Es decir, el operario cada año, dispone de una cantidad de dinero para realizar cualquier mejora que crea conveniente en su puesto de trabajo, ya sea, cambiar cualquier pieza, poner luces nuevas, comprar nuevos utensilios, etc.

### 8.3.3. Participación en toma de decisiones

Anteriormente la empresa no dejaba participar a los empleados en dependiendo qué temas, cuando ellos seguramente son los más apropiados para una solución exitosa.

Según la temática, sobre todo si se trata de aspectos productivos, los operarios están toda su jornada laboral delante de las máquinas y las conocen perfectamente, sin embargo, parece que no tenga ninguna validez su opinión.

Por lo tanto, la empresa ha cambiado la forma de actuar en estos aspectos y actualmente los operarios participan en dos aspectos de gran importancia para la empresa:

1. Redistribución de toda la planta productiva. Se ha realizado un nuevo layout teniendo en cuenta semejanzas de máquina y preparaciones establecidas.
2. Cuando hay una conformidad tanto interna como externa, los trabajadores participantes en esos lotes son reunidos junto a los responsables de departamento (equipos multidisciplinares) para analizar el problema y obtener una solución. Estas medidas adoptadas se dejan registro para evitarlas y no vuelvan a suceder.

## 9.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

En este apartado se va a realizar un estudio económico de todo el proyecto propuesto en este documento. En un primer apartado se van a listar cada uno de los componentes en los que debe invertir la empresa junto con el coste que les supone, y, en el segundo apartado se realizará un estudio de viabilidad económica para conocer si es rentable llevar a cabo este proyecto y cuando se habrá amortizado y devuelto la inversión para la empresa.

### 9.1.- COSTES E INVERSIONES

GASTOS				
CONCEPTO	EJECUCIÓN	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	TOTAL
Pantalla gestión SMED	Mes 2	1 ud	350,00 €	350,00 €
Pistola código de barras	Mes 2	1 ud	110,00 €	110,00 €
Impresora código de barras	Mes 2	1 ud	150,00 €	150,00 €
Cajas de herramientas	Mes 1	900 uds	0,25 €	225,00 €
Lápiz de grabado	Mes 3	1 ud	230,00 €	230,00 €
Coste personal de grabar + ubicar	Mes 4	40 horas	13€/hora	520,00 €
Pantalla zona de corte material prima	Mes 4	1 ud	350,00 €	350,00 €
Herramientas (garantizar mínimos y máximos)	Mes 1 - Mes 11	260 uds	91,00 €	23.660,00 €
Coste ubicación herramientas existentes	Mes 3	40 horas	13€/hora	520,00 €
Periodo de formación	Mes 6	80 horas	14,5€/hora	1.160,00 €
Software 3D (Topsolid)	Mes 3	1 ud	5.700 €	5.700 €
Carros porta herramientas	Mes 4	10 u	450 €	4.500 €
Carros mesas de trabajo	Mes 1	10 ud	130 €	1.300 €
Componentes del carro de trabajo	Mes 1	10 ud	220 €	2.200 €
Tiempo dedicación personal de sistemas	Mes 1 - Mes 12	960h	14,5€/hora	13.920,00 €
Impresora calidad	Mes 3	1 ud	120 €	120,00 €
Etiquetas calidad	Mes 3	5 ud	25 €	125,00 €
Panel informativo	Mes 1	1 ud	90 €	90 €
<b>TOTAL GASTOS PROYECTO</b>				<b>55.230,00 €</b>
INVERSIONES				
CONCEPTO	EJECUCIÓN	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	TOTAL
Estanterías utillajes	Mes 4	2 uds	410,00 €	820,00 €
Contratación Operario SMED	Mes 4	2 uds	25.000,00 €	50.000,00 €
Contratación Oficina Técnica	Mes 4	2 uds	28.000 €	56.000,00 €
Inmobiliario despacho	Mes 2	2 uds	1.600 €	3.200 €
Inmobiliarios departamento calidad	Mes 1	3 uds	80 €	240 €
<b>TOTAL INVERSIÓN PROYECTO</b>				<b>110.260,00 €</b>

Tabla 10: Costes e inversiones (Elaboración propia)

La empresa debería realizar una inversión inicial de alrededor de **165.490€** para realizar las propuestas que se han solicitado a lo largo de todo este proyecto.



## 9.2.- ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se realizará el estudio de la viabilidad de nuestro proyecto. Conocemos que la inversión que debe realizar la empresa es de un importe de 157.410€. Para estar en situación, con la implantación del nuevo proyecto, la empresa reduce un 35% del tiempo de preparación de máquina:

	TIEMPO DE PREPARACION	Nº DE TURNOS	% TIEMPO REDUCIDO
ANTES DEL PROYECTO	315 minutos	2	35%
DESPUES DEL PROYECTO	110 minutos	2	

Tabla 11: Porcentaje reducido tiempo preparación

Para hacer frente a la inversión, la empresa pedirá un préstamo en el mes 3, a pagar en 1 año con un interés del 8%.

