

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE  
ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"ESTUDIO SOBRE LA IMPLANTACIÓN  
DEL LEAN MANUFACTURING Y  
AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
EMPRESA DE REUTILIZACIÓN DE  
CAUCHO "

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre 2021

AUTOR: Antonio Navarro Cánovas

DIRECTOR: Abel Riquelme Navarro Arcas

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ¿QUÉ ES EL LEAN MANUFACTURING? .....	9
2.1. Definición del Lean Manufacturing.....	9
2.2. Estructura del sistema Lean Manufacturing .....	10
2.2.1. El techo: excelencia de operaciones .....	11
2.2.2. Los pilares: JIT y Jidoka.....	12
• Just In Time.....	12
• Jidoka .....	12
2.2.3. Cimientos.....	13
• Estandarización .....	13
• Producción nivelada.....	13
• Kaizen.....	13
• Factor humano:.....	14
• VSM.....	14
• 5S.....	14
• SMED.....	15
• TPM.....	16
• Kanban .....	17
• Gestión visual.....	17
• KPI'S.....	17
2.3. Los 5 principios del Lean Manufacturing.....	18
2.3.1. Identificar el valor para el cliente.....	18
2.3.2. Identificar el flujo o cadena de valor.....	18
2.3.3. Hacer que el valor fluya.....	19
2.3.4. Sistema Pull .....	19

2.3.5. Buscar la perfección .....	19
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>20</b>
3.1. Descripción de la empresa. ....	20
3.2. Material que se trabaja en la empresa .....	21
3.3. Distribución de la empresa.....	23
3.3.1. Zona de triturado .....	24
• Guillotinas .....	24
• Molino triturador .....	25
• Ensacadora .....	26
3.3.2. Zona de mezclado.....	26
• Bambury .....	27
• Extrusora .....	28
3.3.3. Zona de conformado.....	29
• Calandra .....	29
• Secadores.....	29
• Máquinas de corte .....	30
<b>4. ACTUACIONES GENÉRICAS PARA TODA LA PLANTA.....</b>	<b>31</b>
4.1. TPM .....	31
4.1.1. Ejemplo de mantenimiento preventivo.....	31
4.1.2. Hoja de control de mantenimientos realizados.....	37
4.2. Estandarización.....	38
4.3. 5S.....	43
4.3.1. Seiri (Eliminar).....	43
4.3.2. Seiton (Ordenar).....	43
4.3.3. Seiso (Limpiar).....	44
4.3.4. Seiketsu (Estandarizar).....	45
4.3.5. Shitsuke (Disciplina).....	46

4.4.	Instalación de mejoras puntuales.....	47
4.4.1.	Encendido programado.....	47
4.4.2.	Control de estado de la máquina.....	48
4.4.3.	Instalar iluminación LED.....	48
5.	Actuaciones específicas.....	49
5.1.	Zona de triturado.....	49
5.1.1.	Guillotinas.....	49
5.2.	Zona de mezclado.....	50
5.2.1.	Aditivos.....	50
5.2.2.	Cambio de pistón del Bambury.....	51
5.2.3.	Señal entre el bambury y la extrusora.....	51
5.3.	Sistema de almacenaje.....	53
6.	Automatización del proceso.....	55
6.1.	Descripción de la disposición prevista.....	56
6.1.1.	Zona de triturado.....	56
6.1.2.	Zona de mezclado.....	57
6.1.3.	Zona de conformado.....	58
6.2.	Beneficios e inconvenientes.....	59
7.	Eficiencia general de los equipos (OEE).....	61
7.1.	¿Cómo se calcula el OEE?.....	61
7.2.	Cálculos de las distintas situaciones.....	63
7.2.1.	Cálculos de la situación actual.....	63
7.2.2.	Cálculos de la aplicación de las herramientas Lean.....	67
7.2.3.	Cálculos de la automatización de la planta.....	68
7.3.	Comparativa entre las tres opciones.....	70
8.	Conclusión.....	70
9.	Bibliografía.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>ILUSTRACIÓN 1: IMPORTANCIA DEL CLIENTE</i> .....	9
<i>ILUSTRACIÓN 2 : La Casa del sistema de producción de Toyota</i> .....	11
<i>ILUSTRACIÓN 3: OEE</i> .....	16
<i>ILUSTRACIÓN 4: PRINCIPIOS LEAN</i> .....	18
<i>ILUSTRACIÓN 5: DISTINTOS TIPOS DE CACHOS</i> .....	20
<i>ILUSTRACIÓN 6: FÓRMULA DE CAUCHO</i> .....	21
<i>ILUSTRACIÓN 7: DISPOSICIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA</i> .....	23
<i>ILUSTRACIÓN 8: GUILLOTINA</i> .....	25
<i>ILUSTRACIÓN 9 :MOLINO TRITURADOR</i> .....	25
<i>ILUSTRACIÓN 10: ENSACADORA</i> .....	26
<i>ILUSTRACIÓN 11: BAMBURY</i> .....	27
<i>ILUSTRACIÓN 12:EXTRUSORA</i> .....	28
<i>ILUSTRACIÓN 13: CALANDRA</i> .....	29
<i>ILUSTRACIÓN 14: SECADORES</i> .....	30
<i>ILUSTRACIÓN 15: CORTADORA</i> .....	30
<i>ILUSTRACIÓN 16: CÁMARA MEZCLADOR</i> .....	32
<i>ILUSTRACIÓN 17: DEPÓSITOS DE GRASA</i> .....	32
<i>ILUSTRACIÓN 18: LUBRICACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO</i> .....	33
<i>ILUSTRACIÓN 19: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</i> .....	33
<i>ILUSTRACIÓN 20: SISTEMA HIDRÁULICO</i> .....	34
<i>ILUSTRACIÓN 21: SEGURIDADES BAMBURY</i> .....	36
<i>ILUSTRACIÓN 22: DESGASTE ROTORES</i> .....	36
<i>ILUSTRACIÓN 23: HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS</i> 37	37
<i>ILUSTRACIÓN 24: HOJA DE MÉTODO BAMBURY 1</i> .....	39
<i>ILUSTRACIÓN 25: HOJA DE MÉTODO BAMBURY 2</i> .....	40
<i>ILUSTRACIÓN 26: HOJA DE MÉTODO BAMBURY 3</i> .....	41
<i>ILUSTRACIÓN 27: HOJA DE MÉTODO DEL BAMBURY 4</i> .....	42
<i>ILUSTRACIÓN 28: HOJA DE LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO</i> .....	45
<i>ILUSTRACIÓN 29: EJEMPLO DE ORGANIZACIÓN</i> .....	46
<i>ILUSTRACIÓN 30: EJEMPLO DE LUCES DE CONTROL DE ESTADO</i> .....	48
<i>ILUSTRACIÓN 31: FLEJE DE LA GUILLOTINA</i> .....	49

