



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO
EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA E IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA Y DE CALIDAD EN UNA EMPRESA DE PLÁSTICOS

Autor: Carlos Gago Giner

Tutor: José Manuel Jabaloyes Vivas

RESUMEN

Este TFG va a tener como objetivo el aumento del rendimiento del sistema productivo de una empresa de plásticos gracias al empleo de herramientas basadas en la mejora continua (*lean manufacturing*) y también en la mejora de la calidad.

En primer lugar, se realizará un análisis del funcionamiento de toda la planta y por tanto de todo su ciclo de producción, para ello emplearemos una herramienta apropiada para ello, conocida como VSM (*Value Stream Map*).

Una vez realizado el análisis podremos actuar sobre el foco de los problemas para intentar solucionarlos o mejorar la eficiencia de los procesos. Para ello emplearemos distintas técnicas que nos permitan encontrar la causa/raíz de los problemas y entonces solucionarlos.

Además, con el objetivo del aumento de la calidad de los distintos puestos de trabajo se emplearán técnicas destinadas para ello.

Se dispondrá también de una comparativa entre los OEE obtenidos en el análisis de la situación actual de la planta y, posteriormente, los calculados con las mejoras implantadas.

Finalmente, gracias a la metodología de resolución empleada podremos determinar cuánto le costará a la empresa la implementación de las distintas técnicas económicamente, cuando recuperará la inversión y, por tanto, si le resulta rentable llevar a cabo la misma.

ABSTRACT

This TFG will aim to increase the performance of the production system of a plastics company thanks to the use of tools based on continuous improvement (*lean manufacturing*) and also on quality improvement.

First, an analysis of the operation of the entire plant and therefore of its entire production cycle will be carried out, for this we will use a suitable tool for this, known as VSM (*Value Stream Map*).

Once the analysis is done, we can act on the main issues of the problems to try to solve them or improve the efficiency of the processes. To do this, I must use different techniques that will help me find the cause / root of problems and then solve them.

In addition, with the aim of increasing the quality of the different jobs, specific techniques will be used for this.

There will also be a comparison between the OEE obtained with the analysis of the current situation of the plant and with the OEE obtained with the improvements implemented.

Finally, thanks to the methodology used, we will be able to determine how much it will cost the company to implement the different techniques, when it will be recover the investment and therefore if it is profitable to carry out the same.

RESUM

Aquest TFG tindrà com a objectiu l'augment del rendiment del sistema productiu d'una empresa de plàstics gràcies a l'ús d'eines basades en la millora contínua (*lean manufacturing*) i també en la millora de la qualitat.

En primer lloc, es realitzarà una anàlisi del funcionament de tota la planta i per tant de tot el seu cicle de producció, per a això emprarem una eina apropiada, coneguda com VSM (*Value Stream Map*).

Una vegada realitzat l'anàlisi podrem actuar sobre el focus dels problemes per a intentar solucionar-los o millorar l'eficiència dels processos. Per a això emprarem diferents tècniques que ens permeten trobar la causa/arrel dels problemes i llavors solucionar-los.

A més, amb l'objectiu de l'augment de la qualitat dels diferents llocs de treball s'empraran tècniques destinades per a això.

Es disposarà també d'una comparativa entre els OEE obtinguts en l'anàlisi de la situació actual de la planta i posteriorment els calculats amb les millores implantades.

Finalment, gràcies a la metodologia de resolució emprada podrem determinar quant li costarà a l'empresa la implementació de les diferents tècniques econòmicament, quan recuperarà la inversió i per tant si li resulta rendible dur a terme la mateixa.

ÍNDICE

1.	Justificación académica, funcional y objetivos del trabajo.....	12
1.1	Justificación académica	12
1.2	Justificación funcional	13
1.3	Objetivos	14
2.	Descripción de la empresa	14
2.1	Introducción	14
2.2	Responsabilidad medioambiental de la empresa	16
2.3	Servicios que se ofrecen	18
2.4	Productos que fabrican	19
3.	Análisis actual de la empresa.	22
3.1	Esquema de la disposición de la planta actual	22
3.2	Descripción herramienta VSM y principales elementos	23
3.3	Realización VSM	27
3.4	Explicación teórica de los indicadores a calcular.....	31
3.5	Calculo de los indicadores de cada proceso	33
4.	Metodologías a implantar en la empresa	38
4.1	5S	38
4.2	SMED	38
5.	Metodología 5S.....	39
5.1	Justificación de las 5S en la empresa	39
5.2	Descripción de las 5S	40
5.2.1	Primera S: organizar (seiri).....	40
5.2.2	Segunda S: ordenar (seiton)	41
5.2.3	Tercera S: limpiar (seiso)	42
5.2.4	Cuarta S: estandarizar (seiketsu).....	42
5.2.5	Quinta S: Seguimiento y control (shitsuke)	43
5.3	Empleo 5S en la empresa de plásticos	43
6.	Metodología SMED.....	63
6.1	Justificación del empleo del SMED	63
6.2	Antecedentes históricos del SMED	64
6.3	Descripción de las etapas del SMED.....	65

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

6.3.1	Etapa 0.....	66
6.3.2	Etapa 1.....	67
6.3.3	Etapa 2.....	67
6.3.4	Etapa 3.....	68
6.3.5	Etapa 4.....	69
6.4	Empleo de SMED en la empresa.....	70
7.	Cálculo del OEE y VSM final	92
8.	Presupuesto	98
9.	Valoración del proyecto de inversión.....	99
10.	Conclusiones	101
11.	Bibliografía.....	103
11.1	Libros de texto.....	103
11.2	Páginas web	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización empresa.....	15
Ilustración 2: Evolución producción de plásticos.	17
Ilustración 3: Impresora 3D.....	18
Ilustración 4: Tipos Moldes.	19
Ilustración 5: Decoración.....	19
Ilustración 6: Higiene doméstica e industrial.....	20
Ilustración 7: Perfumería e higiene personal.	20
Ilustración 8: Cosmética personal.....	21
Ilustración 9: Adhesivos y pinturas.	21
Ilustración 10: Alimentación y dietética.	21
Ilustración 11: Envases especiales.	22
Ilustración 12: layout actual de la planta.....	22
Ilustración 13: Dibujo cliente.	25
Ilustración 14: Dibujo proveedores.	25
Ilustración 15: Caja de procesos.....	25
Ilustración 16: Almacén controlado.	26
Ilustración 17: Almacén incontrolado.....	26
Ilustración 18: Push.....	26
Ilustración 19: Pull.....	26
Ilustración 20: Centro de decisión.....	27
Ilustración 21: Flujo información por personas.....	27
Ilustración 22: Flujo información electrónica.....	27
Ilustración 23: Flujos de información cliente.....	29
Ilustración 24: Flujo de información proveedor.....	29
Ilustración 25: VSM.....	37
Ilustración 26: Formato tarjeta roja.	41
Ilustración 27: tarjeta roja 1→herramientas secundarias.....	45
Ilustración 28: Tarjeta roja 2→Caja de herramientas secundaria.....	45

Ilustración 29: Tarjeta roja 3→items origen desconocidos.....	45
Ilustración 30: Tarjeta roja 4→ bote líquido desconocido	46
Ilustración 31: Mesa de trabajo cambio de molde	46
Ilustración 32: Tarjeta 5 → Producto obsoleto.....	47
Ilustración 33: Tarjeta 6 → Desecho de tapones.....	48
Ilustración 34: Tarjeta 7 → Botellas modelo	48
Ilustración 35: Estantería botellas modelo	49
Ilustración 36: Pallet en medio escalera de caracol	49
Ilustración 37: Tarjeta roja 8 → máquinas obsoletas	50
Ilustración 38: Tarjeta roja 9→ pedido de cliente sin identificar.....	50
Ilustración 39: Tarjeta roja 10 → Escalera	51
Ilustración 40: Estantes transparentes.....	52
Ilustración 41: Estantes opacos	52
Ilustración 42: Cajones oficina de pedidos.....	52
Ilustración 43: Cajones sección de moldes	52
Ilustración 44: Tablón de herramientas secundarias.....	53
Ilustración 45: Almacén de molde no estandarizado.....	54
Ilustración 46: Carrito herramientas actual.....	54
Ilustración 47: Peso.....	55
Ilustración 48: Regla de altura	55
Ilustración 49: Fregadero	55
Ilustración 50: Cubos debajo de las máquinas	56
Ilustración 51: Suciedad máquina (agua, aceite)	56
Ilustración 52: Pila control de calidad	57
Ilustración 53: OPL producto terminado	59
Ilustración 54: OPL Botellas Modelo	60
Ilustración 55: Localización herramientas secundarias.....	60
Ilustración 56: Actividades tiempo de cambio de lote	64
Ilustración 57: Diagrama espagueti cambio de molde.....	78
Ilustración 58: Herramienta multi-usos Allen.	87

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Ilustración 59: Diagrama espagueti post	90
Ilustración 60: Estandarización SMED	91
Ilustración 61: Evolución OEE por procesos	96
Ilustración 62: VSM final.	97

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Ecoeficiencia.....	18
Fórmula 2: Takt-time.....	32
Fórmula 3: DTD.	32
Fórmula 4: FTT.	32
Fórmula 5: OEE.	32
Fórmula 6: Disponibilidad.....	33
Fórmula 7: Eficiencia.	33
Fórmula 8: RVA.	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calendario de limpieza.....	58
Tabla 2: Auditoria 5S.....	62
Tabla 3: Hoja de tiempos (1) fase 0.....	79
Tabla 4: Hoja de tiempos (2) fase 0.....	80
Tabla 5: Lista de comprobación máquina 3.....	82
Tabla 6: Hoja de tiempos (1) actualizada.....	88
Tabla 7: Hoja de tiempos (2) actualizada.....	89
Tabla 8: Presupuesto RRHH.....	98
Tabla 9: Presupuesto materiales.....	98
Tabla 10: Presupuesto otros recursos.....	99
Tabla 11: Presupuesto total.....	99
Tabla 12: Pay-back.....	100
Tabla 13: Comparación de OEE's.....	102

1. Justificación académica, funcional y objetivos del trabajo

1.1 Justificación académica

El TFG representa la última etapa de formación del graduado y se define como "una actividad autónoma del estudiante con el apoyo de uno o más tutores donde el resultado final debe ser siempre un trabajo individual del estudiante, defendido ante un tribunal".

Para ello, se emplearán una serie de herramientas (sobre *lean manufacturing* y herramientas de calidad) vistas a lo largo de la carrera en diferentes asignaturas:

- Estudio del trabajo: se definen y diseñan los puestos de trabajo, así como tratará los problemas de estos con el objetivo de mejorar su productividad y condiciones del trabajo. Además de la utilización de herramientas basadas en el Estudio y mejora de Métodos y Medición del Trabajo para calcular las capacidades de producción y así poder establecer las necesidades de recursos de fabricación.
- Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos: se consideran elementos propios para el diseño de sistemas como los tipos de proceso, las leyes de fabricación, el sistema JIT, la distribución en planta y las relaciones con proveedores. Todos estos elementos serán de especial importancia en la elaboración del trabajo.
- Fundamentos de Organización de Empresas: en esta asignatura las 4 funciones básicas de la administración de empresa: planificar, dirigir, organizar y controlar.
- Control Estadístico de la Calidad: adquirir la capacidad de realizar control estadístico de la calidad en los diferentes procesos de la empresa. Mostrando la importancia de la calidad como herramienta para que las empresas mejoren constantemente en entornos volátiles y competitivos como los de la actualidad. Permitiendo conocer si el proceso se encuentra en su estado natural o ha sufrido un empeoramiento de calidad y por ello tratar de solucionarlo.
- Gestión de la Calidad Total: tratar de diseñar e implantar un sistema de gestión de la calidad que permita a la empresa gestionar todos sus procesos y recursos de una manera óptima para satisfacer a los principales grupos de interés.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- Planificación de Producción e Inventario: tiene el objetivo de preservar una ventaja competitiva para las empresas a partir de una adecuada gestión del Sistema Productivo y su coordinación con los clientes.
- Programación y Control de Producción y Operaciones: debe permitir reconocer problemas de tipo de Programación de Producción a nivel operativo y la utilización de herramientas para resolverlos.
- Equipos de Alto Rendimiento para la Mejora Continua: resolución de problemas de la organización a partir de herramientas de gestión de equipos en entornos de fabricación. Además, la asignatura permitirá la obtención de la habilidad de reconocimiento de problemas y su transformación en posibles proyectos de mejora.
- Diseño y Gestión de Almacenes: gestión y mejora de los almacenes gracias a una visión global del funcionamiento de estos.
- Análisis de costes y selección de inversiones industriales: esta asignatura proporcionará los conocimientos necesarios para poder revisar los distintos tipos de costes que intervienen en la actividad de las empresas industriales, dominar la metodología para el planteamiento de un proyecto de inversión, su evaluación desde un punto económico-financiero, entre otros. Será una gran ayuda para el apartado del presupuesto.

1.2 Justificación funcional

La mejora continua en todos los aspectos es una característica necesaria en las empresas. Debido a la globalización y la constante mejora de la competitividad de estas, se hace necesaria la implantación de técnicas y herramientas que permitan la mejora continua de las empresas.

Ante el contexto económico y social en el que nos encontramos en la actualidad, como consecuencia de las medidas de higiene, entre otras, implantadas por las instituciones por el COVID-19, las empresas de fabricación de botellas de plástico han visto como han aumentado la demanda de sus productos. La empresa objeto de estudio cree que debe utilizar todos los recursos necesarios para poder diferenciarse de la competencia. Por ello, se utilizarán diversas herramientas para lograr dicho objetivo como veremos posteriormente.

1.3 Objetivos

Con el presente trabajo se pretende analizar y proponer mejoras para una empresa del sector del plástico en el contexto en el que nos encontramos actualmente, con un incremento de la demanda como consecuencia del COVID-19, para ello:

En primer lugar, se realizará un análisis de la empresa para encontrar diferentes puntos de mejora. Emplearemos la herramienta del *Value Stream Map* (VSM).

Una vez identificados los aspectos a mejorar de la empresa se procederá a acometer las citadas mejoras a partir de herramientas basadas en la mejora continua y mejora de la calidad, herramientas que veremos posteriormente (5S y SMED).

Después, se comparará el OEE obtenido en el análisis actual de la empresa con el OEE obtenido tras haber implementado las dos herramientas de mejora continua comentadas anteriormente.

Por último, se obtendrá el presupuesto necesario para poder implementar todas las mejoras que la empresa debe acometer, según las herramientas utilizadas, y se determinará si es rentable llevarlas a cabo comparando el precio de la inversión con el OEE obtenido. En ese sentido, la empresa pone como restricción que como máximo desea obtener una recuperación de liquidez (inversión) en un plazo de cinco meses.

2. Descripción de la empresa

2.1 Introducción

Para poder realizar el análisis de la empresa elegida, *Plastidel*, y, posteriormente, poder realizar las mejoras pertinentes es conveniente explicar en primer lugar su historia, así como sus principales características. Debido a que es una empresa relativamente nueva, nos centraremos especialmente en sus valores y filosofías actuales.

Plastidel nace en el año 2014 gracias a la unión de dos familias vinculadas al sector del plástico y el envase desde los años 50, por lo que tienen una gran experiencia y un conocimiento del sector muy amplio que les permiten actuar con gran eficiencia en los procesos del sector del plástico.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

La empresa se sitúa en C/ La Closa, 16 Polígono Industrial Moncada II. Tiene una única planta de fabricación donde también se preparan los pedidos para su posterior distribución.



Ilustración 1: Localización empresa

El área en la que se encuentra es una zona muy industrializada donde encontramos empresas de sectores diversos como la electrónica, el transporte, materiales, entre otros. Así se establecen relaciones entre las distintas empresas gracias a su proximidad ya que están en el mismo polígono industrial. Esto permite tener un contacto más cercano y eficiente con las mismas.

Es una empresa especializada tanto en la fabricación de envases de plásticos como en su posterior distribución. Cuenta con un equipo de trabajo multidisciplinar que les permite ofrecer un servicio integral a sus clientes. Se encargan de realizar numerosos procesos para la elaboración final del producto y su distribución al cliente final: diseño, prototipos, fabricación, decoración, logística, sistemas de embalaje, distribución, manipulación, gestión de complementos, entre otros.

La filosofía principal de la empresa es la satisfacción del cliente con respecto al servicio ofrecido. Para ello, se ofrece un sistema ágil y flexible que es capaz de adaptarse a la demanda del cliente, basado en la experiencia y desarrollo interno de un RCM (sistema de cambio rápido de moldes, materiales, colores...) lo cual permite productos a medida en función de la demanda del cliente sin necesidad de establecer grandes cantidades de pedido. El cual como veremos, posteriormente, parece no ser tan eficaz.

Para el equipo de *Plastidel* (ingenieros, químicos, mecánicos, administrativos, comerciales u operarios) el éxito radica en tres palabras que

son: Calidad, Investigación y Desarrollo. Lo cual permite hacer productos finales y ofertar un servicio con las máximas prestaciones.

En cuanto a la tecnología que maneja la empresa es de última generación y se encuentra computarizada y automatizada en su totalidad lo cual maximiza la precisión en la fabricación de los productos.

A continuación, cabría destacar el compromiso total con respecto al medioambiente por parte de *Plastidel*. En la empresa son conscientes de los efectos de los vertidos de plásticos en el medioambiente y sus fatales consecuencias al mismo. Se estima que en 2020 el ritmo de producción de plásticos habrá aumentado un 900% con respecto a niveles de 1980. Por lo que en la empresa se recicla al 100% los residuos plásticos de nuestro sistema productivo. Se tratará más adelante las medidas que toma *Plastidel*, debido a la importancia del tema y la importancia que otorga al tratamiento de estos.

Por último, mencionar los valores sobre los que trabaja la empresa inculcados en la totalidad de esta, desde operarios, administrativos hasta ingenieros y directivos.

- Máxima eficiencia: producciones a medida con una óptima relación calidad/precio.
- Transparencia: cumplimiento de la normativa vigente en todos los procesos productivos.
- Compromiso: trabajamos junto a nuestros clientes y distribuidores conjunta y coordinadamente para evitar ineficiencias en la cadena de suministro y ofrecer un producto de máxima calidad en todos los aspectos.
- I + D + I: investigación, desarrollo e innovación vitales en la empresa.

2.2 Responsabilidad medioambiental de la empresa

Como podemos observar la evolución de la producción de plásticos ha aumentado progresivamente a lo largo de los años a una velocidad muy alta y es algo que sigue sucediendo en 2020 y con ello lógicamente los vertidos de estos, contaminando ríos, mares...

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Así ha aumentado la producción de plástico en todo el mundo

381 millones de toneladas en 2015

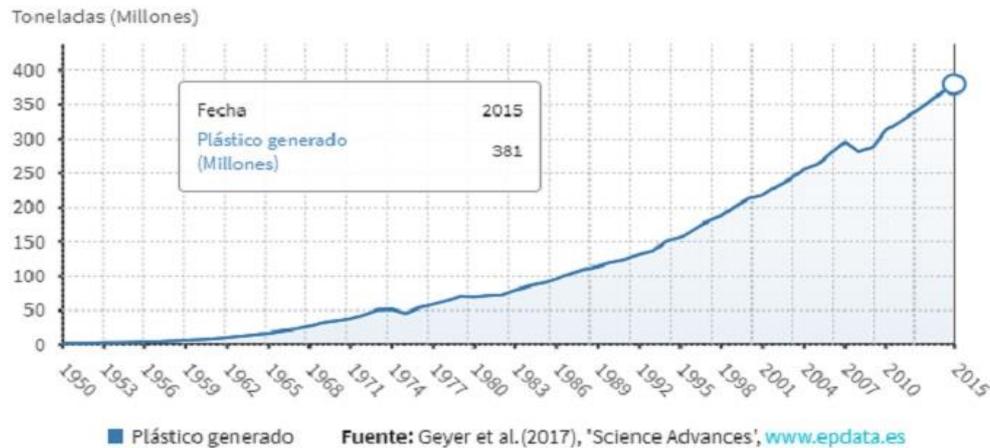


Ilustración 2: Evolución producción de plásticos.

De esta forma, *Plastidel* lleva a cabo distintas medidas para reducir los vertidos de los plásticos y así contribuir al medioambiente. Esto también les confiere una ventaja competitiva frente a sus principales competidores, ya que cada vez más los clientes están más concienciados con el cuidado del medioambiente, convirtiéndose éste en un criterio de decisión final de compra y contratación de servicios de los clientes.

Como medidas que toma la empresa podemos destacar:

- Se reciclan el 100% de los productos plásticos de la empresa.
- Se ha lanzado una nueva línea de productos ecológicos.
- Se intenta mantener la misma unidad de carga a lo largo de todo el proceso productivo para que esta pueda ser adaptada y reutilizada.
- Se trabaja con circuitos cerrados.
- Elección de empresas subcontratadas que gestionen sus propios residuos de aceites usados, cartón, bolsas de plásticos, entre otros.
- Elección de colaboradores también involucrados con el medioambiente.

También he de destacar que controlan la ecoeficiencia de sus productos y servicios. Ello significa ofertar productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida,

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos. Para efectuar el control de la ecoeficiencia de los productos y servicios que ofertan llevan a cabo la siguiente fórmula:

$$\text{Ecoeficiencia} = \frac{\text{Valor del producto o servicio}}{\text{Impacto ambiental a lo largo de su vida útil}}$$

Fórmula 1: Ecoeficiencia

2.3 Servicios que se ofrecen

En la empresa podemos encontrar distintos tipos de actividades que abarcan desde el diseño personalizado de los productos y fabricación de estos hasta su distribución al cliente final.

- **Diseño de envases:** la empresa dispone de un de un equipo especializado con más de 20 años de experiencia en el sector. Además, cuenta con una alta tecnología como las impresoras 3D que permite crear prototipos antes de empezar con la producción definitiva del producto. Esto permite aumentar la calidad de los productos finales y evitar los desechos y productos defectuosos.