PAGO INVERSION		CONDICIONES		CANTIDAD TOTAL	PAGO MENSUAL
PRÉSTAMO (1 año)	115.000 €	1 año	8% intereses	124.200 €	10.350 €

Tabla 12: Préstamo y condiciones

En los primeros meses la empresa va cubriendo sus gastos mediante los ingresos generados por la actividad. Solo a partir del mes 12 hasta el 16 la empresa tendrá un cash Flow acumulado negativo, pero se podría autofinanciar con sus fondos propios. El estudio queda reflejado en la siguiente tabla:

CASH FLOW POSITIVO	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Ingresos por ventas		78.000 €	81.000 €	75.000 €	82.000 €	85.000 €	84.000 €	82.000 €	80.000 €	88.000 €	91.000 €	90.000 €	86.000 €
Prestamo bancario				115.000 €									
<b>TOTAL</b>		<b>78.000 €</b>	<b>81.000 €</b>	<b>190.000 €</b>	<b>82.000 €</b>	<b>85.000 €</b>	<b>84.000 €</b>	<b>82.000 €</b>	<b>80.000 €</b>	<b>88.000 €</b>	<b>91.000 €</b>	<b>90.000 €</b>	<b>86.000 €</b>
CASH FLOW NEGATIVO	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Gastos por ventas		68.640 €	71.280 €	66.000 €	72.160 €	74.800 €	73.920 €	72.160 €	70.400 €	77.440 €	80.080 €	79.200 €	75.680 €
Dinero de reserva													
Pago préstamo				10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €	10.350 €
Pantalla gestión SMED			350 €										
Pistola código de barras			110 €										
Impresora de etiquetas código de barras			150 €										
Cajas de herramientas		225 €											
Lápiz de grabado				230 €									
Coste personal de grabar + ubicar					520 €								
Pantalla zona de corte material prima					350 €								
Herramientas (garantizar mínimos y máximos)		2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €	2.151 €
Coste personal ubicación herramientas existentes				520 €									
Periodo de formación							1.160 €						
Software 3D (Topsolid)				5.700 €									
Carros porta herramientas					4.500 €								
Carros mesas de trabajo		1.300 €											
Componentes del carro de trabajo		2.200 €											
Tiempo dedicación personal de sistemas		1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €	1.266 €
Impresora calidad				120 €									
Etiquetas calidad				25 €									
Panel informativo		90 €											
Estanterías utillajes					820 €								
Contratación Operario SMED					4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €	4.167 €
Contratación Oficina Técnica					4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €	4.667 €
Inmobiliario despacho			3.200 €										
Inmobiliario medios de control		240 €											
<b>TOTAL</b>	<b>0 €</b>	<b>76.112 €</b>	<b>78.507 €</b>	<b>86.362 €</b>	<b>100.951 €</b>	<b>97.401 €</b>	<b>97.681 €</b>	<b>94.761 €</b>	<b>93.001 €</b>	<b>100.041 €</b>	<b>102.681 €</b>	<b>101.801 €</b>	<b>98.281 €</b>
<b>CASH FLOW</b>		<b>1.888 €</b>	<b>2.493 €</b>	<b>103.638 €</b>	<b>-18.951 €</b>	<b>-12.401 €</b>	<b>-13.681 €</b>	<b>-12.761 €</b>	<b>-13.001 €</b>	<b>-12.041 €</b>	<b>-11.681 €</b>	<b>-11.801 €</b>	<b>-12.281 €</b>
<b>CASH FLOW ACUMULADO</b>		<b>1.888 €</b>	<b>4.381 €</b>	<b>108.019 €</b>	<b>89.068 €</b>	<b>76.667 €</b>	<b>62.986 €</b>	<b>50.225 €</b>	<b>37.224 €</b>	<b>25.183 €</b>	<b>13.502 €</b>	<b>1.701 €</b>	<b>-10.580 €</b>
<b>FACTOR DE DESCUENTO (Fd)</b>	<b>1</b>	<b>0,93</b>	<b>0,86</b>	<b>0,79</b>	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>	<b>0,63</b>	<b>0,58</b>	<b>0,54</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>
<b>VALOR ACTUAL EN T=0</b>	<b>0 €</b>	<b>1.748 €</b>	<b>2.137 €</b>	<b>82.271 €</b>	<b>-13.930 €</b>	<b>-8.440 €</b>	<b>-8.621 €</b>	<b>-7.446 €</b>	<b>-7.024 €</b>	<b>-6.023 €</b>	<b>-5.411 €</b>	<b>-5.061 €</b>	<b>-4.877 €</b>
<b>VAN (VALOR ACTUAL NETO)</b>	<b>44.160 €</b>												
<b>Ke (Coste de financiación)</b>		<b>8%</b>											
<b>PAYBACK (Meses)</b>													