*ILUSTRACIÓN 32: VERTIDO DEL BAMBURY EN LA EXTRUSORA* ..... 52

*ILUSTRACIÓN 33: IDENTIFICACIÓN DE MANTAS*..... 53

*ILUSTRACIÓN 34: SITUACIÓN AUTOMATIZADA VS SITUACIÓN ACTUAL*..... 55



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL OEE</i> .....	62
<i>Tabla 2: OEE GUILLOTINAS SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	63
<i>Tabla 3: OEE MOLINO SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	64
<i>Tabla 4: OEE ENSACADORA SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	64
<i>Tabla 5: OEE BAMBURY SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	65
<i>Tabla 6: OEE EXTRUSORA SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	65
<i>Tabla 7: OEE CALANDRA SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	66
<i>Tabla 8: OEE CORTADORAS SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	66
<i>Tabla 9: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL</i> .....	67
<i>Tabla 10: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN POST APLICACIÓN LEAN</i> .....	68
<i>Tabla 11: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN POST AUTOMATIZACIÓN</i> .....	69
<i>Tabla 12: COMPARATIVA DE LOS DISTINTOS OEE</i> .....	70



## **INTRODUCCIÓN.**

Debido a la elevada competitividad presente en la actualidad, destacando sectores como el industrial, es de vital importancia el invertir en sistemas de mejora de la productividad.

A lo largo del siguiente trabajo se estudiará la situación de una empresa con maquinaria antigua, de carácter anónimo, dedicada a la reutilización de caucho proveniente de otros sectores y la serie de mejoras que se le pueden aplicar para mejorar la situación actual.

Los datos expuestos se han conseguido desde la propia fábrica pese a que algunos se hayan modificado un poco. Esto es debido a que muchos no han sido proporcionados por la empresa y son realizados por mí y alguno que sí es real ha sufrido leves cambios para no filtrar datos auténticos.

Se explicará como funciona la filosofía Lean manufacturing con sus respectivas herramientas. Posteriormente, y tras haber explicado como es el proceso actual que se sigue en la empresa, se procederá a estudiar la implementación de las herramientas Lean junto con otra serie de mejoras puntuales en la fábrica actual. Tras la aplicación Lean se estudiará cómo se podría mejorar la planta con la automatización y el cambio de distribución de la maquinaria actual.

Una vez expuestos los diversos casos se calculará la eficiencia general de los equipos, para ver como se aprecian los cambios en cada máquina en concreto y de la planta en general para compararlos entre ellos.

El objetivo es poder determinar al final de este trabajo si realmente merece la pena el emplear en este ejemplo las mejoras propuestas y cuál de ellas es mejor en este caso particular.

## 1. ¿QUÉ ES EL LEAN MANUFACTURING?

### 1.1. Definición del Lean Manufacturing.

El Lean Manufacturing es un sistema de gestión del trabajo que se basa en las personas y consiste en eliminar del proceso productivo todo aquello que no aporta valor al producto y que supone más recursos de los necesarios para que finalmente no varíe lo que llega al cliente. Algunos ejemplos de estos desperdicios son: sobreproducción, largo tiempo de espera, exceso de procesamiento, transporte y defectos.

Debe ser llevada a cabo por toda la empresa desde la dirección hasta los trabajadores siendo lo más importante el cliente, que debe ser la piedra angular sobre la que se desarrolle todo.



*ILUSTRACIÓN 1: IMPORTANCIA DEL CLIENTE*

En la actualidad y con toda la competitividad presente en todos los ámbitos, una empresa que pretenda rivalizar con el resto debe tener muy en cuenta el modelo de gestión Lean Manufacturing, modelo que nació en la industria del automovilismo, concretamente en el sistema Just in Time (JIT) desarrollado por Toyota en los años 50 y que se ha expandido a diversos sectores. Ha demostrado ser un valor fundamental para la supervivencia de las organizaciones.

Tras este método existe toda una filosofía que va más allá de un simple método de mejora de la productividad de la empresa. El Lean Manufacturing es aplicable a cualquier tipo de industria, incluidas algunas que podría parecer que no, como es el caso del sector servicios. Es un pensamiento que está en continua evolución debido a los conocimientos que se van adquiriendo y a la adaptación de diversas técnicas.

En España cada vez se emplea más el Lean, aunque aún sea desconocido para muchas empresas, también existen algunas que no creen que su aplicación les pueda suponer beneficios que perduren en el tiempo, pese a que se haya comprobado que tiene resultados muy positivos tanto en empresas grandes como en empresas más pequeñas.

## **1.2. Estructura del sistema Lean Manufacturing**

En resumen, el Lean actúa principalmente en eliminar lo que se catalogue como desperdicio del proceso empleando para ello una serie de técnicas. Debido a la gran cantidad de métodos, principios y fundamentos en los que se basa, es difícil reflejarlos todos ya que no existe un criterio que estipule cuales de ellos son asociados a la cultura Lean de forma genérica.

Por lo anteriormente mencionado, para representar de forma simplificada la estructura del sistema Lean Manufacturing, se empleará el esquema de “La Casa del sistema de producción de Toyota”. Este sistema actúa como una metáfora en la cual nos encontramos con la forma de una casa representando que la estructura es fuerte si los cimientos y las columnas de esta lo son ya que si un elemento da problemas este podría causar que se desmorone el sistema.

Dividiremos la casa en tres partes tal y como se puede apreciar en la imagen siguiente, estas partes serán: la base, las columnas que la mantienen y el techo u objetivo a lograr.