Ilustración 3: Impresora 3D

- **Distribución:** la empresa también ofrece un servicio de transporte si el cliente final lo requiere. Este transporte es subcontratado también.
- **Diseño y construcción de moldes:** para que la empresa pueda adecuarse a las necesidades de los distintos proyectos se diseñan y gestionan la construcción personalizada de moldes. Así la empresa dispone de una gran variedad de moldes que gozan de una garantía ilimitada.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 4: Tipos Moldes.

- **Decoración:** los colaboradores que subcontrata *Plastidel* se encargan de la decoración de los productos si el pedido del cliente final lo requiere, supervisadas por los técnicos de *Plastidel*. Se realiza para ello: serigrafía, cuatricromías, tampografía, *hot stamping*, lacados, metalizados, *sleevers* y etiquetados.



Ilustración 5: Decoración.

2.4 Productos que fabrican

Los materiales que se emplean para la fabricación de los envases son de máxima calidad para poder fabricar excelentes envases, respetuosos lo máximo posible con el medioambiente y que también ofrezcan las mayores prestaciones al cliente.

Destacar que toda la materia prima que se utiliza en el proceso de fabricación tiene certificado de aptitud para uso alimentario y es sometido a sucesivos y rigurosos controles de calidad para garantizar la calidad del envase final.

Entre los envases más fabricados podemos encontrar:

- **Envases destinados para la higiene doméstica e industrial:** son diseños ergonómicos para adaptar pistolas pulverizadoras,

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

taponos dosificadores, direccionables, push-pull. El diámetro de los taponos suelen ser Roscas 28/400, 28/410 (donde el primer número de la relación se refiere al diámetro de la cuerda en mm y el segundo son números elegidos para representar el número de vueltas que tendrá una cuerda) o Pilfer28.

Suelen ser envases de 50 ml. hasta 5.000 ml. diseñados normalmente para suavizantes, detergentes, ambientadores, sosa cáustica, entre otros.



Ilustración 6: Higiene doméstica e industrial.

- **Perfumería e higiene personal:** envases de 30 ml. hasta 1.500 ml. cuya demanda suelen ser geles, champús, cremas, colonias, acondicionares, entre otros. Los tapones que se diseñan para este tipo suelen ser: tapones doble falda, bicolor, bisagra rosca 20/410, 24/410, 28/410.



Ilustración 7: Perfumería e higiene personal.

- **Cosmética profesional:** gran variedad de envases con acabados en diferentes colores, texturas y materiales. Tintes capilares, serum, cremas, champús de tratamiento, entre otros. Destacar que existe una línea de envases especial de cosmética para animales de compañías.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 8: Cosmética personal

- **Adhesivos y pinturas:** envases desde 30 ml. hasta 1.000 ml. que pueden ser adaptados para distintas densidades para que se puedan usar como recipientes de colorantes de agua, cola blanca, pegamentos y adhesivos PVC. Gran variedad de colores en tapones para tintes.



Ilustración 9: Adhesivos y pinturas.

- **Alimentación y dietética:** Envases hasta 5.000 ml. donde el diseño personalizado es fundamental. Estos envases son destinados para zumos naturales, vino, aceites, horchatas, complejos vitamínicos, farmacia y dietética. Cabe añadir que se dispone del Registro Sanitario adaptado a la legislación europea.



Ilustración 10: Alimentación y dietética.

- **Envases especiales:** envases con diseños exclusivos que pueden ser adaptados a cualquier utilidad. Donde se dará una solución óptima al cliente a un coste eficiente.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 11: Envases especiales.

3. Análisis actual de la empresa.

Con el objeto de poder realizar posteriores mejoras a la empresa debemos analizar la situación actual de la empresa y obtener una serie de indicadores que nos guíen hacia donde debemos dirigir nuestra atención. Para ello en primer lugar expondré el *layout* actual de la empresa y posteriormente realizaré el VSM (*Value Stream Map*) de la empresa, así como una explicación de dicha herramienta.

3.1 Esquema de la disposición de la planta actual

A continuación, dibujaremos el *layout* actual de la planta. Cabe destacar que las oficinas se encuentran en el mismo recinto, que la fábrica y el almacén, pero en otro edificio.



Ilustración 12: layout actual de la planta.

En las distintas máquinas se efectúan distintos tipos de botellas. Esto es debido a que debido al tamaño de las propias máquinas se destinará cada una a la producción de diferentes envases. Así, las máquinas más grandes

producirán envases más grandes y las de menor tamaño producirán recipientes más pequeños.

Hay que destacar también que la preparación de pedidos la realiza el mismo operario encargado de la máquina justo delante de la misma es por ello que puede llegar a obstaculizar los desplazamientos de los operarios produciendo despilfarro, como veremos próximamente en el diagrama espagueti.

Esta preparación de pedidos se indica en el *layout* en color verde.

Con respecto al almacén de producto terminado y de materia prima, hay que destacar que dispone de doble capacidad gracias a un altillo. Esto es, que en los mismos metros cuadrados se dispone de otra planta que permite doblar la capacidad de esta sección.

3.2 Descripción herramienta VSM y principales elementos

Previamente al uso de la herramienta conviene describirla, explicar en qué consiste y sus principales elementos utilizados.

El *Value Stream Map* (VSM) es una herramienta utilizada para reflejar de forma gráfica las operaciones de una empresa. En él se representarán todos los procesos que son necesarios para la transformación de la materia prima o productos semielaborados en producto terminado, así como toda la información que es necesaria para poder llevarse a cabo.

Los procesos que se mostrarán a continuación puede que aporten valor añadido o no. El porcentaje de valor añadido será mayor o menor en función de si el proceso aporta más o menos valor al cliente final.

Las empresas deberán tratar de eliminar o reducir todas aquellas actividades que no aporten valor añadido, es decir, reducir el tiempo de las actividades que no aportan un valor visible para el cliente. De esta forma conseguirán reducir el tiempo destinado a la fabricación del producto final.

De este modo, podemos destacar que la técnica del VSM puede ser utilizada como herramienta de planificación y control, diagnóstico y comunicación. Puede ser utilizada como una estrategia para conducir a la empresa a la mejora continua.

Por lo que si queremos llevar a nuestra empresa a la mejora continua y a mejorar sus procesos es imprescindible conocer el estado actual de la fábrica

y para ello se empleará la técnica del VSM. De esta forma obtendremos indicadores que nos aconsejarán las técnicas a utilizar y donde utilizarlas (tiempos de ciclo, *takt time*, OEE, productividad, FTT ...).

La utilización del VSM nos permitirá además reducir el tiempo entre el cual un cliente realiza un pedido hasta que el mismo cliente recibe finalmente el producto.

Esta reducción del tiempo de producción es gracias a la eliminación del desperdicio de aquellas actividades que no aportan un valor añadido al cliente final. Esto permite el incremento del tiempo de producción, por lo que la empresa será capaz de atender a una mayor demanda si la hay.

De esta forma, podemos afirmar que cualquier cosa que no añada valor al cliente debe reducir o eliminarse y una de las herramientas que podemos usar para ello es el VSM, ya que como hemos comentado anteriormente proporciona el porcentaje del valor añadido que proporcionan las actividades que intervienen en el proceso de producción.

Entre los diferentes desperdicios podemos encontrar:

- 1) Sobreproducción.
- 2) Transporte.
- 3) Espera.
- 4) Ineficiencias en el proceso.
- 5) Inventarios.
- 6) Productos defectuosos.
- 7) Movimientos innecesarios.

Seguidamente describiremos los elementos que se utilizan para la formación del mapa de valor.

- **El cliente:** Al cliente se le representa en la parte superior derecha de la hoja y se pondrá información relevante como por ejemplo la demanda del periodo.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Ejemplo:

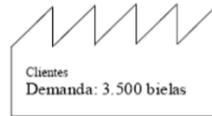


Ilustración 13: Dibujo cliente.

- **Proveedor:** el proveedor se pone en la parte superior derecha de la hoja y podemos incluir información como la frecuencia de envío.

Ejemplo:



Ilustración 14: Dibujo proveedores.

- **Cajas de proceso:** conjunto de procesos o proceso que están separados por acumulación de piezas. La información que podemos incluir es la que aparece en el ejemplo.

Ejemplo:

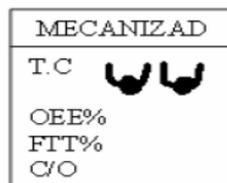


Ilustración 15: Caja de procesos

- **Almacenamiento controlado e incontrolado:** se diferencia del incontrolado en que las entradas y las salidas sí son registradas de alguna forma. Mientras que el incontrolado es una acumulación de piezas que no está regulada o controlada.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Ejemplo almacén controlado:

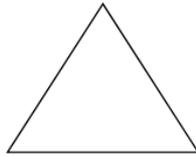


Ilustración 16: Almacén controlado.

Ejemplo almacenamiento incontrolado:

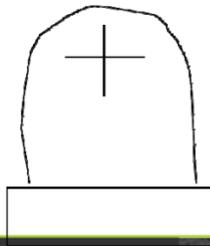


Ilustración 17: Almacén incontrolado.

- **Línea "Push":** cuando el proceso produce independientemente de las necesidades de los procesos que tiene seguidamente.

Ejemplo:

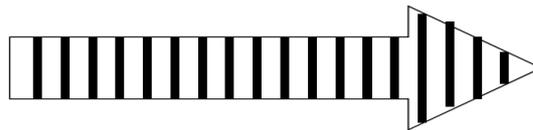


Ilustración 18: Push

- **Línea "Pull":** las piezas son producidas o enviadas al siguiente proceso solamente cuando éstas son demandadas.

Ejemplo:

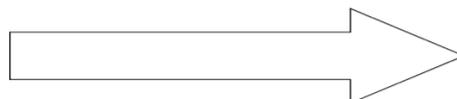


Ilustración 19: Pull

- **Centros de decisión:** se dibujan como cajas y representan la frecuencia de las comunicaciones entre clientes, proveedores y procesos.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Ejemplo:

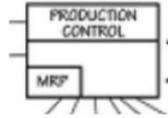


Ilustración 20: Centro de decisión.

- Por último, si la información se transmite gracias a la participación de una persona:



Ilustración 21: Flujo información por personas.

- Mientras que si la información se transmite electrónicamente sin la participación de una persona:



Ilustración 22: Flujo información electrónica.

3.3 Realización VSM

Para la realización del VSM se han tomado los datos realizando el siguiente recorrido en la planta: desde el punto de embarque y seguidamente recorriendo el proceso productivo aguas arriba del proceso, con el objetivo de que la producción no nos adelante en ningún momento.

El número de operarios es de 2, por turno, y tres turnos al día de 8 horas.

- Uno por la mañana de 06:00 a 14:00 (con 15 minutos de descanso de 12:00 a 12:15 para un operario y cuando éste termina el descanso le toma el relevo al que seguía trabajando y este último descansa de 12:15 a 12:30. De tal forma que las máquinas no paran y el tiempo disponible será de 8 horas para este turno).
- Otro por la tarde 14:00 a 22:00 (con 15 minutos de descanso a las 20:00 y la misma forma de proceder en cuanto al disfrute de los descansos, por lo que el tiempo disponible será también de 8 horas para este turno).
- El último por la noche, de 22:00 a 06:00 (con 15 minutos de descanso a las 03:00 y de la misma forma que los anteriores turnos,

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

los operarios se apoyan entre ellos de forma que siempre haya uno en planta, por lo que el tiempo disponible será de 8 horas).

La demanda es de 35.000 botellas/día. La empresa asegura un plazo máximo de entrega de 20 días para envases anónimos y 30 días para envases serigrafiados (actualmente los más demandados); normalmente los clientes piden con esa antelación y el goteo de pedidos es diario.

De esta forma la empresa pide a sus proveedores de forma quincenal ya que algunas veces han tenido problemas con el suministro de materia prima y por ello ponen un cierto margen de seguridad de 15 días para, en caso de fallo en la cadena de suministro, exista un margen de días de seguridad para su llegada.

Los dos operarios son polivalentes y se van intercambiando las tareas a lo largo del proceso, excepto para la realización del cambio de molde que actualmente solo posee los conocimientos de realizarlo uno de ellos (aunque cada vez que lo realiza, el técnico de mantenimiento le enseña cómo hacerlo para que también vaya aprendiendo y en el futuro puedan intercambiarse dicha tarea también).

No obstante, en función del momento del año, la demanda varía y si aumenta como ocurre en verano (debido al aumento en la demanda de champús y cremas solares, entre otros) pasan a ser 3 turnos por día (incluyéndose el de la noche), como en el caso en cuestión. Pero si no es el caso, se realizarán 2 turnos por días, quitando el nocturno.

Cabe destacar, que el turno de la noche se ha implementado en la empresa antes de lo previsto. Esto es debido a la situación anómala sufrida por el COVID-19 con la cual la demanda de la empresa se ha visto en aumento y para poder hacer frente a ella se implementó dicho turno desde finales de marzo, cuando de normal se implementaba en junio.

Actualmente las producciones que se llevan a cabo en la empresa son muy largas, debido a la situación del COVID-19, ya que los clientes demandan en gran medida productos muy específicos como por ejemplo geles hidroalcohólicos, por lo que los cambios de molde no se producen con tanta frecuencia como antes, aunque se siguen produciendo y son determinantes para obtener una ventaja competitiva con respecto a la competencia.

El cliente realiza los pedidos por vía telefónica y lo hace mensualmente. Además, la planificación prevista anual se efectúa mediante una reunión conjunta.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 23: Flujos de información cliente.

Por su parte, el proveedor realiza también los pedidos por vía telefónica, pero en este caso lo hace de forma quincenal. La planificación prevista anual se efectúa también mediante una reunión conjunta.

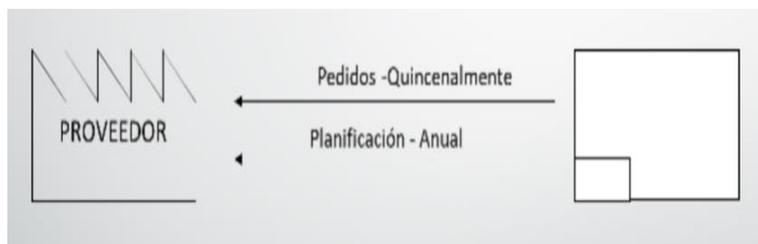


Ilustración 24: Flujo de información proveedor.

Localizándonos en el punto de embarque de salida de mercancía al cliente, nos encontramos el primer proceso, este es el de envíos, donde se agrupan los pedidos y se embalan las unidades de carga mediante una flejadora cuyo tiempo de ciclo es de 20-30 segundos/botella. Sin embargo, el operario me comenta que suelen considerar este dato como 25 segundos/botella (el tiempo de la misma puede variar dependiendo del tamaño del pedido, incluso hay algunos pedidos que no requieren de flejado).

A partir de ese momento los pedidos ya están listos para ser mandados al cliente. Estos envíos esperarán en un almacén donde se tiene siempre la cuenta de las entradas y las salidas de pedidos. En este momento hay 160.000 botellas.

Cada vez que se acaba un pedido, en el proceso de preparación que está posteriormente, este se deposita en un almacén incontrolado donde esperan a ser enviados al cliente. Este almacén incontrolado posee actualmente 2 palets (equivalente a 1.200 botellas).

En el proceso de preparación de pedidos el operario se encarga de depositar en una caja todos los envases que van saliendo del expulsor y confecciona a parte el pedido. El tiempo de ciclo estimado es de 2 segundos/botella. De las 600 botellas que salieron, solamente 1 fue *scrap* y

se desechó automáticamente. El operario comenta que el % de defectuosas es casi inexistente.

Entre el proceso de preparación de pedidos y el siguiente que es el expulsor encontramos una acumulación de piezas en la cual no se lleva un registro de las entradas y salidas del mismo. Actualmente hay 1.000 botellas.

Expulsor

El proceso siguiente es el expulsor. El operario me comenta que el tiempo de ciclo varía según la pieza. Principalmente varía por el grosor de la pared del envase porque esto condiciona la velocidad de la extrusión, pero sobretodo ralentiza el tiempo de enfriamiento dentro del molde. Así, dice que suele tardar 9 segundos/pieza pero que en ocasiones puede llegar a un tiempo de 7 segundos/pieza. El operario dice que el porcentaje de piezas que se hacen bien a la primera es del 99,82% (rara vez se produce un defecto, de 2800 piezas que pasaron, solamente 5 fueron de desechadas).

Sobre las paradas no previstas se revisaron los datos de la última semana donde se registraron un total de 110 minutos de parada, relacionados con mantenimiento y limpieza.

El proceso del expulsor y el siguiente que es el horno está regulado mediante un canal FIFO, de esta manera se consigue limitar la entrada del inventario.

Horno

Al igual que en el expulsor debido a condicionantes externos, en el horno, el tiempo de ciclo puede variar, sin embargo, el operario asegura que el mejor tiempo de ciclo registrado es de 8 segundos/botella pero que de forma más regular se obtienen 9 segundos/botella.

Como paradas previstas encontramos un cambio de molde el cual es aproximadamente de 2 horas (tiempo hasta que sale la primera pieza buena después de realizar el cambio de molde). También deben esperar desde 06:00 am hasta las 07:00, es decir, 1 hora hasta que se caliente el horno, en el entretanto revisan los envíos y pedidos que tienen que realizar y desayunan.

Como paradas imprevistas, en el día de hoy se ha llevado a cabo una reunión de 20 minutos y además una limpieza de la zona de trabajo que ha durado 15 minutos.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Cabe destacar, que en el horno y en el expulsor el operario simplemente supervisa la operación por lo que no podremos hablar de productividad propiamente dicha.

A continuación, hay un almacén incontrolado que en este momento tiene un total de 3.000 piezas.

También hay que tener en cuenta que como el “macarrón” que sale del horno (que es el producto semielaborado necesario para la formación final del envase) entra acto seguido sin parar al expulsor donde recibirá la forma del molde elegido. Por ello el tiempo de ciclo que se verá en la línea de tiempo del VSM será conjunto y de 9 segundos ya que, aunque el expulsor vaya más rápido dependerá siempre del tiempo del horno.

Acto seguido está el proceso de mezclado.

Mezcladora

La capacidad de la mezcladora es de 50 kg de materia prima. Sabiendo que cada botella pesa 6,5 gramos, en el proceso de mezcla obtendremos material para fabricar 7.692 botellas, una vez tenido en cuenta el posible desperdicio de 1 kg. Este proceso tarda 15 minutos, teniendo en cuenta que se programa la mezcladora para que mezcle en continuo, pero con pausas. Normalmente se programa para que trabaje 5 minutos y descansa 10, por lo que el tiempo de ciclo en fabricar el material necesario para 1 botella será de 0,12 seg/botella.

A lo largo del día se produjo una parada imprevista por limpieza de la máquina y de la zona de trabajo de 0,5 h.

Por último, encontramos un almacén controlado al cual llegan los pedidos del proveedor. Actualmente hay 100 sacos que es equivalente a 110.000 botellas.

3.4 Explicación teórica de los indicadores a calcular

Existe una gran variedad de indicadores que podemos emplear para evaluar el rendimiento de los diferentes sistemas que integran el proceso productivo. Entre los que vamos a utilizar cabe destacar los siguientes:

- 1) Takt-time:** se refiere al tiempo necesario para fabricar una pieza con el objetivo de satisfacer la demanda del producto en cuestión, en nuestro caso, de los envases. Este indicador es muy importante ya que

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

nos indica el ritmo en el que debemos producir para no quedarnos cortos en producción y tampoco producir más de lo necesario (sobreproducción).

$$TAKT = \frac{\text{Tiempo Disponible (por turno, mes o día)}}{\text{Unidades demandadas por los clientes (en el turno, mes o día)}}$$

Fórmula 2: Takt-time.

2) DTD "dock to dock": su traducción al español es: tiempo de muelle a muelle. Se encarga de representar el tiempo que es necesario para la obtención del producto final, es decir, desde que se recibe la materia prima y se comienza el proceso de fabricación hasta su completa transformación en producto final.

$$DTD = \text{Inventario de MP} + \text{Inventario de Obra en Curso} + \text{Tiempo de Producción} + \text{Inventario de Producto Terminado}$$

Fórmula 3: DTD.

3) FTT "First Time Through": este indicador muestra el porcentaje de piezas que son fabricadas bien a la primera en los distintos procesos del sistema de producción.

$$FTT = \frac{\text{Nº unidades entrantes en el proceso} - (\text{retrabajo} + \text{reparaciones fuera de línea} + \text{chatarra})}{\text{Nº unidades entrantes en el proceso}}$$

Fórmula 4: FTT.

La FTT de la línea sería el producto de la FTT de todos los procesos que participan en la confección del producto final.

4) OEE (Eficiencia global del equipo): como indica la fórmula mide la eficiencia, la disponibilidad y la ratio de piezas bien a la primera de una máquina. Es un indicador fundamental para conocer el grado de utilización de las máquinas.

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Ratio de calidad}$$

Fórmula 5: OEE.

5) Disponibilidad: se refiere al total de horas que están disponibles por turno, pero quitándole las paradas previstas e imprevistas. Es un porcentaje también. Es decir, a la disponibilidad de las máquinas les afectan cuestiones como arranques, averías, reuniones, limpieza de máquinas, incendios, entre otros.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Disponible Neto}}$$

Fórmula 6: Disponibilidad.

6) Eficiencia: nos indica que de ese tiempo operativo cuando tiempo la máquina ha estado sacando piezas. El tiempo de ciclo a considerar debe ser el ideal, es decir, el mejor tiempo de ciclo alcanzado durante la experiencia de los operarios.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Ciclo Ideal} \times \text{Unidades Entrantes al proceso}}{\text{Tiempo Operativo}}$$

Fórmula 7: Eficiencia.

7) RVA (Ratio de valor añadido): es el % del tiempo de fabricación de un producto terminado, en el que se han realizado actividades que verdaderamente proporcionaban valor añadido al cliente.

$$\text{RVA} = \frac{\text{Tiempo actividades valor añadido}}{\text{Tiempo de muelle a muelle (DTD)}}$$

Fórmula 8: RVA.

3.5 Calculo de los indicadores de cada proceso

1) Envío

Se considera que el proceso de envío, aunque suponga también el flejado de algunas mercancías, este no supone un valor añadido al cliente ya que el cliente no percibirá ninguna diferencia adicional que incremente su satisfacción.