CASH FLOW POSITIVO	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24
Ingresos por ventas	116.100 €	117.842 €	119.609 €	121.403 €	123.224 €	125.073 €	126.949 €	128.853 €	130.786 €	132.748 €	134.739 €	136.760 €
Prestamo bancario												
<b>TOTAL</b>	<b>116.100 €</b>	<b>117.842 €</b>	<b>119.609 €</b>	<b>121.403 €</b>	<b>123.224 €</b>	<b>125.073 €</b>	<b>126.949 €</b>	<b>128.853 €</b>	<b>130.786 €</b>	<b>132.748 €</b>	<b>134.739 €</b>	<b>136.760 €</b>
CASH FLOW NEGATIVO	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24
Gastos por ventas	102.168 €	103.701 €	105.256 €	106.835 €	108.437 €	110.064 €	111.715 €	113.391 €	115.091 €	116.818 €	118.570 €	120.349 €
Dinero de reserva												
Pago préstamo	10.350 €	10.350 €										
Pantalla gestión SMED												
Pistola código de barras												
Impresora de etiquetas código de barras												
Cajas de herramientas												
Lápiz de grabado												
Coste personal de grabar + ubicar												
Pantalla zona de corte material prima												
Herramientas (garantizar mínimos y máximos)	2.151 €	2.151 €	2.151 €									
Coste personal ubicación herramientas existentes												
Periodo de formación												
Software 3D (Topsolid)												
Carros porta herramientas												
Carros mesas de trabajo												
Componentes del carro de trabajo												
Tiempo dedicación personal de sistemas	1.266 €	1.266 €	1.266 €									
Impresora calidad												
Etiquetas calidad												
Panel informativo												
Estanterías utillajes												
Contratación Operario SMED	4.167 €	4.167 €	4.167 €									
Contratación Oficina Técnica	4.667 €	4.667 €	4.667 €									
Inmobiliario despacho												
Inmobiliario medios de control												
<b>TOTAL</b>	<b>124.769 €</b>	<b>126.302 €</b>	<b>117.507 €</b>	<b>106.835 €</b>	<b>108.437 €</b>	<b>110.064 €</b>	<b>111.715 €</b>	<b>113.391 €</b>	<b>115.091 €</b>	<b>116.818 €</b>	<b>118.570 €</b>	<b>120.349 €</b>
CASH FLOW	-8.669 €	-8.460 €	2.102 €	14.568 €	14.787 €	15.009 €	15.234 €	15.462 €	15.694 €	15.930 €	16.169 €	16.411 €
CASH FLOW ACUMULADO	-19.249 €	-27.709 €	-25.607 €	-11.039 €	3.748 €	18.757 €	33.991 €	49.453 €	65.148 €	81.077 €	97.246 €	113.657 €
FACTOR DE DESCUENTO (Fd)	0,37	0,34	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16
VALOR ACTUAL EN T=0	-3.188 €	-2.880 €	663 €	4.252 €	3.996 €	3.756 €	3.530 €	3.317 €	3.118 €	2.930 €	2.754 €	2.588 €
VAN (VALOR ACTUAL NETO)												
Ke (Coste de financiación)												
PAYBACK (Meses)												

Tabla 13: Estudio viabilidad económico (Elaboración propia)

### 9.3.- BENEFICIOS INTANGIBLES PREVISTOS

Además de las inversiones a realizar y de los beneficios obtenidos al implantar las técnicas, hay otros beneficios que no son económicos y que hay que tener en cuenta ya que afectan a la propia organización:

- Implicación de los operarios en la gestión de sus tareas del día a día, capacidad de prioridad y organización de su trabajo.
- Implicación de los operarios en la mejora de los procesos productivos y de los resultados obtenidos.
- Transparencia en el funcionamiento mediante formaciones a los empleados que aumente el conocimiento sobre la empresa.
- Dar a conocer los objetivos marcados por parte de la empresa a sus empleados, para que puedan incidir en la consecución de estos.
- Aumento del orden y limpieza de la planta lo que genera una impresión diferente por parte de los clientes.
- Mejora en las condiciones de ergonomía en los puestos de trabajo.
- Trabajadores más flexibles que apuestan por la mejora continua y aseguran un proceso de actualización a la empresa.
- Jerarquía más plana con mejor comunicación y transparencia entre las personas.
- Clima de confianza y persecución de los mismos objetivos.