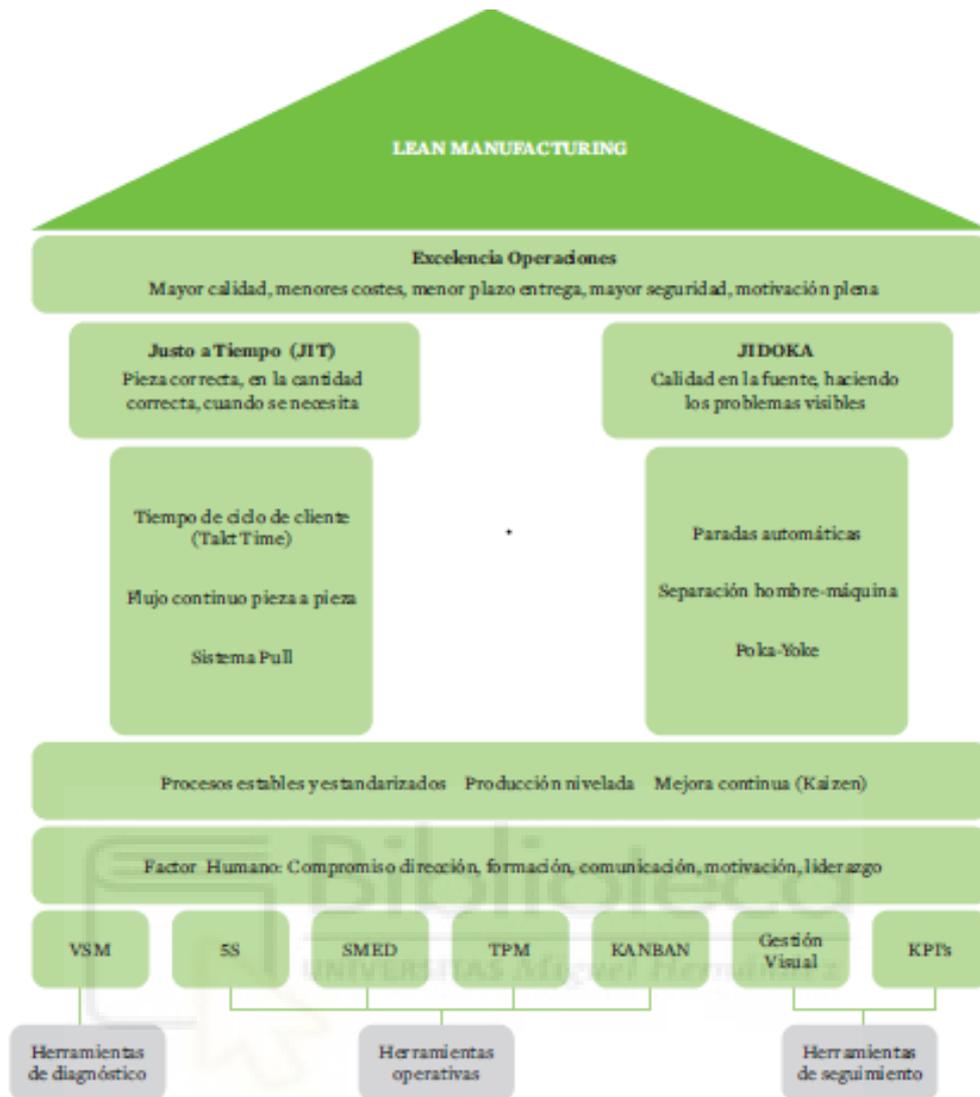


ILUSTRACIÓN 2 : LA CASA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TOYOTA

### 1.2.1. El techo: excelencia de operaciones

El techo es el objetivo al que se quiere llegar, para ello se precisa de una buena base y unos pilares consistentes que eviten que se caiga lo que hay en la parte superior. Pero ¿qué representa el techo? Con la aplicación del método Lean lo que queremos conseguir es una serie de mejoras estables en el tiempo, algunas de estas mejoras son obtener una calidad superior a la actual, reducir Lean los costes en el proceso, que el tiempo que se tarda en entregar el producto se reduzca, menor cantidad de fallos...

Estas cualidades como son el coste, la calidad o entrega a tiempo, son el motivo de que el producto final tenga el valor suficiente para ser elegido por el cliente. Por tanto,

es fundamental mantener dichos aspectos a lo largo de todo el proceso productivo para conseguir que el cliente esté satisfecho.

### **1.2.2. Los pilares: JIT y Jidoka**

Las columnas que sostienen el techo del esquema de la casa Toyota son dos muy importantes: el Just in Time (JIT) y el Jidoka

- Just In Time

El Just In Time (JIT), que se traduce al español como justo a tiempo, es una de las herramientas Lean más conocidas, esta se basa en la eliminación de los desperdicios produciendo solo la cantidad que sea necesaria fabricar y cuando sea preciso elaborarla.

Los numerosos procesos que hay que llevar a cabo se deben realizar al mismo ritmo, de forma que cuando acabe uno comience el siguiente y unos dependan de otros evitando acumulaciones. Además, el ritmo que se sigue debe ir sincronizado con la demanda que impone el cliente del producto, evitando la sobreproducción que puede ocasionar problemas de almacenaje como deterioro, acumulación, lenta adaptación al mercado y otros problemas imprevistos.

- Jidoka

Por otro lado, nos encontramos con el término japonés Jidoka que significa “automatización con toque humano” cuyo objetivo es desarrollar el proceso con calidad y no ser necesaria una inspección al final del producto.

El proceso sufrirá su propio control: cuando exista un problema que no se puede resolver con facilidad se detendrá toda la línea, este problema que puede ser detectado tanto por los operarios como por sistemas integrados en la maquinaria evita que piezas con defectos avancen. Con este sistema los propios operarios son responsables de la calidad del producto en su puesto de trabajo controlándose más el proceso que el resultado final.

### 1.2.3. Cimientos

Los cimientos de la estructura Lean están formados por numerosos métodos que forman una sólida base, teniendo que estar bien estudiados para poder ser empleados de la mejor forma posible. Estos métodos son los siguientes:

- Estandarización

En la filosofía Lean se entiende como estandarización a la elaboración de gráficas o cualquier tipo de explicación que permita que se realicen las tareas de forma rápida y eficaz aportando el conocimiento necesario del entorno (material, máquinas, métodos...). Los estándares que se realizan siempre deben estar abiertos a cambio, no ser un fenómeno inamovible, también serán simples y de obligado cumplimiento.

- Producción nivelada

Consiste en que todas las referencias se fabriquen en los distintos puestos de trabajo de forma que se vaya igualando la carga. La idea es producir en pequeños lotes y en periodos cortos de tiempo.

- Kaizen

El Kaizen, también conocido como mejora continua, es uno de los conceptos más importantes en el Lean desde sus inicios, implica ligeras variaciones que lleven a un progreso continuo. Estas variaciones deben realizarse por parte de los empleados y de los directivos, conduciendo a un perfeccionamiento del proceso productivo. Cuando hay un inconveniente se detiene el proceso y se analizan los motivos buscando una solución que incremente la eficacia.

Aplicar este concepto puede ser complejo ya que afecta tanto a la organización de la empresa como a la mentalidad de los que la forman. Además, pueden verse un poco estancadas las posibles mejoras a realizar con este método a largo plazo y habría que recurrir a grandes inversiones en tecnología para modernizar y automatizar o a cambios bruscos.

- Factor humano:

Existe una relación directa entre el empeño de los trabajadores y directivos en que se siga correctamente el método Lean y su éxito. Los trabajadores son los que normalmente están más cerca de los problemas que puedan haber, por lo que son los que en la mayoría de las situaciones son capaces de encontrar más rápido y de forma más sencilla una solución. Para que los empleados puedan desarrollar una nueva propuesta se les debe otorgar conocimientos y herramientas.

- VSM

VSM son las siglas de Mapa de Cadena de Valor en inglés y tal como se puede entender con su nombre, es un sistema gráfico en el que se realizan representaciones mediante símbolos y se muestran los distintos flujos, tanto de materiales como de información, que se producen en el proceso hasta la llegada al cliente.

Permite de forma visual que se aprecie fácilmente las diversas actividades que se realizan y determinar cuáles de ellas aportan o no valor, pudiendo identificar y cuantificar todo el proceso

- 5S

El nombre 5S proviene de cinco términos japoneses que comienzan con dicha letra y que se basan en la limpieza y el orden en los puestos de trabajo. Aunque parezca algo sencillo se trata de una herramienta con muchas posibilidades y de la que es más complicado de lo que parece exprimir todo su potencial. Se busca evitar ciertos aspectos negativos como desorden, suciedad, roturas o averías a través de los siguientes 5 pasos:

- Seiri (Eliminar): quitar de la zona de trabajo todo aquello que no sea útil evitando que haya estorbos que impidan un correcto desempeño o que aumenten los tiempos de producción suponiendo despilfarros. Se usan una serie de tarjetas que se rellenan para decidir si algo se puede eliminar.