2) Preparación

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Se ha considerado que dicho proceso sí que aporta valor añadido al cliente de alguna forma ya que es quien se ocupa de que dicho proceso pueda llegar a ser enviado finalmente.

$$Productividad = \frac{1 \text{ botella}}{1 \text{ operario} * 2 \frac{\text{seg}}{\text{botella}} * \frac{1h}{3600} \text{seg}} = 1800 \frac{\text{botella}}{\text{operario} * \text{hora}}$$

$$FTT = \frac{\text{Unidadesentrantes} - \text{scrap} - \text{unidadesretrabajadas}}{FTT} = \frac{600 - 1 - 0}{600} = 0,9983 = 99,83\%$$

Como no interviene ninguna máquina en el proceso no hay que calcular el OEE ni disponibilidades ni eficiencias.

3) Expulsor

En este caso:

$$FTT = \frac{2800 - 5}{2800} = 0,9982 = 99,82\%$$

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempooperativo}}{\text{Tiempodisponibleneto}} = \frac{24 - \frac{110}{60}}{24} = 0,98 = 98\%$$

$$\begin{aligned} Eficiencia &= \frac{\text{Tiempodecicloideal} * \text{unidadesentrantesalproceso}}{\text{Tiempooperativo}} \\ &= \frac{\frac{7\text{seg}}{\text{botella}} * \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} * 2800 \text{ botellas}}{23,63} = 0,23 = 23\% \end{aligned}$$

$$OEE = FTT * Eficiencia * Disponibilidad = 0,9982 * 0,98 * 0,23 = 0,225 = 22,5\%$$

4) Horno

FTT = 100% (ya que es un proceso muy automatizado donde solo se calienta el producto semielaborado y después se moldea con el molde para darle la forma deseada a la botella, por lo que no hay posibilidad de error).

$$Disponibilidad = \frac{24 - 2 - \frac{15}{60} - \frac{20}{60} - 1}{24} = 0,85 = 85\%$$

$$Eficiencia = \frac{\frac{8\text{seg}}{\text{botella}} * \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} * 2800 \text{ botellas}}{20,416} = 0,30 = 30\%$$

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

$$OEE = 1 * 0,85 * 0,30 = 0,255 = 25,5\%$$

5) Mezcladora

$$FTT = \frac{50 \text{ kg} - 1 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 0,98 = 98\%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{24 \text{ h} - 0,5 \text{ h}}{24 \text{ h}} = 0,979 = 97,9\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,12 \text{ seg} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} * 7.692 \text{ botellas}}{23,5 \text{ h}} = 0,0109 = 1,09\%$$

Cabe señalar, que, aunque aparentemente la eficiencia de la mezcladora parece baja y se podría mejorar, hay que tener en cuenta que es una máquina que a lo largo de todo el proceso de fabricación se usa solamente en una pequeña porción del tiempo. Pero es fundamental para formar el producto semielaborado en todos los envases.

$$OEE = 0,98 * 0,979 * 0,0109 = 0,0104 = 1,04\%$$

Cabe destacar, que el sistema que se usa en toda la planta es un sistema "PULL", ya que se produce según las necesidades de los procesos que se encuentren "aguas arriba" del mismo.

Este tipo de sistema tiene una serie de ventajas que veremos a continuación y que son contrarias al tipo de sistema "PUSH".

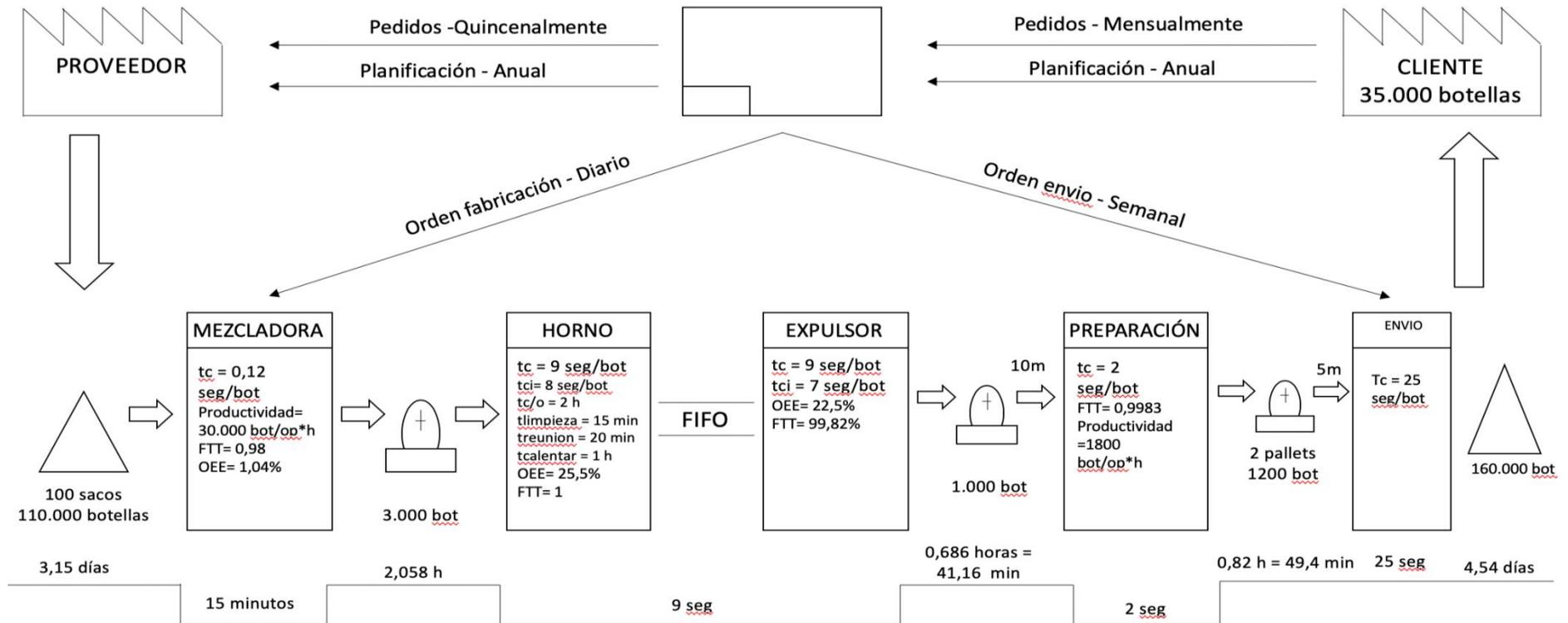
- a) Son sistemas que reaccionan con una mayor velocidad a los cambios que se puedan producir en la demanda.
- b) Por tanto, es un sistema más flexible y además más simple que el sistema "PUSH".
- c) También es capaz de hacer visible la transformada línea de producción y así poder controlar en todo momento la producción.

Sin embargo, como consecuencia de no producir *justin time*, es decir, no se produce lo que demanda el cliente en la cantidad necesaria en el momento justo, hay un elevado número de stock de materia prima y de producto terminado, por lo que es aconsejable revisar los contratos con los proveedores y elegir aquellos cuya fiabilidad y seguridad en el cumplimiento de plazos sea más elevada, con el fin de ajustar los días a los pedidos lo máximo posible.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

También para reducir los niveles de materia prima y producto terminado se recomienda el uso de un nuevo sistema de gestión, que sea capaz de coordinar las órdenes de fabricación, los pedidos de los clientes y los pedidos a los proveedores. Así, se conseguirá reducir uno de los 7 desperdicios, nombrados al comienzo de la explicación teórica del VSM, la sobreproducción.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner - curso académico: 2019-2020



$$\text{TAKT} = 24/35000 = 0,000686 \text{ h/pz} = 2,47 \text{ seg/bot}$$

$$\text{FTT línea} = 0,98 \times 1 \times 0,9982 \times 0,9983 = 0,9658$$

$$\text{DTD} = (3,15 \times 24) + (15/60) + 2,058 + (9/3600) + 0,686 + (2/3600) + 0,82 + (25/3600) + (4,54 \times 24) = 188,384 \text{ horas}$$

$$\text{Rva} = ((15/60) + (9/3600) + (2/3600)) / 188,384 = 0,001343 = 0,134\%$$

Ilustración 25: VSM

4. Metodologías a implantar en la empresa

A partir del análisis realizado de la situación actual de la empresa, podemos diferenciar ciertos momentos del ciclo de la producción donde podemos centrar nuestra atención y realizar mejoras, con el objetivo de mejorar los indicadores anteriores.

4.1 5S

En gran parte de la planta pude comprobar que no limpian continuamente y que las herramientas necesarias están desordenadas en los distintos puestos de trabajo y además en ubicaciones distintas donde se encuentran los puestos.

Al no limpiar de forma frecuente, como una actividad más de la que se debe encargar el mismo operario de forma habitual, se acumula suciedad lo cual dificulta las actividades a efectuar a lo largo de la línea de producción.

Por lo que se recomienda realizar unas 5S en toda la planta. Esta herramienta también será explicada posteriormente y se expondrán los principales puntos de mejora necesarios de los distintos procesos para estandarizarlos y así encaminarse hacia la mejora continua de la organización.

Las 5S será la herramienta realizada en primer lugar, con el objetivo de partir de una base sólida y que permita posteriormente una mejor realización de otras mejoras de *lean manufacturing*.

4.2 SMED

En el proceso del horno es donde se realiza el cambio de molde que es totalmente necesario para adaptar los diferentes pedidos de los clientes y es por ello por lo que es esencial en el proceso de producción.

El tiempo de set up se considera como un desperdicio ya que no genera valor añadido al cliente y por ello es conveniente reducir dicho tiempo. Cuando visualicé como el operario efectuaba el cambio de molde me di cuenta de que realizaba excesivos desplazamientos a la zona de la planta donde se encuentran los moldes y las herramientas y de vuelta a donde se encontraba la máquina, por lo que perdía mucho tiempo los mismos.

Además, solo se realiza la limpieza de dicho puesto de trabajo cuando efectúan el cambio de molde, el cual varía según los pedidos de los clientes, por lo que los operarios pierden tiempo también en limpiar previa y posteriormente en limpiar la zona de trabajo.

De esta forma, para mejorar el tiempo del cambio de molde emplearemos la técnica denominada SMED que será explicada posteriormente, así como todo el proceso actual que llevan a cabo para efectuar dicho cambio de molde.

Por último, he de añadir que la aplicación del SMED permitirá mejorar el OEE de las máquinas, el cual, en el caso del horno es algo bajo. Mejorará el OEE debido a que influye en el tiempo operativo del mismo haciendo que este sea mayor. De esta forma la disponibilidad mejorará al aumentar el tiempo operativo (al reducir el tiempo del cambio de molde, se dispone de más tiempo para fabricar) y así el OEE aumentará como consecuencia. La eficacia mejorará ya que, al disponer de más tiempo de producción gracias a la reducción del desperdicio, el número de unidades entrantes aumentará.

5. Metodología 5S

5.1 Justificación de las 5S en la empresa

Como hemos mencionado anteriormente en las estaciones de trabajo tanto del horno, como la mezcladora o el expulsor hay poco orden. Hay herramientas o equipos que deberían localizarse cerca del puesto de trabajo ya que se utilizan de forma seguida en la realización normal de la actividad como también hay otras herramientas u objetos que entorpecen la operación y que no se emplean de forma regular en la ejecución diaria de la actividad. Cabe destacar que en este desorden y falta de estandarización de limpieza se da no solo en dichos puestos de trabajo, sino también en el resto de la planta.

Por todo ello se realizará unas 5S en estos puestos de trabajo y en las demás secciones de la planta implicadas directa o indirectamente con el proceso de producción como son, la sección de moldes, control de calidad, los almacenes y la oficina de pedidos. Las 5S no solo se justifican por lo mencionado anteriormente, sino que también es una herramienta necesaria para la mejora de calidad y por tanto de la eficiencia de los puestos de trabajo lo cual nos permitirá no solo la mejora de los indicadores obtenidos en el análisis VSM sino que también será un paso fundamental para la conducción

de la organización hacia la mejora continua. Esto es posible gracias a que las 5S estandarizarán los procesos.

Cabe añadir, que específicamente obtendremos las siguientes ventajas en el proceso de producción que podrán aumentar dicha eficacia de los puestos de trabajo: reducción de desplazamientos, mejora en la seguridad e higiene de los puestos de trabajo, aumentará el clima de positivismo de los trabajadores en el puesto de trabajo, mejora de las entregas a tiempo, se reducirán costes, menor tiempo necesario para la detección de problemas, entre otros.

5.2 Descripción de las 5S

Las 5S es una metodología que se desarrolló en Japón y tiene 5 fases: organizar (*seiri*), ordenar (*seiton*), limpiar (*seiso*), estandarizar (*seiketsu*) y controlar/mantener/seguir mejorando (*shitsuke*). Estas fases deben sucederse en el tiempo de forma secuencial es decir, en primer lugar organizar, en segundo lugar ordenar, y así consecutivamente hasta la última.

Es una herramienta muy importante para la inculcar la mejora continua en la empresa que se encarga de mejorar la labor de los empleados, la rápida detección de problemas y la mejora de calidad de los entornos de trabajo. Todo ello a través de la realización de las fases comentadas anteriormente que permitirán la mejora de la productividad y eficiencia de la línea de producción.

Hay que destacar que es importante para que las 5S funcionen y sean útiles a lo largo del tiempo es necesario que involucre a todos los miembros de la organización y que además se convierta en una disciplina a mantener y mejorar aún más si cabe a lo largo del tiempo.

5.2.1 Primera S: organizar (*Seiri*)

Esta tarea es la primera a realizar y por ello es fundamental su correcta aplicación para que las demás se implanten sobre una buena base. En esta primera etapa será necesario replantearse si los útiles/herramientas que están en el puesto de trabajo son realmente necesarios para la actividad diaria en el puesto de trabajo. Es decir, se debe separar todo aquello que no es útil.

Esto es debido a varias razones, por ejemplo: si existen herramientas por en medio del puesto de trabajo que no empleamos, costará más encontrar

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

las necesarias. También puede dificultar el desplazamiento de los operarios en el puesto de trabajo la existencia de muchos objetos y que encima no sean útiles para la actividad.

Con esta fase podremos aumentar el espacio disponible en cada uno de los puestos de trabajo y mejorar los tiempos dedicados a cada actividad. También se aumenta el control visual del stock disponible.

Una herramienta útil y que se empleará posteriormente para la identificación de aquellas herramientas u objetos que no resultan útiles será las tarjetas rojas.

Este procedimiento nos ayudará a identificar los *items* que se consideran innecesarios y que posteriormente serán desplazados a un área que deberemos habilitar donde se estudiará finalmente su finalidad. Después tendremos el conocimiento suficiente para saber cómo proceder con dicho *item*: si desplazarlo a una determinada área de trabajo, almacén o desecharlo (hacer desaparecer dichas tarjetas).

En la colocación de dichas tarjetas me basaré especialmente en la utilidad de la herramienta y también en su frecuencia de utilización.

NOMBRE		FECHA	
USO ACTUAL:			
FRECUENCIA DE USO: DIA SEM MES AÑO NUNCA			
USO ALTERNATIVO:			
FRECUENCIA DE USO: DIA SEM MES AÑO NUNCA			
AUTORIZADO:		FECHA	

Ilustración 26: Formato tarjeta roja.

5.2.2 Segunda S: ordenar (*Seiton*)

Cuando finalmente se ha determinado lo que es realmente necesario en el puesto de trabajo, se debe a continuación establecer los distintos ítems y herramientas en un orden adecuado en función de su frecuencia de uso. Así,

las herramientas más usadas estarán más cerca del operario o del lugar del puesto de trabajo donde son necesarias.

Al ordenar conseguiremos la reducción de los desplazamientos de los operarios, así como la busca de herramientas necesarias, ya que cada una tendrá su lugar fijado y establecido. De esta forma estaremos reduciendo desperdicio en la línea de producción y con ello aumentando el tiempo disponible para la fabricación de productos.

También es importante mejorar el acceso y la visibilidad de las herramientas y/o ítems de los que debe disponer el operario, a partir de cajones no opacos o tableros de herramientas.

Posteriormente se detallará como se implanta dicha S en la empresa.

5.2.3 Tercera S: limpiar (*Seiso*)

Una vez realizado todo lo anterior, se procede a realizar la limpieza del puesto de trabajo. Esto no implica solamente la limpieza regular del puesto de trabajo, sino que se trata más de eliminar los focos de contaminación y suciedad. Es decir, si nuestras mejoras se enfocan a no ensuciar el puesto de trabajo, al eliminar los focos de contaminación, el puesto de trabajo estará, por ende, menos sucio.

Gracias a ello, los tiempos de limpieza no serán tan extensivos ya que el puesto estará frecuentemente más limpio. De todos modos, se debe seguir limpiando la zona de trabajo de forma regular a pesar de haber eliminado los focos de suciedad y contaminación.

Además, la limpieza debe ser parte del mantenimiento autónomo, esto es debido a que gracias a la limpieza de máquinas y puestos de trabajo se pueden encontrar deficiencias en los mismos.

Todo ello contribuirá a la consecución de las siguientes ventajas: aumento en la calidad del producto, incremento en el OEE de las máquinas, así como de la vida útil de los equipos y menos probabilidad de que se produzca accidentes. Además, gracias a que el puesto de trabajo está más limpio, es más fácil encontrar deficiencias en el mismo.

5.2.4 Cuarta S: estandarizar (*Seiketsu*)

Esta es una etapa fundamental ya que muchas empresas fallan siempre en esta etapa. Aquí se hace necesario asegurarse de que el modo de trabajo adaptado en las etapas anteriores se inculque en los operarios.

Para ello podemos emplear *checklists* que indiquen como realizar el trabajo, fotografías sobre como debe estar de ordenado el puesto de trabajo, calendarios para determinar las tareas de limpieza de los operarios, entre otros. Todas estas actividades se emplearán posteriormente en la empresa.

Gracias a esta S conseguiremos unos operarios más formados y excelentes, acostumbrados con la forma de trabajo de la empresa, así se evitarán errores y por tanto se mejorará la productividad de la planta.

5.2.5 Quita S: Seguimiento y control (*Shitsuke*)

Es la más difícil de implementar ya que es una técnica que debe asegurarse no solo de que los operarios han adaptado el modo de trabajo a largo plazo, sino que también están implicados con el progreso continuo y siguen proponiendo mejoras para la empresa. También es apropiado establecer cursos continuos a lo largo del año para asegurarse de que el operario puede aprender las mejoras implementadas. Hay que destacar que se debe involucrar a todo el personal.

Una forma adecuada de llevar dicho control y que también será utilizada posteriormente es a partir de auditorías, llevadas a cabo por los responsables de cada área.

5.3 Empleo 5S en la empresa de plásticos

El objetivo de las 5S es la mejora del ambiente de trabajo, el incremento de seguridad de los operarios, la mejora de la productividad y la calidad de los procesos de fabricación, entre otros.

Además, es una herramienta que se considera básica para empezar con buen pie en el *lean manufacturing*, ya que establece los principales fundamentos de la mejora continua en la empresa.

Como ya he comentado anteriormente, en mi primera visita a planta de la empresa mi primera impresión fue que estaba todo bastante ordenado en la zona de las máquinas. Sin embargo, conforme iba inspeccionando más a fondo una por una me di cuenta de que la limpieza de los puestos de trabajos, donde se sitúan dichas máquinas, brillaba por su ausencia.

En cuanto a la oficina que se encuentra en planta, donde se depositan los registros de todos los pedidos realizados, así como los albaranes y los pedidos a realizar en las sucesivas semanas o meses, había un cierto grado de limpieza a simple vista y todo parecía estar más o menos ordenado, sin embargo, había ciertos aspectos a mejorar que posteriormente se comentan, como la falta de visibilidad en el interior de los cajones.

En cuanto a la sección de moldes y la de calidad, eran las dos que sin duda estaban menos organizadas y ordenadas. También había focos de suciedad. Por lo que se deduce que aquí también había margen de mejora.

En el almacén de materia prima y producto terminado había un cierto desorden y no había mucha limpieza, es decir, existían fuentes de suciedad. En cuanto al altillo, que duplica la capacidad de dicho almacén (aquí se encuentran los pedidos que ya se han realizado, pero que en al menos dentro de 2 semanas no se esperan entregar; así como también hay stock de tapones de botella, por si lo solicita el cliente también), había que subir una escalera de caracol, cuya barandilla en varios tramos estaba rota. Luego una vez ya situados en él, el orden y la organización en muchos lugares del mismo brillaba por su ausencia también. Además, había una gran cantidad de máquinas e ítems que no se usan desde un gran tiempo por lo que habría que evaluar si tienen utilidad presente o futura en la empresa.

Con todo ello, decidí que la correcta herramienta para empezar a implementar el *lean manufacturing* en la empresa eran las 5S, implantando así una buena base para el progreso de la mejora continua en la empresa. Además, concluí que se implementarán las 5S al nivel de toda la planta de producción ya que al mejorar la calidad y la productividad de lugares que no tienen que ver tanto con el proceso de producción directamente, sí pueden influir indirectamente en dicho proceso.

Con todo ello empezamos con la aplicación de las 5S.

La primera etapa a implementar es la primera S ("*seiri*") que significa separar lo que no es útil. Para ello, se usará la técnica de las etiquetas rojas explicada anteriormente.

Así, recorrí toda la planta en busca de *items* y/o herramientas que a simple vista parece que no se necesiten. Posteriormente, estos ítems se desplazarán a una zona de la fábrica donde finalmente se decidirá qué hacer con ellos, si desecharlos, reutilizarlos, darles otro emplazamiento o finalmente dejarlos donde estaban.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso acadèmico: 2019-2020

Empezaremos a evaluar desde la secci3n de moldes, aqu3 podemos encontrar varios elementos cuya utilidad se ha puesto en duda, como por ejemplo:



Ilustraci3n 27: tarjeta roja 1 →herramientas secundarias



Ilustraci3n 28: Tarjeta roja 2 →Caja de herramientas secundaria



Ilustraci3n 29: Tarjeta roja 3 →items origen desconocidos

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 30: Tarjeta roja 4 → bote líquido desconocido

Todos estos elementos se encuentran en la mesa de trabajo de preparación de moldes, donde, como veremos en el SMED, se efectúa la preparación del carrito, la elección de las herramientas necesarias y el engrase de los moldes antiguos que se depositan posteriormente en la estantería.