## 9.4.- PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO PROPUESTO

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>8.1 SMED</b>												
Operario SMED	Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Utillajes			Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Materia Prima				Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Herramientas	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Implantación	Seguimiento
Programa CNC			Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Carros herramientas					Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Orden y limpieza 5S	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Departamento de planificación				Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Departamento de producción					Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Departamento de aprovisionamiento						Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
<b>8.2 Calidad</b>												
Autocontrol			Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Sistema de aceptación y rechazo			Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Registros medios de control		Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Indicadores de gestión								Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Gestión de no conformidades					Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
<b>8.3 Sistema de participación del personal</b>												
Panel informativo	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Formaciones		Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento
Participación			Implantación	Implantación	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento	Seguimiento

IMPLANTACIÓN

SEGUIMIENTO

Tabla 14: Planificación del trabajo propuesto (Elaboración propia)

## 9.5.- ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES

Este proyecto es un estudio sobre posibles mejoras en la empresa a partir de la implementación de técnicas Lean Manufacturing, por lo tanto, no contiene ninguna implicación ambiental.

Este apartado no afecta en este trabajo.

## 10.- CONCLUSIONES

---

- Con la aplicación del SMED se ha reducido un 35% el tiempo de preparación de máquina, lo que comporta una mayor productividad y flexibilidad para la empresa.
- Con el transcurso del proyecto y las reuniones informativas a los trabajadores y responsables se ha conseguido cambiar la mentalidad de éstos, viendo de manera favorable y aceptable la implantación de cada una de las metodologías.
- El proyecto ha cumplido con la inversión que podía realizar la empresa.
- Cambios significativos en la imagen de la empresa frente a los clientes, mejorando la seriedad y su posicionamiento en el sector metalúrgico.
- Creación de grupos de mejora dónde se incentiva el intercambio de información y comunicación entre los distintos departamentos de la empresa.
- Stock de herramientas y de materia prima totalmente actualizado en tiempo real.
- Disminución de la gestión de pedidos descontrolados mediante un seguimiento establecido y fijado.
- La empresa da un paso en el ámbito tecnológico modernizando su maquinaria y procesos.
- Se controla, analiza y se hace el seguimiento de cada una de las no conformidades promoviendo la mejora continua a partir de equipos de mejora, dónde surgirán nuevas vías de actuación para seguir mejorando y progresando.
- Avance significativo en el sistema interno de la empresa, denominado ERP, dónde se controla toda la producción y se realiza trazabilidad de todas las ordenes de fabricación.
- Mejora de orden y limpieza tanto en los puestos de trabajo como en la fábrica en general.

## 10.1.- LÍNEAS FUTURAS

Es interesante proponer nuevas líneas futuras una vez se hayan implementado y consolidado cada una de las técnicas de aplicación. Fuera del alcance de este proyecto, ya sea, por falta de recursos o por la necesidad de mostrar rápidamente los resultados obtenidos, es interesante conocer nuevas proposiciones para el futuro y sirva de ayuda para la evolución de la empresa.

Quedaría pendiente por realizar las siguientes dos tareas:

- Analizar los resultados obtenidos, detectando problemas y proponiendo soluciones.
- Mostrar a todos los trabajadores de la empresa los cambios logrados.

Al mismo tiempo, no se han aplicado todas las técnicas del Lean Manufacturing, por lo que, en un futuro queda como objetivo la implantación de nuevas técnicas como Value Stream Mapping, TPM y sistema Kanban.

Una línea futura interesante sería una vez implantado el TPM incluir indicadores numéricos sobre la eficiencia en máquina, o también llamado OEE (Overall Efficiency Equipment).

A más a más, un análisis del mercado para cambiar los recursos existentes por otros más modernos que permitan la obtención de mejores resultados, aportando automatización a los procesos y líneas de trabajo.



## 11.- BIBLIOGRAFÍA

---

- Ángel, S. P. M., & Javier, L. P. C. (2013). Programación de máquinas-herramienta con control numérico. Editorial UNED.
- Arango Serna, M. D., Campuzano Zapata, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 221-233.
- Cruz, J., & Badii, M. H. SMED: El camino a la flexibilidad total (SMED: The road to total flexibility).
- Garay, J. A. D., Cicedo, P. F., & Cadavid, L. R. (2009). Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. *Sistemas & Telemática*, 7(14), 109-144.
- Krar, S. F., Check, A. F., & Smid, P. (2002). Tecnología de las máquinas-herramienta. Alfaomega.
- Maldonado Villalva, G. (2008). Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad.
- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. *Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN*, 2076, 3166.
- Posada, J. G. A. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*, 10(20), 139-148.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.
- Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial.).
- Wevar Oller, J. E. (2014). Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial.).