- Seiton (Ordenar): equivale a clasificar los elementos precisos en cada situación para que sean sencillos de localizar. Se debe tener en cuenta al colocarlos la cantidad de veces que suele usarse cada uno y la seguridad en el puesto de trabajo.
  
- Seiso (Limpieza): como su nombre indica se basa en limpiar las zonas de trabajo con especial énfasis en aquellas en las que se acumula la suciedad y examinarlas para detectar defectos y evitarlos.
  
- Seiketsu (Estandarizar): consiste en elaborar un proceso sistemático para que se lleven a cabo los anteriores pasos explicados, de forma que se realicen periódicamente y estén las dudas contempladas.
  
- Shitsuke (Disciplina): la finalidad del shitsuke es generar hábitos para que se apliquen las normas estandarizadas. Está directamente relacionado con la inculcación de los conocimientos en los trabajadores.

- SMED

También se le conoce como cambio rápido de herramienta, consiste en la reducción en los tiempos que se invierten en que una máquina esté lista para funcionar. Puede suponer grandes cambios en las máquinas o en los procesos.

Que se reduzca el tiempo de preparación de la maquinaria permite que se pueda producir lotes más pequeños y que se vaya produciendo conforme es necesario, ya que si los tiempos de preparación son largos no sale rentable hacer pocas unidades y se deben hacer lotes grandes, los cuales hay que almacenar. Además, aumenta la productividad de las máquinas pues están más tiempo disponibles.

- TPM

El mantenimiento productivo total tiene como objetivo optimizar los equipos evitando roturas o accidentes. Los operarios serán los encargados de que se lleve a cabo los mantenimientos básicos de la maquinaria que emplea, esto reducirá la cantidad de tiempo que está parada una máquina por algún fallo y teniendo los mantenimientos en orden también será más eficaz y tendrá más vida útil.

El indicador numérico que muestra los efectos del TPM es el OEE que compara las piezas útiles que se han fabricado y las que se podían haber fabricado. El OEE es el producto entre la disponibilidad, la eficiencia o rendimiento y la calidad. El OEE debe ser superior al 85% para considerarse adecuado queriendo decir que de 100 piezas buenas que se podrían producir se han producido 85.

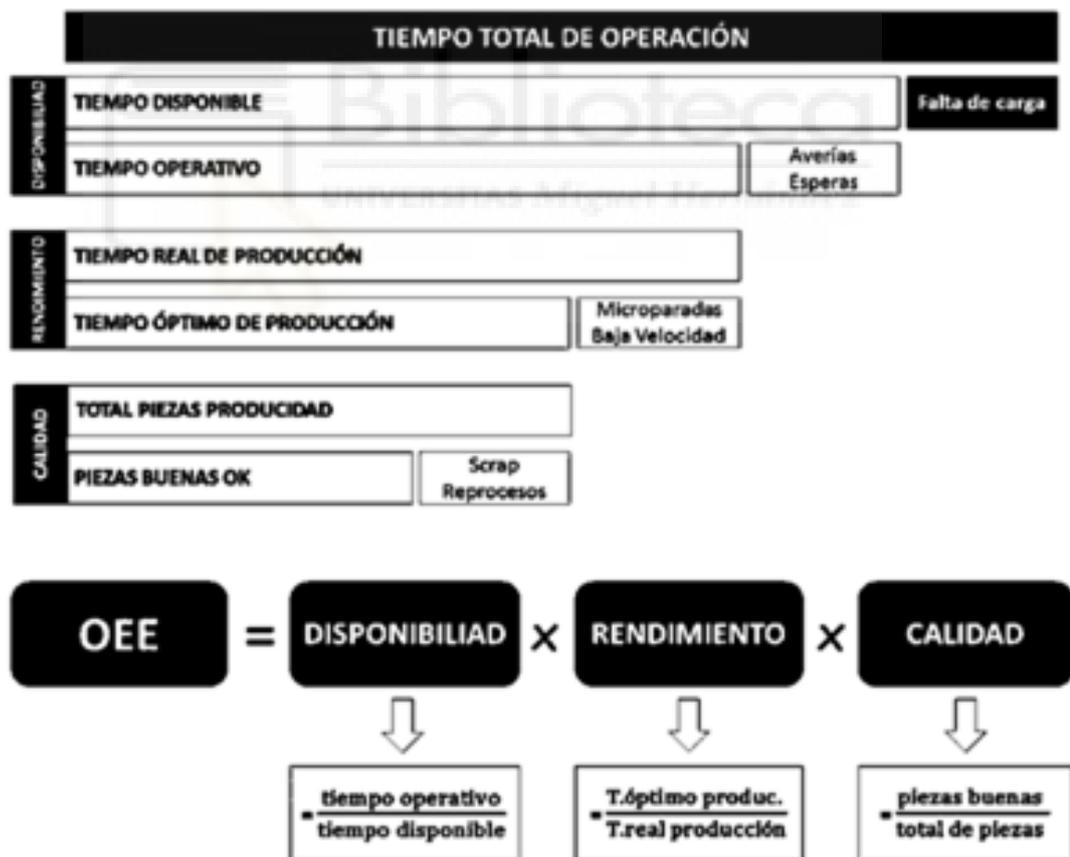


ILUSTRACIÓN 3: OEE

- Kanban

El Kanban es un procedimiento que controla la producción mediante una serie de tarjetas, este sistema tira de la producción indicando en las tarjetas una necesidad y cogiendo cada proceso lo que necesita de los procesos anteriores. Una vez cogido lo necesario se comienza a producir la cantidad que se ha usado sincronizándose el flujo de los materiales. Existen dos modelos:

- Kanban de producción: Indica la cantidad que debe fabricarse para el proceso posterior.
- Kanban de transporte: Indica la cantidad que debe fabricarse del proceso anterior.

En resumen, las tarjetas tienen como objetivo reaprovisionar el material que se va consumiendo, reduciendo de esta manera los stocks.