Ilustración 31: Mesa de trabajo cambio de molde

Como podemos observar en dicha mesa se encuentran ciertos ítems y herramientas que quizás no se utilicen frecuentemente y es por ello que se les ha colocado una tarjeta roja. Así, podremos evaluar su utilidad, frecuencia de uso y emprender una acción correctiva, despejando la zona de trabajo. Al despejar la zona de trabajo el operario encontrará más rápidamente las herramientas que verdaderamente necesita, se reducirán los movimientos innecesarios, se libera espacio útil, entre otros.

En relación con el uso de estas herramientas se decide:

- En cuanto a la tarjeta número 1, al ser elementos que puede se necesiten en caso de avería de algunas partes de las máquinas, no se desecharán debido a que pueden ser de utilidad, pero se recomienda de otro emplazamiento de los mismos ya que según los operarios prácticamente nunca los han utilizado. De esta forma se recomienda a que sean guardados en el cajón de la misma mesa de

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

trabajo ya que está completamente vacío. Más adelante, de todos modos, se recomendará qué hacer con dichos cajones para facilitar la búsqueda en los mismos.

- Para la caja de herramientas secundaria, como en ocasiones, dependiendo del molde, necesitan de herramientas más específicas (las que se guardan en esta caja) aunque no sea de forma frecuente si se utilizan por lo que por el momento seguirán estando en esta caja de herramientas (a mejorar posteriormente en la fase 2), en la mesa de trabajo.
- Tanto para la tarjeta 3 y 4, el operario encargado de efectuar el cambio de molde dice que nunca utilizan dichas herramientas y el bote en cuestión por lo que el plan para hacer desaparecer dicha tarjeta roja es desechar dichos ítems/herramientas.

A continuación, pasamos a la sección de calidad. En esta parte se lleva a cabo de forma aleatoria la elección de una botella de la producción cada cierto tiempo consumido en la fabricación. Además, aquí se encuentran las botellas modelos que se emplean para realizar pruebas en el cambio de molde, lo cual se verá en el SMED posteriormente.

En esta sección encontramos los siguientes elementos de dudosa utilidad:



Ilustración 32: Tarjeta 5 → Producto obsoleto

Referente a dicho producto el operario me comenta que fue un producto que les llegó de una devolución de un cliente porque estaba defectuoso, este se mandó a la sección de calidad para comprobarlo y finalmente no se llegó a decidir qué hacer con él y ya lleva un buen tiempo ahí. Por lo que se propone si el jefe de planta no quiere desecharlo, al menos retirarlo a una zona de la planta (zulo) que no tenga utilización para que no moleste en zonas importantes de la misma.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 33: Tarjeta 6 → Desecho de tapones.

Para el caso de los tapones se lleva a cabo la misma acción que con el anterior.

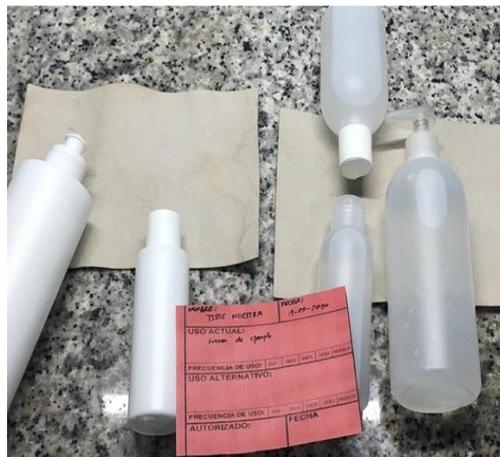


Ilustración 34: Tarjeta 7 → Botellas modelo

Estas botellas se usan cada vez que se efectúa una prueba de calidad. Según el operario se suceden 5 ó 6 veces por turno por lo que sí se considera que son utilizadas frecuentemente, pero se recomienda otro emplazamiento y no en medio de la mesa de trabajo. Así, el operario debe acostumbrarse a cuando termina de usar una de ellas a depositarlas en la estantería que se puede observar a continuación.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 35: Estantería botellas modelo

Ahora nos desplazamos al altillo para comprobar si también hay útiles o herramientas de dudosa utilidad.

En la subida al altillo nos encontramos con un pallet en medio, que obviamente habrá que depositar en la zona de pallets ya que a algún operario lo habrá desplazado equivocadamente entorpeciendo la subida por la escalera de caracol. Destacar que sería conveniente el cambio de la escalera de caracol a una escalera normal, no solo por el simple hecho de ser de caracol, lo cual implica un riesgo para los trabajadores que tienen que bajar pallets y materiales del altillo, sino también porque la escalera, ya que está muy desgastada y cuyas barandillas rotas en algunos tramos de la misma.



Ilustración 36: Pallet en medio escalera de caracol

Una vez subimos nos encontramos con distintos elementos que se deberán analizar, estos son los siguientes:

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 37: Tarjeta roja 8 → máquinas obsoletas

Todas estas máquinas ocupan espacio del almacén superior por lo que se deberán desechar o si el jefe de planta aún no sabe qué hacer con ellas, depositar en el zulo para que no ocupen espacio del almacén, que ahora mismo se considera vital debido al aumento de pedidos por el COVID-19.

A continuación, bajamos a planta y se observa que el mismo operario prepara el pedido nada más salen las botellas de la máquina y una vez el pedido está preparado, en ocasiones, no lo desplazan hasta que el turno está por terminar si no debe ser entregado en ese mismo momento. Así, la preparación de pedidos estorba el propio desplazamiento de los operarios. Esto se podrá ver posteriormente en la aplicación de la herramienta SMED al realizar el diagrama espaguetti.

De todos modos, hay un pedido que según dice el operario lleva más de un día entorpeciendo y no se ha depositado en el almacén de producto terminado. Por ello, se le pone una etiqueta roja y posteriormente se investigará cuándo debe ser entregado el pedido y, por tanto, se determinará donde se depositará.



Ilustración 38: Tarjeta roja 9 → pedido de cliente sin identificar

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Finalmente, al consultar el histórico de los pedidos se clarifica que el pedido hasta dentro de unos días no se debe entregar por lo que se debe depositar en el almacén de producto terminado.

Los operarios deben acostumbrarse a clasificar rápidamente los pedidos de los productos terminados para que no estos no entorpezcan el paso de los mismos operarios.

También destacar que la escalera no debería estar en el último puesto de trabajo donde se utilizó. Como se suele utilizar exclusivamente para los cambios de moldes, y debido a la situación dada por el COVID-19 las producciones son más largas, se sucederán cambios de moldes con menos frecuencia que antes. Es por ello, que se aconseja que la escalera se deposite detrás de la máquina central, el cual es un buen emplazamiento ya que está en el medio de todas las máquinas, así se recorrerá una distancia proporcional cada vez que se necesite un cambio de molde.



Ilustración 39: Tarjeta roja 10 -> Escalera

La segunda etapa a realizar, *seiton*, es la segunda S. Una vez se ha definido con las tarjetas rojas qué es necesario y qué no lo es, hay que buscar un lugar final para colocarlo, en función de su utilidad y frecuencia de uso. También hay que facilitar el acceso y la búsqueda de los ítems a los operarios.

De esta forma, podemos destacar que tanto en la oficina de pedidos, en la sección de control de calidad y en el almacén de moldes hay que poner cajones que no sean opacos y se pueda ver a través de ellos. Ello facilitará la búsqueda de los ítems necesarios. A continuación, podemos observar una comparativa.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso acadèmico: 2019-2020



Ilustraci3n 40: Estantes transparentes



Ilustraci3n 41: Estantes opacos

Los estantes transparentes nos permitiràn facilitar y aumentar la velocidad de b3squeda.

Como he mencionado anteriormente, esto tambi3n se puede llevar a cabo en la oficina y en el almac3n de moldes, para una mejor b3squeda si se requiere de albaranes y/o pedidos. A continuaci3n, podemos ver como son los cajones en dichas secciones actualmente.



Ilustraci3n 42: Cajones oficina de pedidos



Ilustraci3n 43: Cajones secci3n de moldes

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

En cuanto a las herramientas secundarias que he mencionado anteriormente que se encontraban en una caja de herramientas totalmente opaca y sin ningún tipo de orden en su interior, se propone situar dichas herramientas en un tablón. De esta forma, se podrá tener un control de las herramientas, sabiendo cuando falta alguna. Además de un acceso mucho más rápido que con la caja de herramientas opaca.

En la fase 1 se puede ver cómo era la caja de herramientas secundaria y a continuación como sería el pizarrón de herramientas secundarias. Además, permitirá liberar espacio en la propia mesa de trabajo.

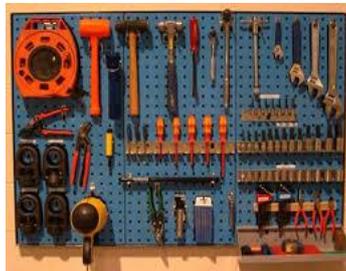


Ilustración 44: Tablón de herramientas secundarias

También destacar que se debería habilitar una zona de la planta para aparcar las transpaletas manuales que se utilizan para el transporte de pedidos de una zona de la planta a otras. Además de habilitarla, se debería, hacer marcas en el suelo para delimitar el lugar de cada una de ellas. Así podremos saber si falta alguna y cuál es la que falta.

En cuanto a la sección de moldes, como veremos posteriormente en el SMED, el operario gasta una gran cantidad de tiempo en la búsqueda y selección del molde correcto. Esto puede ser debido a que muchos de los moldes no tienen un sitio fijo y estandarizado en las estanterías y solo lo tienen algunos. Según los operarios esto no es de gran problema, pero cuando analicé el cambio de molde posteriormente, vi como perdían tiempo en comprobar las mediciones del molde para asegurarse de que habían cogido el correcto.

Este problema se eliminaría si se terminan de enumerar cada una de las estanterías y se estandariza cada estante de estas para cada molde además de poner en el estante el nombre del molde. A continuación, podemos ver un ejemplo de una de las estanterías no enumeradas.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 45: Almacén de molde no estandarizado

También en la sección de moldes se encuentra el carrito de herramientas, en el cual se depositan las herramientas frecuentes para realizar el cambio de molde y trabajar en el puesto de trabajo. Sin embargo, las herramientas no siguen las especificaciones de las pegatinas desgastadas que están en dicho carrito. Es por ello por lo que se propone renovar tanto el carrito de herramientas por uno en condiciones ya que este es incluso difícil de desplazar debido por el desgaste y también se propone renovar las pegatinas y hacer que los operarios respeten el orden que debe existir en el interior del carrito. Lo cual facilitará la búsqueda de herramientas y útiles en él. A continuación, se puede ver una foto del carrito actual.



Ilustración 46: Carrito herramientas actual

En la sección de control de calidad, el puesto de trabajo, donde se realizan las comprobaciones para saber si una botella es defectuosa o no, deben

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso acadèmico: 2019-2020

localizarse solamente aquellos ùtiles que se utilicen de forma frecuente en el proceso. Entre estos ùtiles encontramos los siguientes:



Ilustraci3n 47: Peso



Ilustraci3n 48: Regla de altura

Este proceso ocupa el relleno de las botellas, para comprobar la estabilidad de las mismas, por lo que se efectúa al lado de un fregadero como el que podemos ver a continuaci3n:



Ilustraci3n 49: Fregadero

Procedemos a la siguiente fase, la fase 3 (*seiso*). Para esta fase es importante que al final los operarios estèn mentalizados de que la limpieza

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

de sus puestos de trabajo y de la planta en general es vital para contribuir a una mejora del ambiente de trabajo. Además, la limpieza continua de máquinas puede ayudar a la detección de averías de las mismas e incrementar la seguridad de los operarios.

Para llevar a cabo esta etapa satisfactoriamente es importante que los operarios entiendan que la clave de la cuestión no es tanto limpiar sino también no ensuciar. Los operarios llevan a cabo este método en algunos lugares de la planta como por ejemplo en la línea de producción donde en las máquinas se depositan debajo de ciertos puntos donde pueden saltar botellas o colada (desecho) de las mismas.



Ilustración 50: Cubos debajo de las máquinas

Sin embargo, esta no es la única fuente de contaminación/suciedad que puede haber en la planta, encontramos también que, en las máquinas, en ocasiones, por debajo de las mismas se acumula aceite o agua de la refrigeración y no solo no es recogida diariamente, sino que no se toman medidas para eliminar o al menos reducir dicho foco.



Ilustración 51: Suciedad máquina (agua, aceite)

Por lo que, para evitar dicho foco, además de limpiar de forma frecuente, se podría disponer de una moqueta impermeable debajo de la máquina para

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

así evitar que el agua y/o aceite se esparza por el suelo de la planta y pueda llegar a ser hasta un peligro para el desplazamiento de los operarios.

En la sección de calidad, donde se realiza el control de calidad de algunas botellas, como he mencionado anteriormente, se usa en gran medida el fregadero para llenar las botellas a la mitad y ver si son estables. Es cierto que llenando las botellas no se ensucia el puesto de trabajo ya que los operarios las llenan dentro de la pila. Sin embargo, el fregadero no traga muy bien por lo que el agua al final queda estancada y con el tiempo se producen olores que son desagradables para los operarios, lo cual puede causar problemas de salud y mal estar general.



Ilustración 52: Pila control de calidad

Por ello se recomienda cambiar la forma de la pila a una más circular para que el agua no termine estancándose.

Una vez se ha establecido cuáles son los principales focos de contaminación de las distintas zonas de la planta, se debe de plantear acciones de limpieza que se sucedan periódicamente, también determinar que utensilios de limpieza se necesitarán y establecer un tiempo específico para cada trabajo de limpieza. Toda esta información se resume en el siguiente cuadro:

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- Un aumento del OEE de las máquinas.
- Reducción del número de accidentes.
- Mejora calidad de los productos.
- Menos riesgo de accidentes.

La fase 4 (*seiketsu*), es importante que se implemente correctamente ya que se basa en la estandarización del modo de trabajo conseguido en las etapas anteriores. Es por ello por lo que la creación del calendario anterior es una buena idea para que los operarios sepan cuando deben actuar, por lo que se imprimirá dicho calendario y se colgará en diferentes lugares de la planta para que todos los operarios puedan consultarlo.

También el uso de OPL's hará que los operarios vean cuál era el modo de trabajo erróneo y al lado vean cuál es el que se debe seguir, algunos ejemplos son:

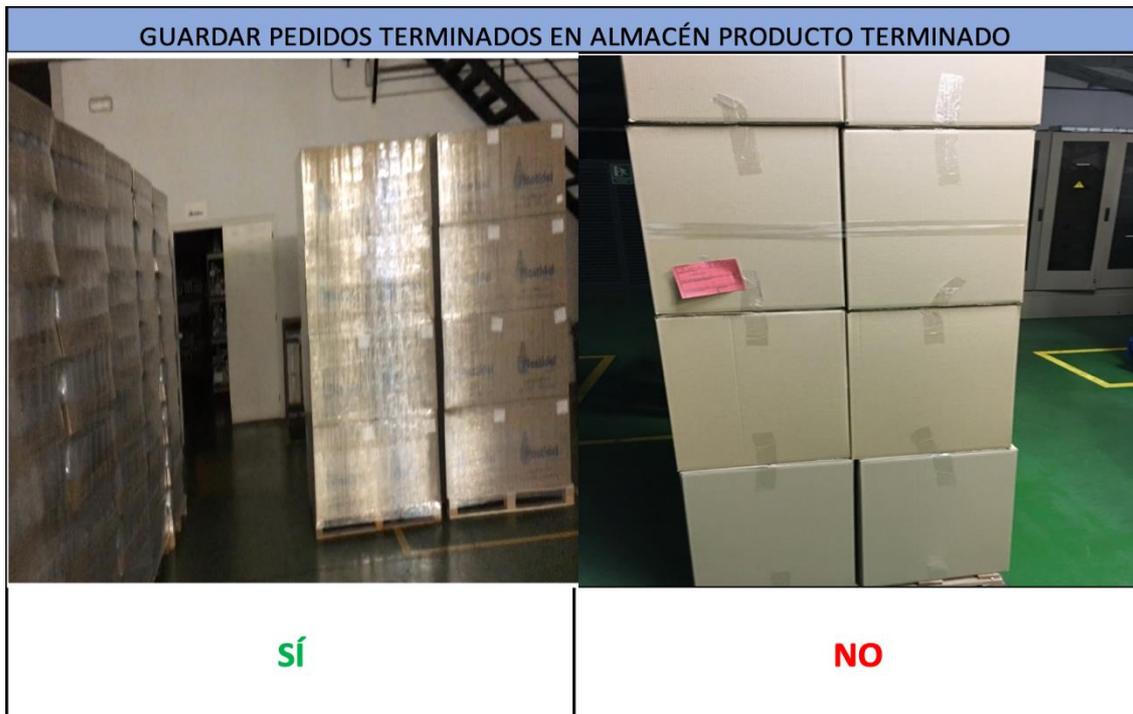


Ilustración 53: OPL producto terminado

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020



Ilustración 54: OPL Botellas Modelo

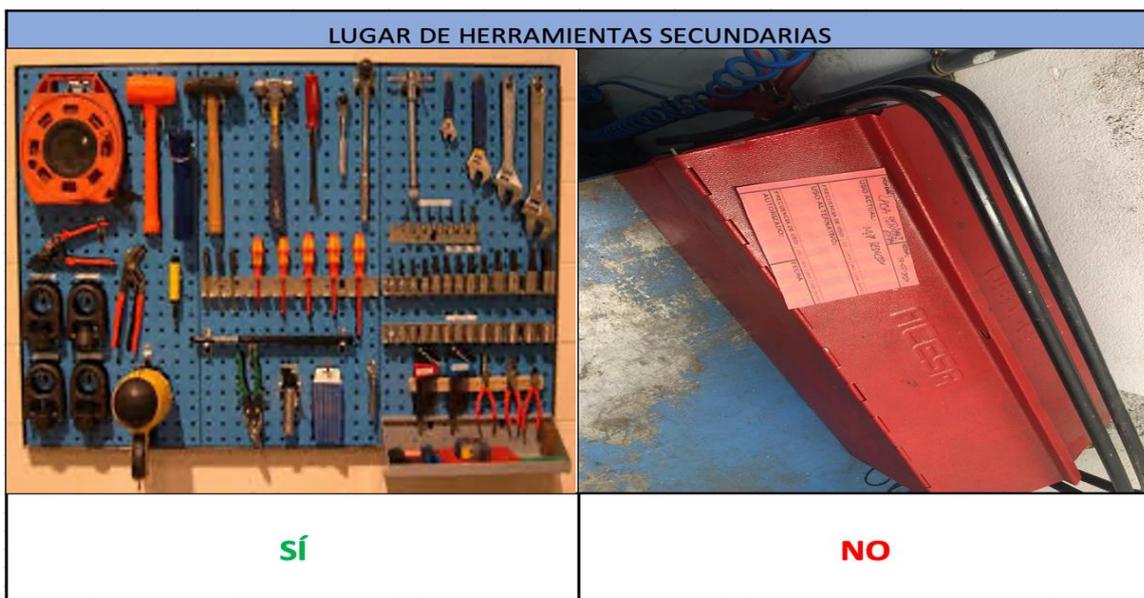


Ilustración 55: Localización herramientas secundarias

En esta etapa se evitan/reducen los errores que se puedan producir en las demás etapas gracias a que los operarios pueden apoyarse en el material estandarizado. Así, al reducirse los errores, se mejora la productividad de la planta.

Por último, está la fase de control y de continuar con la mejora de los procesos. Esta fase se denomina *Shitsuke*. Es la más difícil de implantar, ya que consiste en cambiar los hábitos antiguos de la empresa por los nuevos que se implantaron en las anteriores etapas.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Como he comentado, no se trata solo de controlar, sino también de ir mejorando cada día, para ello, se debe seguir haciendo tarjetas rojas, realizando OPL's de nuevos métodos de trabajo.

Para efectuar dicho control, el jefe de línea se encargará de realizar auditorías de forma aleatoria, pero en un intervalo de máximo 15 días. Así los operarios no sabrán cuando se les estará evaluando y deberán tener máximo atención en su trabajo de forma diaria.

Hay que destacar que se recomienda comprar cascos para mejor el bienestar de los operarios y la salud de los mismos, ya que los niveles de decibelios de la empresa son muy elevados. Esto puede llevar a un decremento del nivel de productividad no solo por que los trabajadores realizan sus tareas en condiciones no adecuadas, que provocan disgusto e incomodidad en el trabajo, sino también porque hay una gran dificultad de comunicación entre los operarios, en ocasiones necesaria, con el elevado nivel de ruido.

De esta forma, si al realizar la auditoría alguna sección no cumple con la puntuación mínima deseada se deberá realizar un plan de acción correctivo para mejorar/restablecer las condiciones necesarias de dicha sección. Además, se comunicarán los resultados a los operarios para que traten de mejorar los puntos en los que se han fallado. Es importante hacer ver al operario que no se están buscando responsables directos del problema y relacionarlos con un castigo, sino que se encamina la auditoría con el objetivo de la mejora continua.

Debido a que la planta no es muy grande, no se realizará una auditoria por área, sino que se realizará una auditoría general para toda la planta pero aumentando la frecuencia, ya que la media de la frecuencia de realización de auditorías suele ser de forma mensual.

En la misma plantilla de auditoría que se debe seguir a continuación se muestran las puntuaciones que se deben dar lugar.

Una vez obtenida la puntuación de cada parte, se realizará la media y si al sumar, se obtiene un porcentaje menor a 80% no se pasa la auditoría y habrá que mejorar donde se ha obtenido una puntuación deficiente. Por el contrario si se ha obtenido una mayor a 80% si se pasará, pero habrá que mejorar de todos modos si en alguna parte se ha obtenido una mala nota.

A continuación, se muestra la plantilla que habrá de realizarse en los próximos 15 días.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

ÁREA AUDITADA	AUDITOR LIDER	EQUIPO AUDITOR	FECHA
APARTADO			
ORDEN		PUNTUACIÓN	OBSERVACIONES
1	Control del orden de herramientas secundarias		
2	Control del orden de herramientas en el carrito de herramientas		
3	Estudio de suministro de materiales		
4	Pasillos libres		
5	Controlar botellas modelo en su lugar		
6	Verificar disposición de utensilios que cuentas con ubicación determinada		
7	Carteles y paneles correctamente actualizados		
8	El operario tiene toda la información necesaria para trabajar		
9	Control de que no hay pedidos de producto terminado en zonas de preparación de pedidos		
20	Pallets correctamente depositados en su lugar		
11			
12			
LIMPIEZA			
13	Limpieza interior de la máquina		
14	Limpieza parte exterior máquinas		
15	Restos de aceite, agua u otros		
16	Limpieza almacenes		
17	Limpieza altillo		
18	Limpieza oficinas		
19	Limpieza sección de calidad y moldes		
GESTIÓN VISUAL			
20	Estado de los carteles		
21	Limpieza y orden de estanterías		
22	Visulización adecuada de paneles identificativos		
SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE Y OTROS			
	Señales informativas de emergencia		
	Equipos de protección y seguridad		
	Segregación de residuos		
TOTAL			
	RESULTADO	%	OBJETIVO 80%
RECOMENDACIONES	Nº CONCEP.	DESCRIPCIÓN	
Recomendación 1			
Recomendación 2			
Recomendación 3			
Recomendación 4			
Recomendación 5			
VALORACIÓN			
	DESCRIPCIÓN		
0	Estado muy deficiente. Supone poner en marcha acciones correctoras de carácter urgente		
4	Estado deficiente. No se cumplen los niveles mínimos exigidos y admite un importante potencial de mejora		
6	Estado suficiente. Es el estado mínimo exigido, admite potencial mejora		
8	Estado satisfactorio. Estado superior al que seria suficiente y que admite cierta mejora		
10	Estado muy satisfactorio. Acciones propuestas que han significado una mejora		

Tabla 2: Auditoria 5S.

Para llevar a cabo la mejora continua, se irá proponiendo a los operarios cada mes que depositen en un buzón medidas o mejoras a implantar en la

planta y posteriormente a la mejor medida concederle un premio (económico o bien privilegios como vacaciones).

Con esto finalizaría la utilización de la herramienta 5S, lo cual habrá proporcionado una base sólida y firme en cuanto a mejor de la calidad y productividad se refiere, que permitirá una implantación óptima y fuerte de otras herramientas de mejora continua.

6. Metodología SMED

6.1 Justificación del empleo del SMED

SMED es una herramienta que en inglés significa: "*Single-Minute Exchange of Die*", es decir, cambio de herramienta en un solo dígito de minutos.

Esta herramienta predica que un cambio de molde o herramienta debería de durar como máximo 10 minutos. Esta cifra dista en gran medida del tiempo del cambio de molde del horno por lo que hay un gran margen de mejora.

De esta forma, gracias a la reducción del tiempo de *setup* (desperdicio), la empresa reduciría consecuentemente la línea de tiempo entre el pedido del cliente y su envío como producto final, por lo que será capaz de incrementar su capacidad de producción, sin incurrir en una elevada inversión.

Esto último es de especial importancia ya que la demanda de la empresa de plásticos aumenta en gran medida a medida que nos acercamos a junio. Esto es porque los clientes demandan una gran cantidad de envases para cremas solares o geles de baño, entre otros. Así la empresa podrá hacer frente a más demanda diaria o incluso eliminar el turno de la noche que acostumbraba a introducir la empresa por el aumento de la demanda en esta época del año. Eliminando con ello todos los costes que ello implica.

Podemos destacar otras razones las cuales pueden llevar a la empresa a reducir sus tiempos de *set up*:

- 1) Serían capaces de hacer frente con una mayor velocidad a las distintas variaciones en la demanda que puedan producirse.
- 2) También se disminuirían los niveles de inventario, tanto de materia prima como de producto en curso o producto terminado.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Cabe señalar, que el tiempo de cambio de molde se refiere al tiempo transcurrido desde que se para la máquina para realizar el cambio de molde/herramienta hasta que una vez en funcionamiento de nuevo la máquina es capaz de sacar la primera pieza buena.

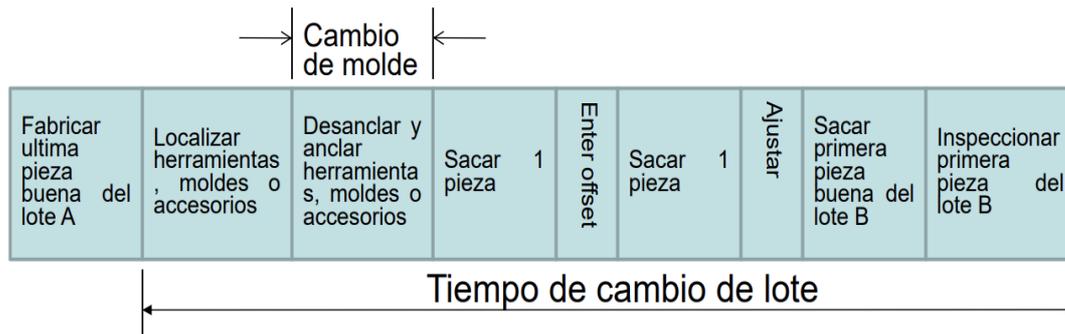


Ilustración 56: Actividades tiempo de cambio de lote

Entre los objetivos y beneficios a destacar del SMED, podemos encontrar:

- 1) Mayor flexibilidad.
- 2) Reducción del tiempo de espera.
- 3) Entregas más rápidas
- 4) Mejor calidad y por tanto menos retrabajos y piezas defectuosas.
- 5) Disminución de los costes.
- 6) Incremento de la productividad, gracias a la disminución del tiempo improductivo.
- 7) Aumento de la salud y la seguridad en los diferentes puestos de trabajo.

6.2 Antecedentes históricos del SMED

La aparición de la técnica SMED fue gracias a un ingeniero japonés *Shigeo Shingo* el cual encabezó un estudio de mejora de la eficiencia de una fábrica de Toyo Kogyo de Mazda en Hiroshima (Japón).

El jefe de sección pensaba que la resolución al problema de la eficiencia radicaba simplemente en el hecho de adquirir un mayor número de máquinas para así incrementar la productividad. Sin embargo, *Shigeo* intentó ir más allá.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Shigeo estudió el funcionamiento de las máquinas de las cuales disponía la empresa en dicho momento y observó que los cambios de herramienta se realizaban en 4 horas cuando otra empresa de la competencia, Volkswagen, lo realizaba en 2 horas.

A continuación, realizó un análisis con un cronómetro durante una semana de dichas máquinas y pudo afirmar que 1 de las 3 prensas de 800 toneladas, estuvo ocupada por un día. También comprobó que, en un cambio de matriz, a un operario le llevo más de una hora solamente traer el perno adecuado.

De esta forma determinó que era conveniente distinguir entre dos tipos de actividades a la hora de realizar un cambio de molde:

- **Actividades internas:** son operaciones que se llevan a cabo cuando la máquina no está en funcionamiento.
- **Actividades externas:** actividades que son susceptibles de realizarse en paralelo cuando la máquina está en funcionamiento.

Finalmente, el término SMED terminó de determinarse en 1969 en la planta principal de Toyota Motor Company, cuando fueron capaces de reducir los cambios de herramienta de 4 horas a 90 minutos con la distinción entre operaciones internas y externas. Después fueron capaces de reducir dicho tiempo hasta 3 minutos añadiendo una variable más, es decir, la transformación de todas las operaciones posibles de internas a externas.

6.3 Descripción de las etapas del SMED

Gracias a la introducción del antecedente histórico del SMED se pueden discernir y comprender mejor las diferentes etapas que son necesarias:

- **Etapas 0:** Análisis de la situación actual de cada una de las máquinas (estudio preliminar).
- **Etapas 1:** Separación de las actividades de preparación externa e interna.
- **Etapas 2:** Transformación de las operaciones de preparación interna en externa.
- **Etapas 3:** Perfeccionamiento de las operaciones internas y externas.
- **Etapas 4:** Estandarizar todos los demás pasos.

6.3.1 Etapa 0

En esta etapa el principal objetivo es conocer cómo trabajan los operarios y funciona en general cada uno de los procesos de las máquinas, es decir, conocer el funcionamiento actual de la línea de producción. Para ello, existen varios métodos:

- 1) **Análisis de producción continuo:** en este modelo se tomarán en consideración todos los tiempos necesarios y estos se tomarán mediante un cronómetro. Se deberá hacer hincapié en aquellas actividades más duraderas y que se podrían hacer externamente.
- 2) **Estudio del trabajo por muestras:** en este caso solo se cronometrarán los tiempos de aquellas actividades que son interesantes en el proceso.
- 3) **Entrevistas a los trabajadores de la fábrica:** debido a que son los que conocen de primera mano como funciona el proceso, es la mejor fuente de información de la cual podremos tomar ventaja, ya que describen la información referente al proceso gracias a su experiencia personal.
- 4) **Grabación en video de la operación de preparación completa**

De entre todas las posibilidades a realizar en esta fase, para el análisis de la situación actual, emplearé la grabación en video de la operación de cambio de molde y la posterior entrevista a los operarios implicados.

La razón es que mediante la grabación podré visualizar cuantas veces quiera el proceso, ya que quizás con la simple observación visual que se requiere en la 1) y 2) podamos no visualizar detalles importantes, lo cual no ocurrirá con la grabación ya que siempre podré recurrir a ella. Además, mediante un cronómetro es posible incurrir en algún fallo personal mientras que con un video es más complicado, además hace una doble función: cronometrar y grabar.

Por otro lado, también se escoge la entrevista a los trabajadores de la fábrica para ir conociendo de primera mano como funciona el proceso y conocer las opiniones de cada uno de ellos sobre el mismo.

El proceso que se realizará posteriormente para el estudio preliminar de la planta será por tanto el siguiente:

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- 1) Grabar todas las actividades que el operario realiza en el cambio de molde y a la vez se entrevistaba al operario.
- 2) Escribir en una tabla los tiempos dedicados a cada actividad.
- 3) Anotar las diferentes tareas y posteriormente distinguir entre internas y externas.
- 4) Identificar el desperdicio, para ello se recurrirá a un diagrama espagueti, el cual representará gráficamente el recorrido de los operarios en su actividad diaria sobre el *layout* de la fábrica. Así podremos identificar como es el movimiento de estos y posteriormente intentar reducir lo máximo posible el traslado (desperdicio) mediante una posible modificación del *layout*.
- 5) Por último, calcular el tiempo total de cada actividad y el tiempo total clasificado por internas y externas.

6.3.2 Etapa 1

Existen diferentes procedimientos para poder clasificar aquellas operaciones que son externas de aquellas que son internas:

- 1) **Método del "post-it"**.
- 2) **Lista de comprobación:** esto es una lista de todas aquellas herramientas o pasos necesarios para la realización de una actividad (nombres, especificaciones, número y herramientas necesarias, variables técnicas y valores de todas las dimensiones).

Además, se debe tener en cuenta que existirá una lista de comprobación por cada máquina. Esta lista de comprobación nos ayudará a asegurarnos de que cada cosa tiene su lugar y se encuentra donde debería estar (no nos concreta el estado de funcionamiento).

- 3) **Mejora de transporte de útiles y otras piezas:** debe realizarse como un transporte como un procedimiento externo donde un segundo operario le ayude a efectuar dichas operaciones, por ejemplo.

6.3.3 Etapa 2

Una vez ya tenemos las operaciones distinguidas entre externas e internas es importante volver a evaluar todas las operaciones por si alguna de ellas ha sido evaluada incorrectamente como interna o externa.

A continuación, es importante convertir todas las operaciones internas posibles en externas ya que son las que se llevan a cabo mientras funciona la máquina y por tanto no se pierde tiempo en la realización de dichas actividades ya que van en paralelo de esta. Así lógicamente se acortará el tiempo de cambio.

Para ello una medida correcta para evitar desplazamientos (lo más común entre las operaciones internas) será la correcta preparación de cada uno de los puestos de trabajo de forma que no falte ninguna herramienta en la elaboración de las diferentes actividades y así no se tenga que perder tiempo en desplazarse a por las mismas.

También estandarizas funciones, es decir, aquellas piezas que son necesarias en la consecución de la operación.

6.3.4 Etapa 3

Después de haber realizado la conversión de aquellas operaciones internas a externas es preciso mejorar las preparaciones tanto internas como externas, pero haciendo énfasis en las internas ya que son las que causan un mayor desperdicio y así podremos reducir aun más el tiempo que necesitan.

Para ello podemos utilizar diferentes técnicas:

- 1) Repartir equitativamente los repartos de las actividades del cambio de molde. Es decir, si un operario es el encargado de realizar un cambio de herramienta y tarda X minutos, si se le agrega a la misma operación otro operario quizá sea posible disminuir este tiempo a la mitad (aunque no sea del todo exacta esta reducción del tiempo, ya que depende de las cualidades del nuevo operario y de los tipos de actividades necesarias para el cambio.

En el caso de la empresa en cuestión hay dos operarios por turno. Sin embargo, uno de ellos no dispone de la formación necesaria para ayudar al otro (aunque como he mencionado anteriormente cada vez que realiza los cambios le enseña como lo hace para que aprenda y puedan complementarse mejor en sus tareas). De esta forma, aun no estarían en condiciones de adoptar dicha medida.

- 2) Una de las opciones más utilizadas es la implementación de actividades en paralelo. Esto se refiere a que, si una operación puede ser llevada a cabo a la vez que se ejecuta otra, ambas se realizarán lógicamente en la mitad de tiempo, ya que un operario se encargaría de una operación y el otro de otra, en lugar de un solo operario para ambas actividades.

Las operaciones en paralelo nos proporcionarán varias ventajas:

- 2.1) Mejorarán el camino crítico.
 - 2.2) Se reducen o eliminan las esperas.
 - 2.3) Se reducen o eliminan los movimientos innecesarios.
- 3) En ocasiones las reducciones de tiempo podrán venir por compra de materiales eléctricos o neumáticos para operaciones manuales. También realizar operaciones de una forma más sencilla, automatizando las tareas.
 - 4) Como hemos visto los ajustes pueden suponer hasta un 50% del tiempo de preparación del cambio de herramienta y como veremos posteriormente también influye en gran medida en el caso que nos ocupa. Estos, como también el centrado, son característicos de operaciones internas y es por ello que debemos intentar reducir el tiempo dedicados a ellos.
 - 5) Si hemos realizado todos los pasos anteriores y consideramos que nuestra operación está finalmente bien diseñada pero aún queremos reducir más el tiempo de preparación podríamos recurrir a la mecanización.

6.3.5 Etapa 4

En esta fase debemos tratar de estandarizar finalmente el resultado que hemos conseguido de haber realizado todas las fases anteriores para conseguir inculcarlo en todos los operarios de la línea y que se vuelva un hábito para ellos.

Para ello debemos disponer por ejemplo de *checklists* o diagramas de flujo que definan el modo de trabajo en una zona clara y visual cerca del puesto del trabajo para que el operario pueda consultarlo. Es importante recalcar que esta información no exime al operario de que esté bien formado y acuda a esta solamente en forma de ayuda en casos específicos.

Por tanto, es importante llevar a cabo la formación de estos para que el modo de trabajo nuevo se convierta en algo habitual para ellos.

Finalmente sería conveniente ir realizando un seguimiento de los operarios para comprobar que estas medidas adoptadas han sido recibidas de forma conveniente por los operarios y las aplican. Para ello podríamos recurrir a la grabación durante las primeras semanas de sus actividades para posteriormente revisarlas y si hay alguna desviación repasarla con ellos mismos para que sean conscientes de donde se equivocan y puedan corregirse.

6.4 Empleo de SMED en la empresa

Debido a que actualmente se tarda 2 horas en efectuar el cambio de molde con la reducción de dicho tiempo gracias al SMED podremos disponer de dos ventajas:

La primera ventaja sería poder realizar muchos más cambios a lo largo del día. Esta opción, actualmente, no es de interés para la empresa. Esto es debido a que por causa del COVID-19, a pesar de que la demanda ha aumentado, por lo que se intenta mejorar el proceso productivo, la demanda de los clientes es de recipientes muy específicos entre los cuales destacan, principalmente, envases para gel hidroalcohólico. Esto conlleva a que las producciones son muy largas y en consecuencia no hay una gran cantidad de cambios.

La segunda ventaja es, evidentemente, obtener un mayor número de botellas gracias a la reducción del tiempo de cambio de molde y con ello el aumento en el tiempo disponible de producción. La cual si proporcionará una gran ventaja competitiva a la empresa debido a la creciente demanda.

Comenzaremos el proceso de reducción del tiempo del cambio de molde con la etapa 0, esto es, el análisis de la situación actual de la empresa. Para ello, como hemos mencionado anteriormente, emplearemos varias herramientas.

En primer lugar, se han grabado todas las actividades que el operario realizar en el cambio de molde y al mismo tiempo se entrevistaba al operario en cuestión para saber los detalles de las actividades que iba realizando.

A continuación, anotaremos las distintas actividades que podemos distinguir, las clasificaremos en externas e internas, las herramientas que requieren, distancia en metros (si es una distancia relevante) y las

observaciones/mudas, es decir, el desperdicio que observamos en la operación.

De esta forma, encontramos las siguientes actividades en el proceso de cambio de molde:

1. Limpieza del puesto de trabajo. **(15 minutos)**
2. Desplazamiento Almacén de moldes. **(20 segundos)**
3. Búsqueda del molde en cuestión y herramientas necesarias. **(5 minutos y 40 segundos)**
4. Desplazamiento a la máquina con el molde. **(20 segundos)**
5. Desplazamiento zona moldes para coger el carrito de herramientas. **(20 segundos)**
6. Asegurarse si están las herramientas necesarias. **(2 minutos y 29 segundos)**
7. Desplazamiento con el carrito de herramientas al puesto de trabajo. **(30 segundos)**
8. Desapriete y retirada del primer caparazón del molde. **(1 minutos y 57 segundos)**
9. Desapriete y retirada segundo caparazón del molde. **(2 minuto y 25 segundos, tarda un poco más debido a que está más en el interior de la máquina y debe maniobrar peor)**
10. Poner grasa en la máquina y en el molde retirado. **(1 minuto y 25 segundos)**
11. Desplazamiento a la zona de moldes para depositar el molde antiguo. **(20 segundos)**
12. Desplazamiento al puesto de trabajo. **(20 segundos)**
13. Se asegura de las mediciones del molde a colocar (si el molde es grande se hace más hueco en el interior de la máquina para mayor seguridad y comodidad de maniobrar mejor, lo cual daría lugar a otra actividad, pero en este caso no). **(1 minuto)**
14. Engrasar el molde a colocar (no en gran medida ya que puede ensuciar la máquina). **(47 segundos)**

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- 15.Colocación del primer caparazón del molde y apriete del tornillo superior. **(2 minutos y 45 segundos)**
- 16.Controlar si la altura a la que se ha puesto el molde es la adecuada (regla de control). **(57 segundos)**
- 17.Apriete de los demás tornillos. **(54 segundos)**
- 18.Colocación segundo caparazón y apriete de los tornillos. **(3 minutos y 5 segundos, aquí, aunque pueda maniobrar peor, se compensa más el tiempo con respecto al anterior debido a que tiene la referencia de los tornillos del anterior, para colocarlo más rápido)**
- 19.Desplazamiento zona de parámetros. **(10 segundos)**
- 20.Ajuste de parámetros del horno y encendido del mismo (1 hora de calentamiento necesaria). **(30 segundos, en programar los parámetros del horno, el calentamiento del horno no lo tendremos en cuenta ya que sucede mientras se produce el cambio por lo que no es relevante)**
- 21.Desplazarse a refrigeración y conectar refrigeración. **(10 segundos)**
- 22.Desplazarse puesto de trabajo. **(10 segundos)**
- 23.Comprobar si a la hora de la compresión, los muelles cierran con mucha fuerza. **(29 segundos)**
- 24.Desapriete de los tornillos internos de la hilera para que el soplador pueda desplazarse en altura. **(2 minutos y 5 segundos)**
- 25.Desplazamiento para coger la escalera. (muy pocos metros ya que se encuentra en el puesto de trabajo anterior a este). **(5 segundos)**
- 26.Desplazamiento con la escalera al puesto de trabajo. **(10 segundos)**
- 27.Ajuste de la altura del soplador. **(55 segundos)**
- 28.Cuando se da con la altura necesaria se procede al apriete de los tornillos. **(1 minuto y 10 segundos)**
- 29.Comprobación a ojo el correcto funcionamiento en vertical del soplador. **(55 segundos, depende de la experiencia del operario)**

30. Comprobar la profundidad a la que debe llegar el soplador. **(34 segundos, necesita la ayuda de un segundo operario ya que uno debe observar la operación y el otro darle al botón para que el soplador baje)**
31. Configurar esa posición como la definitiva (apriete). **(2 minutos y 28 segundos)**
32. Desplazamiento sección de calidad para coger una botella modelo. **(20 segundos)**
33. Desplazamiento zona de trabajo. **(20 segundos)**
34. Quitar los muelles anteriores de la parte delantera. **(1 minuto y 55 segundos)**
35. Engrasar los moldes usados en la producción anterior. **(22 segundos)**
36. Desplazamiento sección moldes. **(20 segundos)**
37. Engrasa muelles antiguos. **(30 segundos, no engrasar mucho ya que puede chorrear y ensuciar el puesto de trabajo y además puede desgastar los muelles)**
38. Deposita los muelles antiguos y selecciona los necesarios. **(2 minutos y 11 segundos)**
39. Desplazamiento zona de trabajo con los muelles adecuados. **(20 segundos)**
40. Engrasar los nuevos muelles y la parte delantera del molde. **(38 segundos)**
41. Colocación de los muelles en la parte superior del molde (operación efectuada en el carrito). **(3 minutos y 50 segundos)**
42. Colocación y apriete de la parte superior del molde en el interior de la máquina. **(3 minutos y 20 segundos)**
43. Comprobación de que está bien ajustado el embarrador completo. **(1 minuto y 55 segundos)**
44. Colocación de la botella modelo en el molde (para comprobar posteriormente que conecta bien la máquina con la cinta interna de goma). **(10 segundos)**

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

45. Ajustar el nivel de la cinta por la que suelta la botella el expulsor. **(5 minutos y 20 segundos)**
46. Ajuste barandillas cinta de goma. **(4 minutos y 45 segundos)**
47. Ajuste en altura la cinta externa que conecta con la de goma y que lleva al verificador. **(7 minutos y 5 segundos)**
48. Comprobar si las botellas llegan correctamente al verificador y si es necesario modificar altura. **(3 minutos y 2 segundos)**
49. Desplazamiento a por otra botella para el control de calidad final. **(20 segundos)**
50. Desplazamiento de nuevo al puesto de trabajo. **(20 segundos)**
51. Calibrar el sensor que detecta las botellas. **(2 minutos y 20 segundos)**
52. Ajustar altura del soplador del control de calidad. **(3 minutos y 50 segundos)**
53. Comprobar si funciona el control de calidad en general. **(1 minuto y 52 segundos)**
54. Vaciar el material que se había quedado del turno anterior (tanto el de la mezcladora como el del ventilador). **(2 minutos y 3 segundos)**
55. Repartir dicho material entre las otras máquinas. **(2 minutos y 14 segundos)**
56. Desplazamiento almacén de materia prima para recoger material virgen. **(30 segundos)**
57. Colocar nuevo material (virgen) en la mezcladora de la máquina en cuestión. **(2 minutos y 2 segundos)**
58. Antes de empezar el proceso de producción revisa el cambio realizado. **(1 minuto y 53 segundos)**
59. Observa un error y emprende la acción correctiva. **(7 minutos y 30 segundos, en este caso fue que en la base del soplador uno de los dos triángulos estaba puesto hacia abajo en lugar de hacia arriba).**

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

60. Establece los parámetros en el puesto central. **(2 minutos y 57 segundos, aquí, tarda debe avisar al jefe de planta de que ha casi finalizado el cambio de molde y el jefe de planta le comenta los datos que debe establecer como parámetros)**
61. Poner una cortina en la zona del expulsor para que la colada sobrante no se esparza por toda la máquina. **(1 minuto y 46 segundos)**
62. Depositar carrito de herramientas en el almacén de moldes. **(30 segundos)**
63. Máquina finalmente en marcha, operario espera a que salga la primera pieza buena. **(7 minutos)**

De esta forma, ya se han distinguido todas las actividades que el operario realiza en el cambio de molde.