- Gestión visual

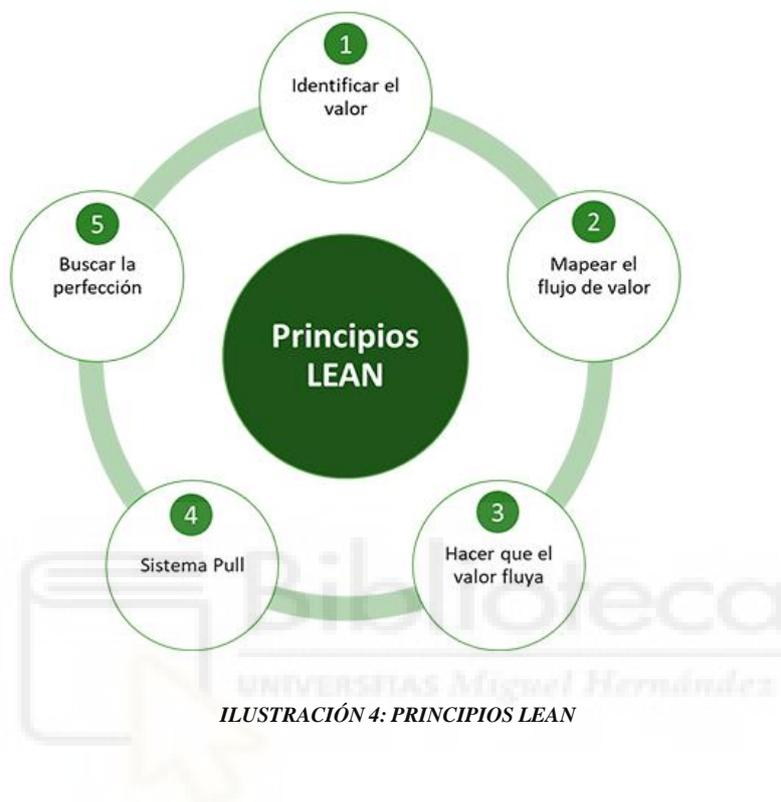
La gestión visual sirve para controlar la situación del entorno mediante la aplicación de unas medidas de comunicación. Estas se centran en las situaciones de elevada importancia y permiten que se capte la información de forma rápida y sencilla. Al igual que sucede con otros métodos Lean, es muy importante que se produzca un cambio en la cultura de la empresa y existen métodos según el objetivo para aplicar el sistema de gestión visual.

- KPI'S

Los KPIs (Indicador Clave de Comportamiento) son indicadores de rendimiento que se utilizan para determinar el éxito de las acciones viendo la manera en la que estos contribuyen a la consecución de los objetivos previstos y así determinar si es necesario realizar cambios.

### **1.3. Los 5 principios del Lean Manufacturing.**

Ya definida la estructura de “La Casa de Toyota” es necesario explicar los 5 principios en los que se basa el Lean Manufacturing y que se deben conocer para poder implantarlo correctamente.



*ILUSTRACIÓN 4: PRINCIPIOS LEAN*

#### **1.3.1. Identificar el valor para el cliente.**

Entendiendo como valor las características o servicios por los que el cliente está dispuesto a pagar un precio y esperar un periodo de tiempo determinado, se deben reconocer los elementos que aportan dicho valor al producto y que demanda el cliente y eliminar del proceso aquello que no lo aporte. No se trata de calcular los costes y añadir un margen para tener más beneficios si no de maximizarlos eliminando los desperdicios y entregar al cliente de igual forma lo que desea.

#### **1.3.2. Identificar el flujo o cadena de valor.**

La cadena de valor es la serie de procesos que se llevan a cabo para la realización del producto. Para que se pueda eliminar lo innecesario es importante identificar todos

los procesos, los materiales, como se transportan y evaluar cuales de ellos aportan valor y cuáles no.

### **1.3.3. Hacer que el valor fluya**

El flujo hace referencia a la forma en la que avanza la cadena de valor, este movimiento debe ser constante y regular para que sea lo más eficiente posible, ya que un retraso en el material o productos supondría desperdicios por acumulación de stock o por pérdidas de tiempo. También es importante la capacidad de prevenir cualquier posible problema y cómo actuar sobre él.

### **1.3.4. Sistema Pull**

El término Pull viene del inglés y se traduce como “tirar” en referencia a que la producción se basará en la demanda del cliente, en lo que el cliente “tire”. Para poder aplicar este principio es necesario conocer las ventas habituales y conocer bien el proceso ya que si no se controla el sistema Pull se pueden producir problemas tales como falta de inventario o una mala atención al cliente.

Históricamente las empresas han usado sistemas Push “empujar” en los que cada puesto produce todo lo que se puede y se va acumulando, previendo lo que pueda suceder, sin saber si todo se va a vender con los problemas que eso acarrea. Sin embargo, el sistema Pull bien aplicado supone más beneficio y rentabilidad.

### **1.3.5. Buscar la perfección**

Es muy importante que cuando se consigue algo aplicando la filosofía Lean no se pare ahí y se continúe aportando mejoras e intentando aproximarse a la perfección, una actividad en la que ya se han aplicado mejoras puede seguir mejorando y se pueden eliminar más desperdicios. Esta búsqueda de la perfección hará que una empresa se imponga sobre el resto, que consiga una calidad que satisfaga al cliente por encima del resto.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

### **2.1. Descripción de la empresa.**

La empresa sobre la cual gira este trabajo es una empresa basada en la reutilización del caucho sin vulcanizar proveniente de otros sectores, este es sometido a un tratamiento que permite que pueda ser utilizado de nuevo y vulcanizado para que se le proporcione una función distinta a la que estaba destinado.



*ILUSTRACIÓN 5: DISTINTOS TIPOS DE CACHOS*

El caucho sobre el que se va a realizar el tratamiento de reutilización es originario de diversas industrias, a destacar la del automóvil una de las más potentes en lo que a caucho se refiere, por lo que no se puede saber la composición exacta que posee ya que se trata de fórmulas que los fabricantes usualmente no proporcionan, pudiendo incluso contener trazas de otros materiales como pueden ser restos textiles o hasta restos metálicos en su interior. Las propiedades del material evidentemente serán distintas según su procedencia, por lo que el producto resultante dependerá tanto de las proporciones de los distintos cauchos empleados y mezclados con los productos químicos añadidos durante el tratamiento al que serán sometidos, como de su composición química y es algo a tener en cuenta para determinar las distintas funciones para las que se destinarán cada uno de los productos.

El objetivo final de la empresa es que el caucho que llega en grandes montones, cuyo tamaño es variable al igual que su composición y el estado en el que se encuentra, sea procesado, se le añadan las sustancias químicas necesarias para que pueda vulcanizar y que se corte en formatos que pueden ser posteriormente transportados y almacenados para que se sometan a presión y calor y obtengamos el caucho que habitualmente conocemos.

## 2.2. Material que se trabaja en la empresa

Primero de todo definir qué tipo de material es el caucho. El caucho es un polímero formado por miles de moléculas de un hidrocarburo denominado isopreno encadenadas entre sí en largas cadenas enredadas, estas cadenas pueden desenredarse y separarse con facilidad al ejercer una fuerza y volver a unirse al liberarse, lo que otorga su conocida elasticidad.

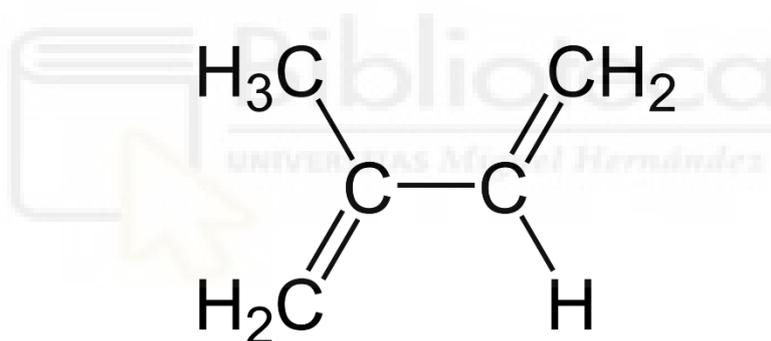


ILUSTRACIÓN 6: FÓRMULA DE CAUCHO

Según su origen se puede distinguir entre dos tipos de caucho: el natural y el sintético:

- El caucho natural proveniente de determinadas plantas las cuales poseen una savia de color blanquecino denominada látex de la que posteriormente se deriva el caucho. Hoy en día este tipo de caucho representa el 30% del mercado, el resto es caucho sintético.