A continuación, anotaremos el tiempo necesario para la realización de cada tarea. Para ello, se anotará al lado de cada actividad el tiempo.

Así si sumamos por su parte los minutos y los segundos obtenemos un tiempo acumulado de: 2 horas, 3 minutos y 15 segundos. Por lo que hay un gran margen de mejora que se tratará a continuación.

Seguidamente realizaremos el diagrama espaguete para identificar el despilfarro. Esto es dibujar el *layout* de la planta, seguidamente identificar qué procesos se realizan en primer lugar en la línea de producción y cuál es la trayectoria que realiza el operario desplazándose por la planta para la producción de botellas.

El diagrama espaguete en este caso va a representar los movimientos que hace el operario para llevar a cabo el cambio de molde. Así podremos visualizar movimientos innecesarios que es uno de los 7 desperdicios. Hay que destacar que el cambio de molde es realizado en la máquina 3, como se verá a continuación en el diagrama espaguete.

Así podemos observar los distintos tiempos y metros que se llevan a cabo con cada desplazamiento (donde T = trayectoria; y el número indicará el orden de los desplazamientos del operario):

- T1: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 2).**
- T2: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 4).**

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- T3: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 5).**
- T4: 15 metros | 30 segundos. **(Desplazamiento con el carrito de herramientas y representa la actividad número 7).**
- T5: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 11).**
- T6: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 12).**
- T7: 7 metros | 10 segundos. **(Representa la actividad número 19).**
- T8: 7 metros | 10 segundos. **(Representa la actividad número 21).**
- T9: 7 metros | 10 segundos. **(Representa la actividad número 22).**
- T10: 5 metros | 5 segundos. **(Representa la actividad número 25).**
- T11: 5 metros | 10 segundos. **(Va cargado con la escalera y representa la actividad número 26).**
- T12: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 32).**
- T13: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 33).**
- T14: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 36).**
- T15: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 39).**
- T16: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 49).**
- T17: 15 metros | 20 segundos. **(Representa la actividad número 50).**

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

- T18: 5 metros | 7 segundos. **(Va cargado con un cubo y representa la actividad número 55).**
- T19: 10 metros | 20 segundos. **(Va cargado con un cubo y representa la actividad número 55).**
- T20: 5 metros | 7 segundos. **(Va cargado con un cubo y representa la actividad número 55).**
- T21: 20 metros | 30 segundos. **(Representa parte de la actividad número 57).**
- T22: 15 metros | 20 segundos. **(Representa parte de la actividad número 57).**
- T23: 7 metros | 10 segundos. **(Representa la actividad número 60).**
- T24: 7 metros | 10 segundos. **(Representa a parte la actividad número 61, donde vuelve al puesto de trabajo para colocar la cortina).**
- T25: 15 metros | 30 segundos. **(Representa la actividad número 62).**
- T26: 15 metros | 20 segundos. **(Representa a parte de la actividad número 63, cuando el operario va finalmente a la máquina a comprobar cuando sale la primera pieza correcta y así dar por finalizado el cambio de molde).**

Por lo que el diagrama espagueti resultante sería el siguiente:

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

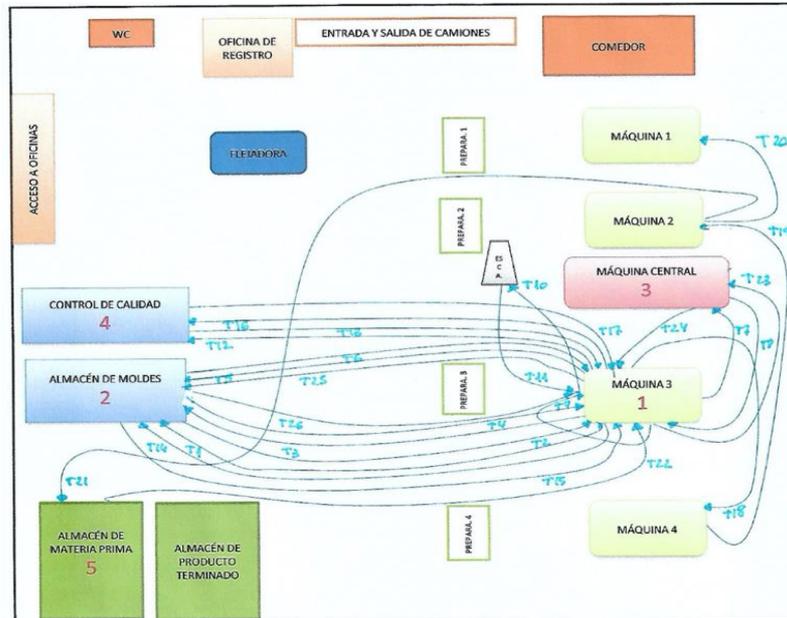


Ilustración 57: Diagrama espaguete cambio de molde

Como podemos observar en el diagrama hay una gran cantidad de desplazamientos que van y vuelven desde el mismo sitio y al mismo lugar numerosas veces. Por ello, podemos afirmar que hay una gran cantidad de movimientos innecesarios en el proceso del cambio de molde que debemos intentar corregir en etapas posteriores, ya que en esta primera etapa (etapa 0) solo estudiamos la situación actual de la empresa.

A continuación, he realizado un resumen de las actividades, observaciones/desperdicios que se han observado de las mismas, tiempo de realización de dichas actividades, las herramientas necesarias para su realización, la distancia que se debe recorrer y la clasificación de las actividades en externas e internas.

De este último punto es importante recalcar que el operario cuando va a realizar el cambio de molde apaga directamente la máquina, por lo que todas las actividades de preparación de cambio de molde las realiza en máquina parada. Estas actividades de preparación no requieren que la máquina deje de funcionar por lo que podrían ser realizadas mientras se sigue produciendo en la máquina 3, antes de realizar el cambio de molde.

De esta forma todas las actividades que el operario realiza son internas ya que la máquina siempre está parada. Esto indica que hay también un gran margen de mejora, ya que siempre es recomendable intentar maximizar el número de operaciones externas frente a internas. Por ello, una de las fases siguientes será la transformación de operaciones internas en externas.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

HOJA DE OBSERVACIÓN									
HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPO									
Máquina	3	Referencia anterior		Referencia nueva		Fecha	19/5/20	Página nº:	1/2
Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO		OPERACIÓN INTERNA / EXTERNA	HERRAMIENTAS	DISTANCIA (mts.)	OBSERVACIONES/MUDAS		
		minut.	seg.						
1	Limpieza del puesto de trabajo	15		Interna	Cubo y mocho				
2	Desplazamiento almacén de moldes		20	Interna		15			
3	Búsqueda del molde en cuestión y herramientas necesarias	5	40	Interna					
4	Desplazamiento a la máquina con el molde		20	Interna		15			
5	Desplazamiento zona moldes para coger el carrito de herramientas		20	Interna		15			
6	Asegurarse si están las herramientas necesarias	2	29	Interna					
7	Desplazamiento con el carrito de herramientas al puesto de trabajo		30	Interna		15			
8	Desapriete y retiradas del primer caparazón del molde	1	57	Interna	Llave allen y martillo				
9	Desapriete y retirada del segundo caparazón del molde	2	25	Interna	Llave allen y martillo		Tarda un poco más debido a que se coloca en un lugar de mayor difícil acceso		
10	Poner grasa en la máquina y en el molde retirado	1	25	Interna					
11	Desplazamiento a la zona de moldes para depositar el molde antiguo		20	Interna		15			
12	Desplazamiento al puesto de trabajo		20	Interna		15			
13	Asegurarse de las mediciones del molde a colocar	1		Interna	Regla de control		Si el molde es de gran tamaño, hacer más hueco en el interior de la máquina para poder maniobrar mejor y así tardar menos y evitar accidentes		
14	Engrasar el molde a colocar		47	Interna			No engrasar mucho ya que puede ensuciar la máquina		
15	Colocación del primer caparazón del molde y apriete del tornillo superior	2	45	Interna	Llave allen				
16	Controlar si la altura a la que se ha puesto el molde es la adecuada		57	Interna	Regla de control				
17	Apriete de los demás tornillos		54	Interna	Llave allen				
18	Colocación del segundo caparazón y apriete de los tornillos	3	5	Interna	Llave allen		Aunque puede maniobrar peor, no es tanto la diferencia de tiempo debido a que tiene la referencia del otro caparazón		
19	Desplazamiento zona de parámetros		10	Interna		7			
20	Ajuste de parámetros del horno y encendido del mismo		30	Interna			Calentamiento del horno de 1 hora, pero no se tiene en cuenta ya que sucede mientras se va produciendo el cambio de molde		
21	Desplazarse a refrigeración y conectarla		10	Interna		7			
22	Desplazarse al puesto de trabajo		10	Interna		7			
23	Comprobar si a la hora de comprimir, los moldes cierran con mucha fuerza		29	Interna					
24	Desapriete de los tornillos internos de la hilera para que el soplador pueda desplazarse en altura	2	5	Interna	Llave allen				
25	Desplazamiento para coger la escalera		5	Interna		5	Se encuentra en el puesto de trabajo anterior		
26	Desplazamiento con la escalera al puesto de trabajo		10	Interna		5	Tarda un poco más debido a que va cargado con la escalera		
27	Ajuste de la altura del soplador		55	Interna	Llave inglesa				
28	Cuando se da con la altura necesaria, apriete de tornillos	1	10	Interna	Llave allen				
29	Comprobación a ojo del correcto funcionamiento en vertical del soplador		55	Interna			La rapidez de esta actividad depende de la experiencia del operario		

Tabla 3: Hoja de tiempos (1) fase 0.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

HOJA DE OBSERVACIÓN										
HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPO										
Máquina	3	Referencia anterior			Referencia nueva			Fecha	19/05/2020	Página nº: 2/2
Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO		OPERACIÓN INTERNA /EXTERNA	HERRAMIENTAS	DISTANCIA (mts.)	OBSERVACIONES/MUDAS			
		minut.	seg.							
30	Comprobar la profundidad a la que debe llegar el soplador		30	Interna						
31	Configurar esa posición como la definitiva (apriete)	2	28	Interna	Llave inglesa					
32	Desplazamiento sección calidad para coger una botella modelo		20	Interna		15				
33	Desplazamiento zona de trabajo		20	Interna		15				
34	Quitar los muelles anteriores de la parte delantera	1	55	Interna	Manual					
35	Engrasar los moldes usados en al producción anterior		22	Interna						
36	Desplazamiento sección de moldes		20	Interna		15				
37	Engrasar los muelles antiguos		30	Interna					No engrasar mucho ya que puede chorrear aceite y ensuciar el puesto de trabajo. Además de desgastar los muelles	
38	Depositar los muelles antiguos y selección de los necesarios	2	11	Interna						
39	Desplazamiento zona de trabajo con los muelles adecuados		20	Interna		15				
40	Engrasar los nuevos muelles y la parte delantera del molde		38	Interna						
41	Colocación de los muelles en la parte superior del molde	3	50	Interna	Manual				Operación efectuada en el mismo carrito	
42	Colocación y apriete de la parte superior del molde en el interior de la máquina	3	20	Interna	Llave allen					
43	Comprobación de que está bien ajustado el embarrador completo	1	55	Interna	Llave allen					
44	Colocación de la botella modelo en el puesto de trabajo		10	Interna						
45	Ajustar el nivel de la cinta por la que suelta la botella el expulsor	5	20	Interna						
46	Ajuste de barandillas de la cinta de goma	4	45	Interna	Llave allen				Destacar que la cinta de goma está en mal estado	
47	Ajuste en altura de la cinta externa que conecta con la de goma y que lleva al verificador	7	5	Interna	Juego de Herramientas de llave hexagonal Allen					
48	Comprobar si las botellas llegan correctamente al verificador y si es necesario modificar la altura	3	2	Interna						
49	Desplazamiento a por otra botella para el control de calidad final		20	Interna		15				
50	Desplazamiento de nuevo al puesto de trabajo		20	Interna		15				
51	Calibrar el sensor que detecta las botellas	2	20	Interna	Digitalmente					
52	Ajustar altura del soplador del control de calidad	3	50	Interna	Llave allen					
53	Comprobar si funciona el control de calidad	1	52	Interna						
54	Vaciar el material que se había quedado del turno anterior	2	3	Interna	Escalera y cubo				Tanto el del ventilador como el de la mezcladora	
55	Repartir dicho material entre las otras máquinas	2	14	Interna	Cubo	20			Son 20 metros contando el desplazamiento de T18, T19 y T20	
56	Desplazamiento almacén de materia primera para recoger material virgen		30	Interna		20				
57	Colocar nuevo material virgen en la mezcladora de la máquina en cuestión	2	2	Interna		15				
58	Antes de empezar el proceso de producción revisa el cambio realizado	1	53	Interna	Llave allen, martillo y llave inglesa					
59	Observa un error y emprende la acción correctiva	7	30	Interna	Llave allen				En este caso fue que en la base del soplador uno de los dos triángulos estaba puesto hacia abajo en lugar de hacia arriba, impidiendo el desplazamiento del mismo	
60	Establece los parámetros en el puesto central	2	57	Interna		7			Aquí se debe avisar al jefe de planta, quien comunica al operario los parámetros a utilizar	
61	Poner una cortina en la zona del expulsor para que la colada sobrante no se esparza por la máquina	1	46	Interna						
62	Depositar el carrito de herramientas en el almacén de moldes		30	Interna		15				
63	Máquina finalmente en marcha, operario espera a que salga la primera pieza buena	7		Interna		15				

Tabla 4: Hoja de tiempos (2) fase 0.

Tener en cuenta que el estudio de tiempos se ha dividido en dos hojas de estudio para una mejora visualización.

Esta hoja de tiempos servirá también para la fase 4 de estandarización donde los operarios podrán ver la hoja de tiempos antigua y posteriormente la actualizada con las mejoras que se realizarán.

Una vez realizada la fase 0, la cual comprendía el análisis de la situación actual de la empresa en cuanto al cambio de molde, ya se disponen de datos para efectuar la separación de actividades externas e internas.

En nuestro caso, como ya hemos comentado, todas las actividades se realizan una vez la máquina ya está parada, es decir, no incurrir en la ayuda de un segundo operario para poder realizar operaciones en paralelo ni tampoco preparan previamente el puesto de trabajo, mientras se lleva a cabo la producción anterior, disponiendo todo aquello que sea necesario para efectuar el cambio de molde. Por lo que, podemos afirmar que todas las actividades en cuestión son operaciones internas.

Mientras se efectuaba el cambio de molde, le pregunté al operario porque no preparaban el puesto de trabajo antes de parar las máquinas o porque no se ayudaban de un segundo operario que le ayude a efectuar operaciones en paralelo. La respuesta fue: "pues nunca nos lo habían planteado". Tampoco eran conscientes de que el tiempo de cambio de molde era muy elevado. Por lo que hay un gran margen de mejora de los tiempos.

A continuación, para mejorar la preparación de la zona de trabajo y que esta se lleve a cabo más rápidamente es importante realizar listas de comprobación que nos ayuden a recordar que materiales y herramientas eran los necesarios para efectuar los distintos cambios de moldes.

Para que las listas de comprobación sean realmente útiles debe existir una por máquina y no una para toda la planta para que no resulten ser confusas.

Así el operario será capaz de distinguir todas las herramientas que necesita y a continuación todas estas herramientas necesarias depositarlas en el carrito. Ya que cuando observé como realizaba la preparación del puesto de trabajo, más concretamente cuando elegía las herramientas necesarias y las iba depositando en el carrito, este carrito ya contaba con una gran cantidad de herramientas, dispuestas sin ningún tipo de orden. Además, tenía que ir recordando cuáles eran las herramientas que necesitaba e incluso destacar que las herramientas se guardaban en un cajón totalmente cerrado, sin visibilidad desde el exterior y sin ningún orden en su interior (tanto el orden del carrito y la visibilidad y accesibilidad de los cajones en general se trató en la herramienta anterior, las 5S).

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Es con esta herramienta que intentaremos reducir o eliminar el problema de la búsqueda de herramientas a través de la lista de comprobación. Hay que destacar que solo se dispone de un operario capaz de realizar los cambios de molde por lo que la jornada de trabajo de dicho operario se verá modificada en función de los pedidos de los clientes.

OPERATION CHECKLIST:			
Máquina:		Máquina 3	
OPERACIÓN:		Cambio de molde a Molde SQ 200 Máq 3	
FECHA:		19/5/20	
Trabajadores entrenados para			
	Pepe Martínez	✓	
Herramientas necesarias			
✓			Llave allen
✓			Martillo
✓			Regla de control
✓			Llave inglesa
✓			Juego de herramientas de llave exagonal allen
Items necesarios			
✓			Mocho
✓			Cubo de limpieza
✓			Cubo de materia prima
✓			Escalera
✓			Molde SQ 200 MÁQ 3
✓			Botella modelo
procesos a seguir			
	Limpieza puesto de trabajo	✓	
	Cambio del molde antiguo	✓	
	Cambio al molde SQ 200 Máq 3	✓	
	Aprietes	✓	

Tabla 5: Lista de comprobación máquina 3.

A partir del reparto de listas de comprobaciones de todas las máquinas, se espera reducir el tiempo de la actividad número **3) Búsqueda del molde en cuestión** hasta al menos **1 minuto** (de los 5 minutos y 40 segundos que costaba anteriormente) gracias a las mejoras llevadas a cabo tanto en las 5S como también gracias a las listas de comprobación que nos permitirán

asegurarnos de que estamos eligiendo las herramientas adecuadas y necesarias para ello, facilitándonos la búsqueda de las mismas.

Por ende, se espera eliminar por completo la actividad número **6) Asegurarse si están las herramientas necesarias**, ya que gracias a la existencia de una lista de comprobación no será necesario perder el tiempo en asegurarnos de que hemos tomado las herramientas adecuadas. Por lo que se **eliminarán** por completo los **2 minutos y 29 segundos** de esta actividad.

La siguiente fase que se debería acometer sería la etapa 2: conversión de la preparación interna en externa. Como he comentado anteriormente, todas las actividades que se realizan desde que se paran las máquinas hasta que sale la primera pieza buena son operaciones internas. Además, podemos ayudarnos del diagrama de espaguete para identificar el despilfarro de las distintas actividades.

Entre las distintas actividades existentes, se pondrá especial atención a las actividades de desplazamiento que, aunque son necesarias para poder preparar la zona de trabajo para efectuar el cambio de molde, se realizan todas a máquina parada cuando se podrían realizar mientras se realiza la producción anterior. También muchos de estos desplazamientos podrían ser eliminados ya que en varios de sus desplazamientos observé que podía desplazar más de una cosa a la vez, pero no lo hacía. Entre estas actividades a convertir en operaciones externas podemos encontrar las siguientes (se indicará delante de cada una de ellas el número que representa del listado de actividades que se realizó en la fase 0):

- 1 → Limpieza del puesto de trabajo (15 minutos).
- 2 → Desplazamiento zona de moldes (20 segundos).
- 3 → Búsqueda del molde en cuestión (1 minuto, reducido anteriormente).
- 4 → Desplazamiento a la máquina con el molde (20 segundos).
- 5 → Desplazamiento zona moldes para coger el carrito de herramientas (20 segundos).
- 7 → Desplazamiento con el carrito de herramientas al puesto de trabajo (30 segundos).
- 25 → Desplazamiento para coger la escalera (5 segundos).
- 26 → Desplazamiento con la escalera al puesto de trabajo (10 segundos).

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

32 → Desplazamiento a la sección de calidad para coger una botella modelo (20 segundos).