- El caucho sintético a diferencia del natural, que suele tener propiedades muy similares, depende de los principios químicos empleados en su producción para tener determinadas características en función del objetivo final que tenga este material.

Entre las principales características del caucho independientemente de su origen se encuentran la elevada resistencia a la abrasión, su elasticidad ya comentada, que es repelente al agua y una gran resistencia eléctrica.

Sin embargo, el caucho sin tratar es pegajoso y se deforma con facilidad no poseyendo las propiedades que le solemos atribuir, esto se debe a que para obtenerlas se tiene que someter a un tratamiento específico denominado vulcanización.

La vulcanización es el proceso químico por el cual, mediante la mezcla del caucho con varios compuestos, entre los que destaca el azufre, conseguimos una mejora de sus propiedades físicas. Para que se produzca este fenómeno se debe añadir calor, de esta forma, se puede conseguir que las cadenas de polímeros que originalmente son independientes entre ellas se entrecrucen ganando estabilidad y resistencia. Añadiendo aceleradores se consigue que la vulcanización sea a menos temperatura y más rápido.

Una vez definido lo que es el caucho hay que mencionar lo importante que es la reutilización del caucho ya que tarda aproximadamente 100 años en descomponerse, es un proceso lento; y debido a la elasticidad del material no se puede compactar. Además, se trata de un producto muy inflamable que emite gases muy perjudiciales para la salud y contaminante durante su combustión como pueden ser las dioxinas, hidrocarburos poliaromáticos...

### 2.3. Distribución de la empresa

El caucho por utilizar será almacenado en grandes montones en el exterior de la nave en la cual se realiza el proceso. Será introducido en ella a través de carretillas elevadoras y en formato que denominaremos balas de caucho que serán montones de este material enrollado entre sí de unos dos metros de longitud y un metro de ancho aproximadamente.

Dividiremos la nave en tres zonas distintas entre sí que denominaremos respectivamente: zona de triturado, a la cual entra el caucho almacenado en grandes formatos y sale en sacos con trozos pequeños; la zona de mezclado donde se compacta el caucho junto con los productos químicos de la vulcanización; y la zona de conformado donde se le da forma al caucho para que se pueda transportar con facilidad y que se quede listo para su posterior uso.

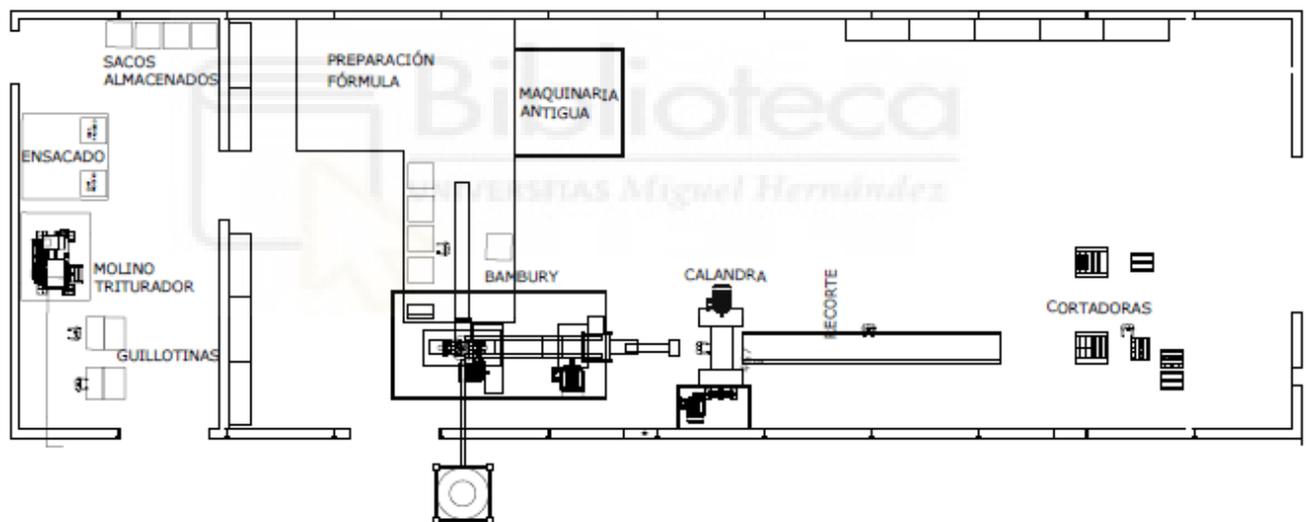


ILUSTRACIÓN 7: DISPOSICIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA

### **2.3.1. Zona de triturado**

La zona de triturado abarca desde las dos guillotinas a la entrada de la nave hasta la salida de la ensacadora.

- Guillotinas

Las balas de caucho son sometidas a un proceso de triturado para obtener un material con un tamaño de entre 1 y 2 centímetros aproximadamente para así facilitar el posterior mezclado que se va a realizar. Pero previo a su triturado estas deben ser cortadas en trozos para que puedan introducirse en el molino ya que son demasiado grandes para entrar en él.

Se transportan mediante carretilla elevadora, controlada por un operario encargado de su manejo exclusivamente, hasta dos guillotinas dirigidas por un trabajador cada una que cortarán fragmentos con un tamaño apropiado. Las guillotinas poseen un sistema de mesa elevadora que ayuda a que el material se pueda colocar en la zona de corte más fácilmente donde mediante la presión de un fleje, ya que estas guillotinas cortan por fleje y no mediante cuchillas, se obtienen unos trozos que serán manejables por los operarios que los posicionan en una cinta transportadora situada en la parte posterior de las guillotinas.

En la cinta transportadora hay situado un sistema de detección de metales para evitar roturas en la maquinaria posterior y para que no empeore las propiedades del material resultante. Si se detecta la presencia de metal, la cinta se detiene automáticamente y los operarios deben quitar el material afectado y sustituirlo.



*ILUSTRACIÓN 8: GUILLOTINA*

- Molino triturador

Al final de la cinta transportadora los trozos caen al interior de un molino triturador que mediante un sistema rotatorio de cuchillas golpea los pedazos reiteradamente, de esta forma se va reduciendo su tamaño hasta que alcanzan uno apropiado y pasan a través de una parrilla que actúa a modo de filtro determinando que sus dimensiones son apropiadas.