33 → Desplazamiento zona de trabajo (20 segundos).

49 → Desplazamiento a por otra botella para el control de calidad final (20 segundos).

50 → Desplazamiento de nuevo al puesto de trabajo (20 segundos).

62 → Depositar carrito de herramientas en su sitio (20 segundos).

Ahora se procederá a convertir todas aquellas actividades que se puedan realizar con máquina en marcha, es decir, externamente. Así podemos ver:

- Todas las actividades elegidas pueden ser realizadas de forma externa. Esto es debido a que se pueden realizar perfectamente previamente sin necesidad de tener la máquina parada. No todos los desplazamientos que se suceden durante el cambio son susceptibles a realizarse internamente ya que algunos están implicados en el propio proceso de cambio, como es el caso de las actividades 36 ó 39.
- De esta forma, al poder realizar externamente dichas actividades, estos tiempos no formarán parte del proceso del cambio de molde, lo cual no quiere decir que no se intenten mejorar o ya directamente se desprecien. Será en la fase siguiente donde se intentará perfeccionar las actividades internas que no han podido ser convertidas a externas, pero también las actividades externas que sí han podido convertirse.

A continuación, en la fase 3, se perfeccionarán todas las actividades tanto internas como externas, pero con especial hincapié en las internas ya que afectarán directamente al tiempo de cambio de molde.

Para ello, podemos volver a analizar las operaciones y determinar cuáles de ellas se pueden realizar a la vez o en paralelo con otras.

De las que se han comentado anteriormente que han sido ya transformadas en externas podemos determinar que varias de ellas se pueden realizar simultáneamente ahorrándose muchos desplazamientos del operario.

Por ejemplo, cuando en la actividad número 4 lleva el molde elegido a la máquina en este caso esta operación se efectúa con las dos manos y al ser

un elemento pesado y delicado debe prestar especial atención por lo que se propone que esta actividad no se lleve a cabo con ninguna otra. Sin embargo, cuando vuelve a la sección de moldes a por el carrito de herramientas (actividad número 5), se propone que en el mismo carrito de herramientas ya preparado se depositen también las dos botellas modelos que se requieren para el control de calidad y las pruebas del molde para así poder eliminar el desplazamiento de las actividades 32, 33, 49 y 50.

También podemos realizar operaciones en paralelo, donde el operario restante que está realizando la preparación de pedidos (no es una operación en la que se deba estar al 100% y sea laboriosa) en las otras máquinas mientras el otro operario efectúa el cambio de molde, pueda ayudar a este último en algunas actividades.

Esto ya lo hace en la actividad 30, pero no por acortar el tiempo total del cambio de molde, sino porque sin la ayuda de un segundo operario esa actividad no se podría llevar a cabo.

Como solo uno de los operarios es el que sabe realizar el cambio de molde, las actividades en las que intervendría el segundo operario deberían ser operaciones más simples y mecánicas donde no exista la posibilidad de error, pero que permitan reducir el tiempo total del cambio de molde como también el tiempo en el que el segundo operario está ocioso.

Por ejemplo, la actividad 48, mientras el operario no experto, en el cambio de molde, comprueba si las botellas están llegando correcta y paralelamente va modificando la altura del verificador (actividad en la que solamente se requiere ajustar el sensor para que la luz roja esté en una correcta posición), el operario-técnico va calibrando el sensor que detecta las botellas (actividad 51).

También se propone que sea el propio supervisor de la línea el que una vez el operario lo indique se encargue de establecer los parámetros en el puesto central (actividad 60) para que paralelamente el operario-técnico pueda ir colocando la cortina en la zona del expulsor (reduciendo el minuto, 46 segundos que tarda esta actividad al tiempo total de cambio de molde).

Además, las actividades 54, 55, 56 y 57, que son operaciones muy elementales, las podrías realizar el operario no experto mientras el operario-técnico efectúa la actividad 58 y resuelve algún problema como es en este caso, donde uno de los componentes de la base del soplador estaba colocado al revés. Así todo el tiempo que suponían las actividades 55, 67 y 57 será eliminado del tiempo acumulado total.

Por último, las actividades 11 y 12 que no se pueden realizar externamente, como solo son desplazamientos pueden ser realizadas por el operario no experto mientras el operario-técnico realiza las actividades posteriores, reduciéndose así estos 40 segundos de desplazamientos que no debe realizar el operario-técnico.

De esta forma, podemos volver a calcular los tiempos actualizando la hoja de tiempos obtenida en la fase 0 y ver cuánto se ha reducido en una primera aproximación el tiempo del cambio de molde. También se volverá a dibujar el diagrama espaguete para observar como se ha reducido el número de desplazamientos innecesarios de los operarios (despilfarro). A continuación, se mostrarán tanto la hoja de tiempos como el diagrama espaguete renovado.

En cuanto a la hoja de tiempos resultante se debe tener en cuenta que (los números de las actividades que se muestran a continuación son los indicados en la hoja de tiempos de la fase 0):

- La actividad número 3 se ha reducido a 1 minuto como se ha comentado anteriormente.
- La actividad número 6 ha sido eliminada, gracias a la lista de comprobación ya no es necesario asegurarse de si están todas las herramientas.
- Las actividades 32 y 49 se hacen en el mismo momento que la operación 5 por lo que ya no se tendrá en cuenta ese tiempo de desplazamientos y por ende tampoco se tendrá en cuenta el tiempo de los desplazamientos de las actividades 33 y 50.
- Las actividades 48 y 51 se llevan a cabo paralelamente, como he comentado anteriormente, por lo que entre las dos daría un total de 3 minutos y 50 segundos.
- Las actividades 54, 55, 56, 57 se hacen en paralelo con la 58 y 59, como ya he comentado anteriormente, de esta forma se acaban haciendo estas 6 actividades en 10 minutos y 27 segundos.
- La actividad 60 y 61 se hacen también en paralelo.
- Por último, la actividad 62 se realizará de forma externa una vez la máquina ya haya producido la primera pieza buena.

Como se puede observar la mayoría de las actividades están basadas en aprietes que se llevan a cabo con herramientas manuales por lo que se podría

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

estandarizar el tamaño de las fijaciones en todos los casos posibles y emplear herramientas multi-usos que permitan un mejor manejo y reduzca el tiempo de búsqueda de herramientas. De esta forma se podría eliminar el uso de la llave inglesa gracias a la estandarización del tamaño de las fijaciones y así emplear una herramienta multi-usos de llave allen, como la que podemos ver a continuación, que nos permitirá un apriete más rápido y simple.



Ilustración 58: Herramienta multi-usos Allen.

Con estas modificaciones se espera reducir el tiempo de cada operación basada en aprietes y ajustes en aproximadamente 1 minuto, puede variar dependiendo del tipo de actividad. Los tiempos actualizados se mostrarán en la tabla de tiempos de a continuación.

Hay que destacar que las operaciones coloreadas son las que se realizan en paralelo y que además suponen una disminución del tiempo total del cambio de molde.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

HOJA DE OBSERVACIÓN									
HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPO									
Máquina	3	Referencia anterior		Referencia nueva		Fecha	19/5/20	Página nº:	1/2
Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO		OPERACIÓN INTERNA / EXTERNA	HERRAMIENTAS	DISTANCIA (mts.)	OBSERVACIONES		
		minut.	seg.						
1	Limpieza del puesto de trabajo	15		Externa	Cubo y mocho				
2	Desplazamiento almacén de moldes		20	Externa		15			
3	Búsqueda del molde en cuestión y herramientas necesarias	1		Externa					
4	Desplazamiento a la máquina con el molde		20	Externa		15			
5	Desplazamiento zona moldes para coger el carrito de herramientas		20	Externa		15			
7	Desplazamiento con el carrito de herramientas al puesto de trabajo		30	Externa		15			
8	Desapriete y retiradas del primer caparazón del molde		57	Interna	Herramienta multi-usos y martillo				
9	Desapriete y retirada del segundo caparazón del molde	1	25	Interna	Herramienta multi-usos y martillo			Tarda un poco más debido a que se coloca en un lugar de mayor difícil acceso	
10	Poner grasa en la máquina y en el molde retirado	1	25	Interna					
11	Desplazamiento a la zona de moldes para depositar el molde antiguo	-	-	Interna		15		Será una operación realizada por el operario no experto mientras el operario-técnico va realizando las actividades posteriores	
12	Desplazamiento al puesto de trabajo	-	-	Interna		15			
13	Asegurarse de las mediciones del molde a colocar	1		Interna	Regla de control			Si el molde es de gran tamaño, hacer más hueco en el interior de la máquina para poder maniobrar mejor y así tardar menos y evitar accidentes	
14	Engrasar el molde a colocar		47	Interna				No engrasar mucho ya que puede ensuciar la máquina	
15	Colocación del primer caparazón del molde y apriete del tornillo superior	1	45	Interna	Herramienta multi-usos				
16	Controlar si la altura a la que se ha puesto el molde es la adecuada		57	Interna	Regla de control				
17	Apriete de los demás tornillos		10	Interna	Herramienta multi-usos				
18	Colocación del segundo caparazón y apriete de los tornillos	2	5	Interna	Herramienta multi-usos			Aunque puede maniobrar peor, no es tanto la diferencia de tiempo debido a que tiene la referencia del otro caparazón	
19	Desplazamiento zona de parámetros		10	Interna		7			
20	Ajuste de parámetros del horno y encendido del mismo		30	Interna				Calentamiento del horno de 1 hora, pero no se tiene en cuenta ya que sucede mientras se va produciendo el cambio de molde	
21	Desplazarse a refrigeración y conectarla		10	Interna		7			
22	Desplazarse al puesto de trabajo		10	Interna		7			
23	Comprobar si a la hora de comprimir, los moldes cierran con mucha fuerza		29	Interna					
24	Desapriete de los tornillos internos de la hilera para que el soplador pueda desplazarse en altura	1	5	Interna	Herramienta multi-usos				
25	Desplazamiento para coger la escalera		5	Externa		5		Ya se encuentra en nuestro puesto de trabajo, por lo que no se contabiliza el tiempo (es externa)	
26	Desplazamiento con la escalera al puesto de trabajo		10	Externa		5		No se contabiliza ya el tiempo, debido a que previamente se ha traído la escalera	
27	Ajuste de la altura del soplador		30	Interna	Herramienta multi-usos			Depende también de la habilidad del operario, no solamente de la reducción de tiempos del ajuste gracias a la herramienta	
28	Cuando se da con la altura necesaria, apriete de tornillos		10	Interna	Herramienta multi-usos				
29	Comprobación a ojo del correcto funcionamiento en vertical del soplador		55	Interna				La rapidez de esta actividad depende de la experiencia del operario	

Tabla 6: Hoja de tiempos (1) actualizada.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

HOJA DE OBSERVACIÓN										
HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPO										
Máquina	3	Referencia anterior		Referencia nueva		Fecha	19/05/2020	Página nº:	2/2	
Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO		OPERACIÓN INTERNA /EXTERNA	HERRAMIENTAS	DISTANCIA (mts.)	OBSERVACIONES			
		minut.	seg.							
30	Comprobar la profundidad a la que debe llegar el soplador		30	Interna						
31	Configurar esa posición como la definitiva (apriete)	1	28	Interna	Herramienta multi-usos					
34	Quitar los muelles anteriores de la parte delantera	1	55	Interna	Herramienta multi-usos					
35	Engrasar los moldes usados en al producción anterior		22	Interna						
36	Desplazamiento sección de moldes		20	Interna		15				
37	Engrasar los muelles antiguos		30	Interna						No engrasar mucho ya que puede chorrear aceite y ensuciar el puesto de trabajo. Además de desgastar los muelles
38	Depositar los muelles antiguos y selección de los necesarios	2	11	Interna						
39	Desplazamiento zona de trabajo con los muelles adecuados		20	Interna		15				
40	Engrasar los nuevos muelles y la parte delantera del molde		38	Interna						
41	Colocación de los muelles en la parte superior del molde	3	50	Interna	Manual					Operación efectuada en el mismo carrito
42	Colocación y apriete de la parte superior del molde en el interior de la máquina	2	20	Interna	Herramienta multi-usos					
43	Comprobación de que está bien ajustado el embarrador completo		55	Interna	Herramienta multi-usos					
44	Colocación de la botella modelo en el molde		10	Interna						
45	Ajustar el nivel de la cinta por la que suelta la botella el expulsor	4	20	Interna						
46	Ajuste de barandillas de la cinta de goma	3	45	Interna	Herramienta multi-usos					Destacar que la cinta de goma está en mal estado
47	Ajuste en altura de la cinta externa que conecta con la de goma y que lleva al verificador	6	5	Interna	Herramienta multi-usos					
48	Comprobar si las botellas llegan correctamente al verificador y si es necesario modificar la altura	3	2	Interna						
51	Calibrar el sensor que detecta las botellas			Interna	Digitalmente					
52	Ajustar altura del soplador del control de calidad	2	50	Interna	Herramienta multi-usos					
53	Comprobar si funciona el control de calidad	1	52	Interna						
54	Vaciar el material que se había quedado del turno anterior			Interna	Escalera y cubo					
55	Repartir dicho material entre las otras máquinas			Interna	Cubo	20				
56	Desplazamiento almacén de materia primera para recoger material virgen			Interna		20				
57	Colocar nuevo material virgen en la mezcladora de la máquina en cuestión			Interna		15				
58	Antes de empezar el proceso de producción revisa el cambio realizado			Interna	Herramienta multi-usos y martillo					
59	Observa un error y emprende la acción correctiva			Interna	Herramienta multi-usos					
60	Establece los parámetros en el puesto central			Interna		7				
61	Poner una cortina en la zona del expulsor para que la colada sobrante no se esparza por la máquina	2	57	Interna						En este caso el jefe de planta se encarga de poner los parámetros mientras el operario-técnico pone la cortina en la zona del expulsor
62	Depositar el carrito de herramientas en el almacén de moldes		30	Externa		15				Se realiza cuando se ha producido ya la primera pieza buena
63	Máquina finalmente en marcha, operario espera a que salga la primera pieza buena	7		Interna		15				

Tabla 7: Hoja de tiempos (2) actualizada.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

Se ha conseguido reducir el tiempo de cambio de molde de 2 horas (aproximadamente) a 1 hora, 11 minutos y 57 segundos.

Al igual también se invertirá en realizar un curso de formación en un mes de forma intensiva para que al menos los dos operarios que se encuentran en el turno puedan realizar más operaciones en paralelo. Esto traerá consigo una doble ventaja que sería no depender solamente de un operario para realizar el cambio de molde. Así, los cambios de molde podrían ser en cualquier turno, por lo que la demanda de los clientes estará sujeta a menos restricciones y no se sobrecargará a un solo operario en realizar siempre este mismo de operaciones.

A continuación, se volverá a realizar el diagrama espagueti, pero actualizado. En este caso, no se tendrán en cuenta los desplazamientos realizados de las operaciones externas, ya que no reflejan el tiempo consumido en el cambio de molde. Así podremos observar si se ha reducido en más o menos medida los movimientos innecesarios.

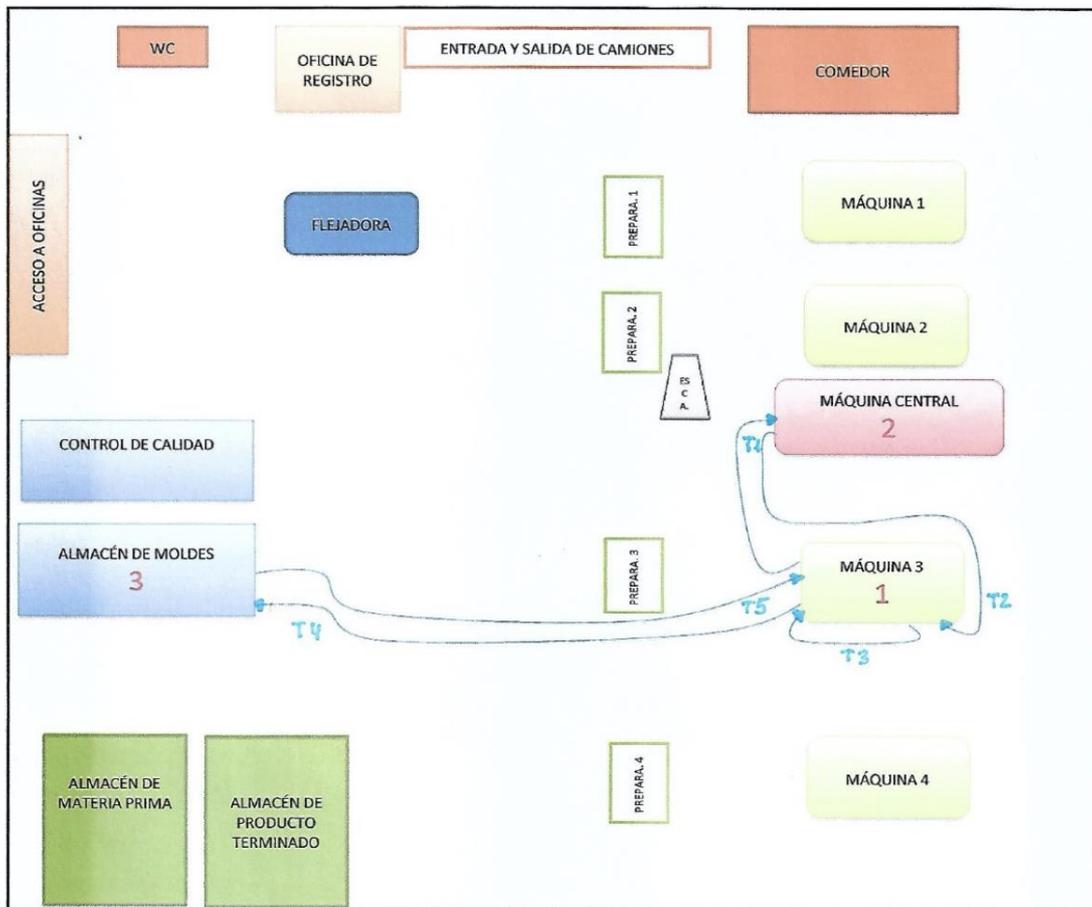


Ilustración 59: Diagrama espagueti post

Cabe destacar que, los movimientos se han visto reducidos en gran medida. Esto es debido a que algunos desplazamientos, que llevaba a cabo el operario-técnico en el anterior diagrama espagueti, se han reducido gracias a la implementación de operaciones en paralelo. Así por ejemplo las actividades 54, 55, 56, 57, que realizaba el operario-técnico, ya no son realizadas por este y así se puede dedicar a las actividades 58 y 59. Como en el diagrama se quiere mostrar la reducción del despilfarro se considera que el desplazamiento en paralelo que realiza el segundo operario (no experto) no se debe considerar desperdicio ya que se realiza mientras el operario-técnico realiza una operación que sí aporta valor añadido.

También he de destacar que gracias a que se prepara el puesto de trabajo antes de empezar el cambio de molde (operaciones externas ya indicadas en la hoja de tiempo (1) y (2)), no se contemplarán los desplazamientos realizados en las mismas. Esto es debido a que ya no formarán parte del cambio de molde ya que se realizan cuando la producción anterior sigue en funcionamiento.

La siguiente y última fase consiste en la estandarización de todo lo comentado anteriormente. Para ello, será fundamental representar físicamente todo el trabajo realizado y especificar la forma de trabajar que se solía tener frente a la que se desea obtener.

Para ello en cada una de las máquinas se colgará un corcho en el que los operarios puedan ver claramente la nueva forma de trabajar y así puedan eliminar los malos hábitos y adoptar los nuevos. Además, si lo necesitan podrán consultar de forma rápida el modo de trabajo o información que necesiten en cada momento.



Ilustración 60: Estandarización SMED

Como cualquier herramienta lean, es importante que además de adoptar el modo de trabajo se siga intentando mejorar, en este caso referente al

cambio de molde. Es por ello por lo que los operarios deben adoptar una actitud proactiva en la localización de nuevos problemas a resolver y nuevas ideas a implementar.

7. Cálculo del OEE y VSM final

Gracias a la implantación de las 5S, el SMED y la implantación de un nuevo sistema de gestión se espera reducir el tiempo que tarda la planta en transformar la materia prima en producto terminado preparado para su transporte, es decir, el tiempo de muelle a muelle, *dock to dock*(DTD). Gracias a la disminución del DTD, se conseguirá también aumentar el RVA (ratio de valor añadido) ya que se reduce el tiempo de las actividades que no proporcionan valor añadido al cliente.

El DTD que se obtuvo con el análisis de la situación actual fue de 188,384 horas, pero gracias a la reducción de los inventarios procedentes de los almacenes controlados e incontrolados, se espera reducir dicha cantidad.

También gracias a la realización del SMED se ha conseguido reducir la duración del cambio de molde de 2 horas (aproximadamente) a 1 hora, 11 minutos y 57 segundos. Al reducir dicho tiempo, aumentará el tiempo operativo de la máquina y con ello mejorará tanto la disponibilidad como la eficiencia de esta (esta segunda ya que llegará un mayor número de unidades entrantes a los procesos). Todo esto, repercutirá finalmente, a un aumento del OEE.

Gracias a las ventajas obtenidas en las 5S (explicadas anteriormente en la descripción de dicha herramienta) se conseguirá un aumento del OEE de las máquinas, ya que se reducen los tiempos muertos, dedicados a limpieza y mantenimiento de máquinas; se reducen los desplazamientos innecesarios de los operarios; se libera espacio de la planta; mejora en el control de stocks, entre otros. Todo ello repercutirá positivamente en el OEE de las máquinas porque, al igual que en el SMED, se consigue reducir el tiempo operativo (al reducir el tiempo dedicado a limpieza y mantenimiento, por ejemplo) y con ellos aumenta la disponibilidad y eficiencia de las máquinas, como he comentado anteriormente.

Si se consigue cambiar los proveedores a unos más fiables, cuyas entregas sean a tiempo y, además, se consigue implantar un sistema de gestión, que sea capaz de equilibrar las entregas de los proveedores con los pedidos de los clientes. Esto podrá conllevar a una disminución del nivel de inventario, tanto de materia prima como de producto terminado, ya que se podrá

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

retrasar los pedidos de los proveedores y sincronizarlos con los pedidos de los clientes.