*ILUSTRACIÓN 9 :MOLINO TRITURADOR*

- Ensacadora

El triturado se transporta por un sistema de aspiración hacia una ensacadora automática que empaquetará el material en sacos de plástico de diferentes tamaños, el peso de cada saco dependerá de lo que se necesite para el posterior proceso, ya que al tener distintos orígenes el caucho tiene distintas propiedades y no se usa la misma cantidad de unos tipos que de otros en el mezclado. La ensacadora cuenta con un sistema que posiciona los sacos en palets para que cuando estén llenos sean transportados por el operario encargado de mantener suministros en las guillotinas hacia la zona de mezclado con la carretilla elevadora.



*ILUSTRACIÓN 10: ENSACADORA*

### **2.3.2. Zona de mezclado**

La zona de mezclado incluye al bambury, la zona donde se realiza la mezcla de los productos químicos y la extrusora.

- Bambury

Los palets ensacados en la zona de triturado son transportados hasta el bambury que es la máquina encargada de realizar el mezclado. Previo a la introducción de los sacos en la máquina se debe preparar la mezcla de químicos que hará que se pueda realizar la vulcanización que suele estar basada en azufre y aceleradores que facilitan el proceso a menor temperatura. También se añade para la mezcla sustancias de relleno que tienen bajo coste y no modifican las propiedades características del caucho, pero sí que ayudan a la hora de establecer unas cantidades para cada tipo de producto final que se quiera obtener como resultado del proceso.

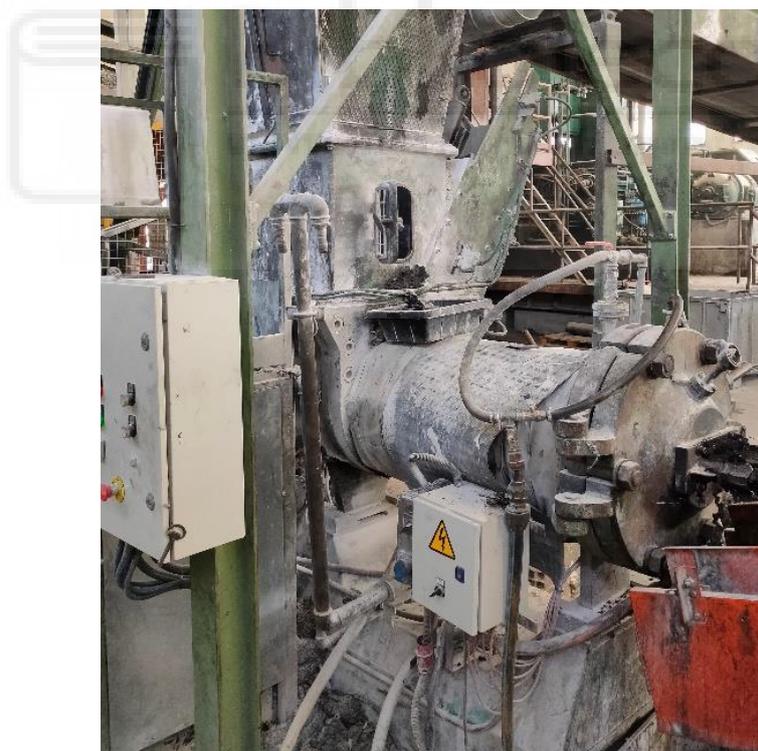
Los sacos provenientes de la ensacadora se introducen enteros en la cámara del bambury, la cantidad de sacos varía en función del producto a obtener, donde por medio de dos rotores que presionan el caucho se van incorporando los polvos de la fórmula con el caucho, para ayudar a que se integre todo correctamente el mezclador posee un pistón neumático que presiona los ingredientes contra los rotores. Tanto el manejo y abastecimiento del mezclador como la preparación de los químicos los realiza el mismo operario.



*ILUSTRACIÓN 11: BAMBURY*

- Extrusora

La sustancia pastosa resultante se introduce directamente mediante una vagoneta transportadora en el interior de una extrusora cuyo funcionamiento es muy simple: se trata de un pistón hidráulico que presiona el producto del mezclado introducido por la vagoneta hacia un tornillo sin fin que lo transporta a través del cilindro, ayuda a que su mezclado sea mejor y lo hace pasar a través de una boquilla de donde sale con una forma alargada que tendrá una longitud aproximada de un metro. Al salir de la boquilla estará caliente, controlando siempre que no llegue a una temperatura demasiado elevada para que no se produzca la vulcanización. El sistema de enfriamiento se regula a través de unas llaves de paso que van variando la cantidad de agua que recorre el circuito de tuberías por el interior de la extrusora, el operario encargado de controlar que la temperatura está dentro de unos límites establecidos es el mismo que introduce los churros en la calandra, se puede apreciar cuando la temperatura es muy elevada pues el producto varía, pero para comprobarlo se emplea un sensor de temperatura.



*ILUSTRACIÓN 12: EXTRUSORA*

### 2.3.3. Zona de conformado

En la zona de conformado, que es en la que se le da forma al caucho, incluiremos a la calandra los secadores y las máquinas de corte.

- Calandra

Los churros de caucho son introducidos manualmente por un operario en una calandra que es una máquina formada por unos grandes rodillos que los aplanan y hace que salgan al otro lado con forma de manta de poco grosor. El operario tiene que encargarse de que se introduce uniformemente para que la manta salga por el otro lado de forma continua, para ello se puede regular tanto la apertura entre los rodillos como la velocidad a la que estos giran.



*ILUSTRACIÓN 13: CALANDRA*

- Secadores

La manta se coloca sobre una cinta que la transporta y enfría rociándole una sustancia antiadherente para que no se peguen unas mantas con otras al ser apiladas más adelante. Un trabajador se encarga de colocar la manta, comprobar que no lleva imperfecciones y asegurarse de que no se acumule, esto último mediante la regulación de la velocidad de la cinta.



*ILUSTRACIÓN 14: SECADORES*

- Máquinas de corte

Finalmente llegan a unas máquinas de corte controladas por un operario que como su propio nombre indica, cortan la manta en los diferentes formatos que se requieran posteriormente y se colocan estas en palets para que sean transportadas. Se debe regular la velocidad de la cinta interna que tiene la máquina de corte para regular el tamaño de los trozos que se cortan.



*ILUSTRACIÓN 15: CORTADORA*

### **3. ACTUACIONES GENÉRICAS PARA TODA LA PLANTA**

#### **3.1. TPM**

Para poder llevar a cabo un mantenimiento adecuado de las diferentes máquinas de la planta se debe otorgar unos conocimientos a los operarios ya que en ellos se basa el sistema TPM, deben ser capaces de realizar unas labores de mantenimiento básicas para poder mantener todo en estado óptimo de funcionamiento y una serie de reparaciones a errores comunes.

El mantenimiento se puede diferenciar entre preventivo (para evitar futuras averías) y el correctivo (para solucionar averías que se hayan producido). En este caso, nos centraremos en el mantenimiento preventivo ya que en esta empresa no se aplica este método y en maquinaria de tanta antigüedad como la mostrada en fotografías (algunas máquinas tienen más de 40 años) mejoraría mucho el rendimiento.