También se espera eliminar por completo todas las acumulaciones de material (entre procesos), donde no se controla ni la entrada ni salida de este, para que así los procesos produzcan siempre en consonancia que los procesos que tienen por delante y por detrás de la línea.

La reducción de los stocks producirá una disminución del DTD, como ya he comentado anteriormente. Además, se liberará espacio en planta, lo cual puede proporcionar las siguientes ventajas.

- Reducción de los costes financieros
- Reducción de costes logísticos
- Se llevará un mejor control de los stocks por lo que se podrá reducir la obsolescencia.
- Se reduce el nivel de inventario por lo que podremos mantener stocks de muchos tiempos y no acaparar solo de uno quedándonos quizás sin espacio para otros también importantes.
- Al reducir el nivel de inventario puede llegar a aumentar el nivel de servicio al cliente, paradójicamente. Esto es debido a que quizás estamos manteniendo un nivel de inventario de cierto producto que para el cliente ya no es útil y no demanda de ello. Esto impide centrarse en otras referencias más útiles para el cliente hoy día.

En cuanto al FTT, como ya era muy elevado se espera como mínimo mantenerlo.

A continuación, se calcularán los indicadores con los nuevos datos.

Expulsor

Las unidades entrantes aumentan gracias al aumento en la capacidad de la producción y se reducen los *scraps* a 2 unidades. De esta forma el FTT es el resultante:

$$FTT = \frac{5.000 - 2}{5.000} = 0,9996 = 99,96 \%$$

Se reduce también el tiempo de mantenimiento y limpieza del puesto de trabajo, gracias a la nivelación y estandarización del trabajo de limpieza

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

llevado a cabo en la tercera etapa de las 5S. Así podemos obtener una disponibilidad de:

$$Dispo = \frac{24 - \frac{50}{60}}{24} = 0,993 = 99,3\%$$

La eficiencia también se verá aumentada gracias al incremento de la capacidad de producción que permite que un mayor número de unidades entren en el proceso cada hora. En este caso, como se ha visto en el FTT, se aumenta a 5.000 unidades. Lo cual permite obtener una eficiencia de:

$$Eficiencia = \frac{7 \frac{seg}{bot} * 1 \frac{h}{3600seg} * 5.000 bot}{23,83} = 0,40 = 40\%$$

Por lo que obtenemos un OEE final de:

$$OEE = 0,9996 * 0,993 * 0,40 = 0,405 = 40,5\%$$

Horno

$$FTT = 100\%$$

La disponibilidad se ve aumentada por que se dispone de un mayor tiempo para producir gracias a la reducción de los tiempos de limpieza, mantenimiento y la reunión que se efectuaba para determinar que órdenes llevar a cabo en función de los pedidos obtenidos. Esta última se ha podido eliminar gracias al nuevo sistema de gestión implantado. Ahora los operarios mientras el horno se va calentando consultan dicha base de datos para obtener las órdenes necesarias para al menos los dos primeros turnos. Si les sobra tiempo efectúan preparación de pedidos del turno de la noche y otras labores que consideren oportunas, como limpieza u orden de los puestos de trabajo. Así, las paradas imprevistas se han eliminado y solo queda la parada prevista del horno que es de 1 hora. Obteniendo una disponibilidad de:

$$Dispo = \frac{24h - 1 h}{24 h} = 0,958 = 95,8\%$$

Las unidades entrantes son las mismas que en el proceso anterior ya que están regulados por un sistema FIFO y lo que sale del horno entra directamente al expulsor, por lo que son también producto semielaborado para 5.000 botellas.

$$Eficiencia = \frac{8 \frac{seg}{bot} * 1 \frac{hora}{3600 seg} * 5.000 bot}{23 horas} = 0,48 = 48\%$$

Por lo que, se obtiene un OEE final de:

$$OEE = 1 * 0,958 * 0,480 = 0,462 = 46,2 \%$$

Mezcladora

En la mezcladora solo se produce un aumento de la disponibilidad y en consecuencia una pequeña disminución de la eficiencia, debido a un aumento del tiempo operativo ya que se reducen las labores de limpieza y mantenimiento de 0,5 horas a 0,2 horas.

$$FTT = \frac{50 \text{ kg} - 1 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 98\%$$

$$Dispo = \frac{24 \text{ h} - 0,2 \text{ h}}{24 \text{ h}} = 0,9916 = 99,16 \%$$

$$Eficiencia = \frac{0,12 \frac{\text{seg}}{\text{botella}} * 1 \frac{\text{hora}}{3600 \text{ seg}} * 7642 \text{ bot}}{23,8 \text{ h}} = 0,0107 = 1,077 \%$$

Por lo que se obtiene, aproximadamente el mismo OEE, debido a los pequeños cambios que se producen en esta sección que prácticamente independiente.

$$OEE = 0,98 * 0,9916 * 0,0107 = 0,0103 = 1,04 \%$$

Como se puede observar gracias a los cambios introducidos que se producen a raíz de las herramientas de mejora continua implantadas y la inversión realizada de las mejoras que proporcionan se produce un incremento de los OEE de todos los procesos, excepto de este último que se mantiene.

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner - curso acadèmico: 2019-2020

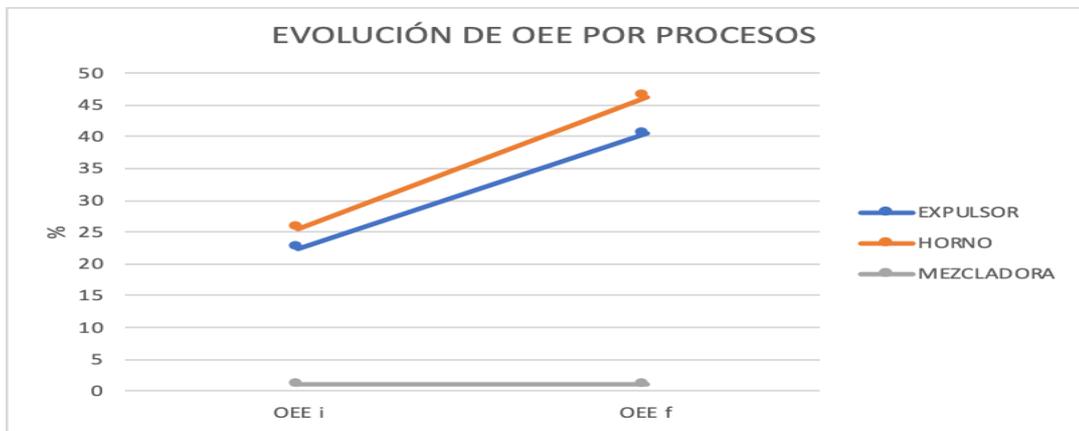
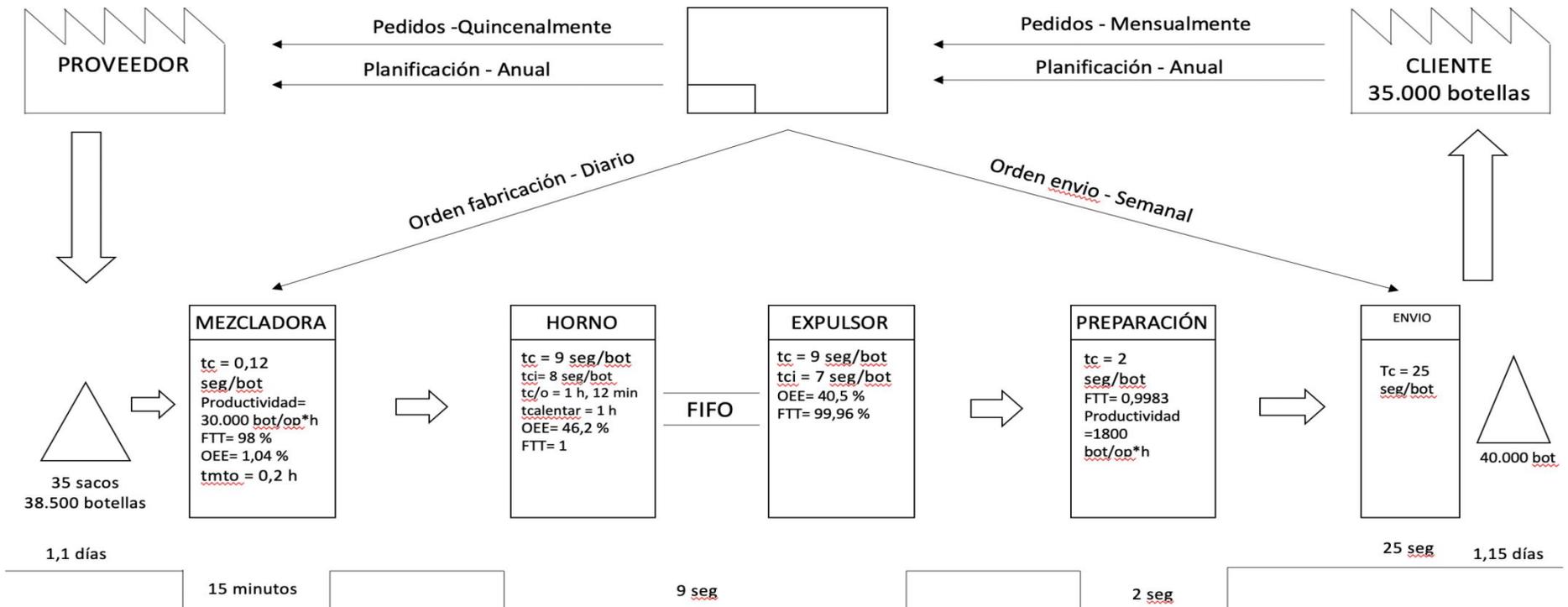


Ilustración 61: Evolución OEE por procesos

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner - curso académico: 2019-2020



$TAKT = 24/35000 = 0,000686 \text{ h/pz} = 2,47 \text{ seg/bot}$
 $FTT \text{ línea} = 0,98 \times 1 \times 0,9996 \times 0,9983 = 0,9779 = 97,79\%$
 $DTD = (1,1 \times 24) + (15/60) + (9/3600) + (2/3600) + (25/3600) + (1,15 \times 24) = 54,276 \text{ horas}$
 $Rva = ((15/60) + (9/3600) + (2/3600)) / 54,276 = 0,005 = 0,50\%$

Ilustración 62: VSM final.

8. Presupuesto

Tras el uso de las herramientas de mejora continua 5S y SMED analizados los resultados procedentes del VSM se pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una serie de inversiones que llevarán a producir ahorros de costes en los distintos procesos.

A continuación, se mostrarán los presupuestos relacionados con: recursos humanos, materiales y otros materiales.

Hay que destacar que los costes referentes a los recursos humanos han sido obtenidos gracias a la orientación del responsable de dicho departamento en la empresa, donde las horas de realización del proyecto se han obtenido debido a que la duración de cada crédito del trabajo final de grado debe ser de entre 25 y 30 horas, lo cual hace un total de aproximadamente 400 horas en total.

Recursos humanos

CONCEPTO	Nº HORAS	COSTE/HORA	COSTE TOTAL
Encargado proyecto	400 horas	3,75 €/h	1.500 €
Formación en el c/o	20 horas	25,00 €/h	500 €
TOTAL			2.000 €

Tabla 8: Presupuesto RRHH.

Materiales

CONCEPTO	UNIDADES	TASA ESTÁNDAR	CTE. TOTAL
Herramientas multi-usos	5	3,40 €	17 €
Estandarizar tamaño fijaciones (*)	-	-	7.500 €
Comprar cinta de goma máq. 3	1	1.500,0 €	1.500 €
Cajones transparentes	20	12,5 €	250 €
Renovación escalera altillo	1	4.500,0 €	4.500 €
Auriculares protección auditiva	6	8,1 €	48,6 €
Renovación herramientas desgastadas (**)	20	-	300 €
Caja transparente 56x39x28 cm	10	5,0 €	50 €
Pila curvada mármol	1	199,0 €	199 €
Instalación de la pila	1	500,0 €	500 €
TOTAL			14.865 €

Tabla 9: Presupuesto materiales.

(*) Debido a que hay un gran número de fijaciones en las diferentes máquinas, no se podría decir un número exacto de fijaciones a cambiar, por lo que se hablará de un coste total. Este coste está obtenido por orientación

del jefe de línea. Según él es una operación laboriosa ya que muchos de los ajustes se producen a nivel interno de las máquinas, por lo que su coste es elevado.

(**) Es difícil estimar el número de herramientas que están desgastadas en total en toda la empresa por lo que el jefe de línea me ha sugerido establecer una media en euros que es la que se muestra en la tabla. No es un precio exageradamente elevado ya que las herramientas que encontramos son muy básicas, como: llaves inglesas, juegos de llaves allen, martillos, entre otros.

Finalmente encontramos el presupuesto de “Otros recursos”, aquí se destaca la implantación de un sistema de gestión, donde todo está digitalizado (órdenes de producción, calendario de suministro de proveedores, pedidos de clientes...). Esto sustituirá al medio tradicional que tenían actualmente donde todo se llevaba a cabo físicamente.

Otros recursos

CONCEPTO	COSTE
Sistema de gestión (***)	15.000 €

Tabla 10: Presupuesto otros recursos.

(***) Para la obtención del coste del sistema de gestión a implantar no solo se debe tener en cuenta el coste en sí del producto, sino también su posterior mantenimiento informático, realización de actualizaciones, soporte técnico, entre otros.

Presupuesto global

PRESUPUESTO RRHH	2.000 €
PRESUPUESTO MATERIALES	14.865 €
PRESUPUESTO OTROS RECURSOS	15.000 €
PRESUPUESTO TOTAL	31.865 €

Tabla 11: Presupuesto total.

9. Valoración del proyecto de inversión

Con las inversiones previstas se espera reducir algunos costes de la empresa. Así, se reduce el coste de aprovisionamiento (materiales) al aminorar el stock en el almacén. La mayor eficiencia de los procesos, por las distintas medidas propuestas, así como la revisión de los contratos con los proveedores, al objeto de conseguir mayor seguridad y flexibilidad, lleva a

que el volumen de existencias necesarias para llevar a cabo la actividad se reduzca.

Con ello, se consigue reducir el coste financiero, gracias que se disminuye la frecuencia con la que la empresa realiza pedidos a sus proveedores. Además, un menor volumen de existencias en almacén implica menores necesidades de financiación y por tanto reduce los costes financieros de la entidad.

También se consigue reducir el coste logístico, ya que, al haber menos cantidad de inventario, se mejora el control y la manipulación del stock existente y habrá menos obsolescencia.

Teniendo en cuenta los datos de las cuentas anuales del cierre del último ejercicio aprobado por la junta general, correspondiente a 2018, la empresa espera obtener con la inversión realizada, gracias a las herramientas de mejora continua, al menos un 10% más, del EBITDA de ese ejercicio.

Cabe destacar, que la empresa, pone como restricción que el proyecto suponga una recuperación de la inversión en al menos el quinto mes, sino la empresa no vería como rentable dicha inversión.

Pay-Back (Periodo de retorno de la inversión)

Teniendo en cuenta que la inversión a realizar por la empresa asciende a 31.865 € y que los flujos de caja que se producirán en los próximos meses, en base a los últimos datos publicados del ejercicio de 2018, en la tabla siguiente se recogen los *Qdi* (flujos de caja) y el cálculo del *pay-back*, para conocer cuando la empresa recuperará la inversión a realizar.

PERIODO (MES)	FLUJO CAJA (Qdi)	RESULTADO
1	+ 7.685,6 €	- 24.179,4 €
2	+ 8.100,0 €	- 16.069,4 €
3	+ 8.350,0 €	- 7.729,4 €
4	+ 8.600,0 €	+ 870,6 €

Tabla 12: Pay-back.

1 mes → 8.600,0 €

X meses → 7.729,4 €

Realizando la regla de tres, obtenemos que se recuperara la inversión al tercer mes y pasado 27 días. Por lo que cumple los 5 meses máximos de retorno que puso la empresa como regla para poder realizar la inversión.

10. Conclusiones

A la vista de todo lo anterior, se puede concluir en qué medida se han cumplido los objetivos planteados en el punto 1.3 Objetivos.

Uno de los principales retos que se ha planteado en la empresa es conseguir la excelencia en lo que a mejora continua se refiere, para así poder mejorar la eficiencia de la línea de producción para poder hacer frente al incremento de demanda debido a la situación excepcional del COVID-19, sumado a la llegada del verano, donde ya de por sí la demanda suele aumentar con respecto a las demás estaciones del año.

Para ello, se planteó realizar en primer lugar un VSM (*Value Stream Map*) con el objetivo de conocer la situación actual de la empresa y así plantear las primeras medidas de mejora continua que contribuyan a la mejora de los indicadores obtenidos en el VSM. A partir de estos indicadores y de la realización gráfica del VSM se observaron distintos puntos de mejora, entre los que podemos destacar: elevado tiempo de cambio de molde en el horno, poco orden en determinadas secciones de la fábrica, limpieza no estandarizada, inventarios elevados (tanto de producto terminado como de materia prima) y un OEE bajo de las máquinas.

De esta forma, se propone en primer lugar la realización de las 5S que mejoren la seguridad, la calidad y la productividad de toda la planta e inicie el camino hacia la mejora continua y la estandarización del trabajo. Además, también se eligió las 5S debido al desorden, la falta de limpieza y disciplina de los operarios en el cuidado de los distintos puestos de trabajo de la planta.

Asimismo, al realizar el VSM, se observó que el operario experto en realizar el cambio de molde tardaba un tiempo excesivo en esa actividad. De esta manera se propuso llevar a cabo la metodología SMED en dicho cambio para intentar reducir el tiempo gracias a la conversión de actividades internas en externas, entre otras operaciones.

También se observó que, en dicho cambio de molde, el operario realizaba una gran cantidad de desplazamientos. Por ello, se efectuó un diagrama espagueti para representar los movimientos del operario y determinar cuáles de ellos son innecesarios (uno de los 7 desperdicios) y, por tanto, deberían ser eliminados.

Gracias a la representación del VSM se observa la gran cantidad de producto terminado y materia prima que almacena la empresa como stock. Para ello, se propone invertir en la compra de un sistema de gestión, lo cual

permitirá reducir la obsolescencia y caducidades; ahorro en costes logísticos ya que no se ocuparán huecos por parte de referencias que ya no son útiles para los clientes; será capaz de controlar las salidas y entradas de inventario, es decir, sincronizar los pedidos de clientes y las entregas por parte de los proveedores; mejorará el control del stock; entre otras ventajas. En consecuencia, se reducirá la sobreproducción que efectúa la empresa que también forma parte de uno de los 7 desperdicios que se pueden producir en las empresas industriales.

Dichas mejoras terminarán por producir un OEE mayor en cada uno de los procesos, excepto en la mezcladora que se mantiene, como se puede ver a continuación:

Procesos	OEE (antes de mejoras)	OEE (post mejoras)
Mezcladora	1,04 %	1,04 %
Horno	25,50 %	46,20 %
Expulsor	22,50 %	40,50 %

Tabla 13: Comparación de OEE's.

De esta forma, gracias al incremento del OEE, se podrá aumentar el ritmo de producción para afrontar el aumento de la demanda comentado anteriormente.

Por último, se establecieron los presupuestos que serían necesarios para acometer las distintas mejoras, propuestas gracias a la implantación de las herramientas de mejora continua, cuyo importe total asciende a 31.865 €.

A raíz de dicho presupuesto y de los flujos de caja que la empresa espera obtener en los próximos meses de haber realizado la inversión, se obtiene que la empresa la recuperara a los 3 meses y 27 días.

Con todo ello, las mejoras planteadas, que permiten hacer frente al incremento de la demanda, son factibles para la empresa al cumplir con el requisito propuesto por ella respecto *pay-back* (recuperación) de la inversión y establecer un sistema de mejora en todas las secciones de la planta que contribuye al aumento de la eficiencia del sistema de producción.

11. Bibliografía

11.1 Libros de texto

K. Liker, J. (2010). *Las claves del éxito de TOYOTA*. Barcelona. España: Gestión 2000

Rother, M., Shook, J. y Brookline, M. (2003). *Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Barcelona. España: Lean Enterprise Institute

Serra, V.S. (2003). *Contabilidad de costes. Cálculo, análisis y control*. Valencia. España: Tirant Lo Blanch.

11.2 Páginas web

Berganzo, J. (7 de noviembre de 2016). Lean Manufacturing. Sistemas OEE. <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>. [Consulta: 15 de abril de 2020].

Del Vigo, I. y Villanueva, J. (28 de febrero de 2009). Reducción de tiempos de fabricación en el sistema SMED. *Técnica Industrial*. <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-2364-reduccion-tiempos-fabricacion-sistema-smed.aspx>. [Consulta: 5 de mayo de 2020]

Estévez, R.(28 de agosto de 2019). Datos sobre la contaminación que causa el plástico. Ambientum, Residuos. <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp>. [Consulta: 25 de marzo de 2020]

GESTER (21 de octubre de 2019). Máquinas mezcladoras de plástico. Funciones dentro de una planta recicladora. <https://www.gester.es/maquinas-mezcladoras-plastico/>. [Consulta: 2 de abril de 2020]

Jacob, B. (11 de octubre de 2017) Diagrama de Spaghetti - Identificación de recorridos. [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=rNcCeTBeeN8>.

MTM Ingenieros (s.f.). MTM ingenieros para la mejora continua. ¿Qué es el SMED? <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>. [Consulta: 4 de mayo de 2020].

TFG-GIOI (UPV-ETSII) - Carlos Gago Giner – curso académico: 2019-2020

PDCA Home (20 de junio de 2013). Como dibujar y qué es un diagrama espagueti o spaghetti chart. <https://www.pdcahome.com/4726/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de-espagueti-o-spaghetti-chart/>. [Consulta: 10 de mayo de 2020]

Plastidel (s.f.). Página web corporativa. <https://www.plastidel.com/>. [Consulta: 20 de marzo de 2020].

Progressalean (15 de abril de 2014). ¿Qué es el SMED?. <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>. [Consulta: 6 de mayo de 2020].