Primero aclararemos los procesos que se deben realizar tomando como ejemplo el Bambury y después se mostrará el diseño de una hoja para controlar los mantenimientos ya realizados.

##### **3.1.1. Ejemplo de mantenimiento preventivo.**

Cada máquina debe tener una descripción de cada uno de los mantenimientos que se le deben aplicar con imágenes orientativas, a ser posible de la máquina en cuestión, para que quede claro qué se debe realizar, en este caso se muestra la del mezclador o Bambury:

- **Limpiar la máquina.**

Se debe limpiar el mezclador para evitar que se queden restos de materia prima en el interior o que se produzcan obstrucciones debido a la acumulación de dichos restos, sobre todo se debe ser especialmente cuidadoso con materia prima que tienda a depositarse en las superficies del pisón o del pozo de admisión. **Frecuencia cada semana.**



*ILUSTRACIÓN 16: CÁMARA MEZCLADOR*

- Comprobación de estanqueidad del sistema sellador del rotor.

De no existir esta estanqueidad, a pesar de un buen abastecimiento de grasa o aceite, habría que limpiar el anillo rotatorio con el fin de que su movilidad sea la adecuada y conserve esta característica. **Frecuencia cada semana.**

- Rellenar las bombas de engrase.

Rellenar los depósitos de las bombas de grasa de acuerdo con lo requerido usando un tipo de grasa recomendada en la tabla de lubricantes del fabricante. **Frecuencia cada 2 semanas.**



*ILUSTRACIÓN 17: DEPÓSITOS DE GRASA*

- Lubricación.

Mantener lubricados los sellos laberínticos y los rodamientos. Además, comprobar que funcionan los diversos sistemas de lubricación tanto los lubricados automáticamente con las bombas de grasa como los lubricados a mano. Se incluye también la unidad de mantenimiento para el sistema neumático que se ve en la imagen, del cual se debe comprobar su correcto funcionamiento. **Frecuencia cada 2 semanas.**



*ILUSTRACIÓN 18: LUBRICACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO*

- Revisar el sistema de enfriamiento, las válvulas, tuberías y mangueras.

Se ha de revisar las conexiones del sistema de refrigeración para comprobar si existe algún tipo de fuga en el circuito. Del mismo modo se tienen que verificar el correcto funcionamiento del resto de válvulas de la máquina, así como el buen estado de tuberías y mangueras. **Frecuencia cada mes.**



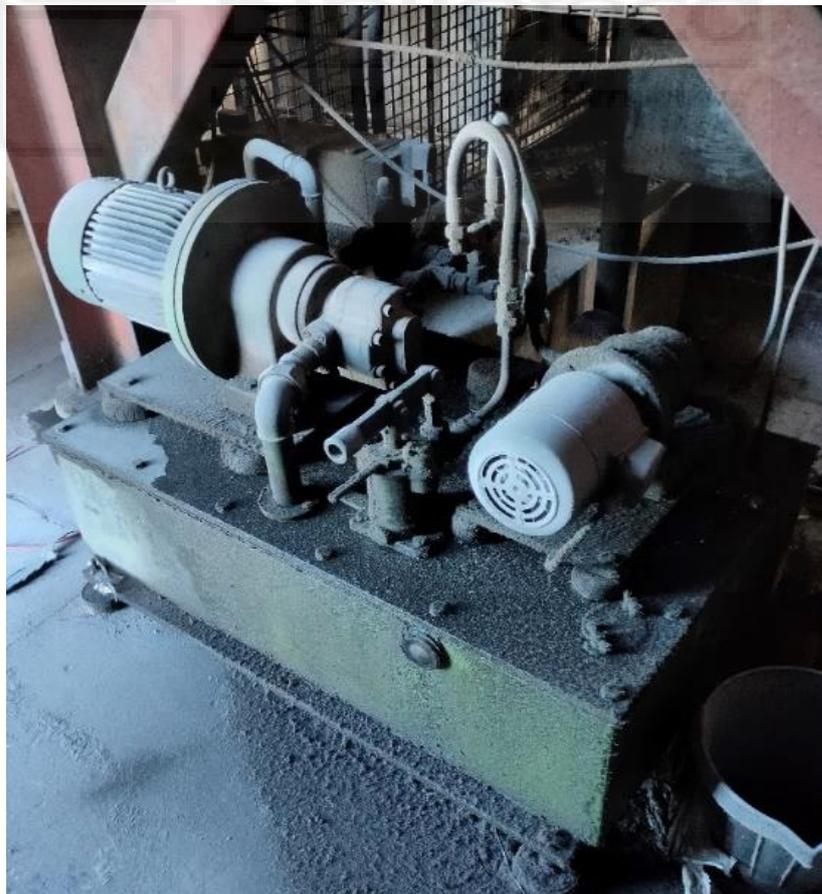
*ILUSTRACIÓN 19: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN*

- Comprobar acoplamientos elásticos.

Debe comprobarse el juego entre las caras de ambas mitades. Además, es importante examinar si se ha producido un desplazamiento axial, esto puede ser atribuido a un desplazamiento de la fundación. El aceite de los acoplamientos dentados también se debe revisar cada 100 horas y cambiar cada 3000 horas. **Frecuencia cada mes.**

- Revisar sistema hidráulico.

La unidad de bombeo del sistema hidráulico incluyendo los elementos de control eléctricos debe ser revisada con respecto a su adecuado funcionamiento. La válvula de descarga de seguridad debe estar fijada a la presión de trabajo y la válvula de seguridad adicional debe tener una presión superior. El nivel de aceite del depósito colector debe comprobarse, si este es bajo se puede formar espuma por lo que no se garantiza un buen funcionamiento. **Frecuencia cada mes.**



*ILUSTRACIÓN 20: SISTEMA HIDRÁULICO*

- Comparar energía consumida.

Mediante la toma del consumo del bambury funcionando en vacío se puede determinar si existen averías en diversos componentes destacando los cojinetes y el reductor. Si el consumo ha aumentado considerablemente con respecto a una medición anterior alguna pieza no está funcionando como debe y está oponiendo una resistencia mayor a la que debería. **Frecuencia cada mes.**

- Medir tiempos de procesos.

Se ha de medir el tiempo del intervalo entre que la máquina se apaga y esta para por completo su funcionamiento, y mediante comparación con medidas anteriores se puede determinar si existe algún fallo. Otro proceso que medir es el tiempo entre que el dispositivo de descarga pasa de estar abierto a cerrado, lo cual nos indica las condiciones en las que se encuentra. **Frecuencia cada mes.**

- Medir el tiempo de carrera.

El tiempo de carrera se ha de medir bajo las mismas circunstancias de presión y permitirá saber si los componentes se encuentran dañados. Se debe hacer especialmente en el pisón, la puerta de alimentación, la cubeta basculante y la puerta de descarga. **Frecuencia cada mes.**

- Comprobar seguridades.

Comprobar la funcionalidad del sistema de seguridad como micros de puertas, estado y presencia de vallas, seta de seguridad, así como accionamientos generales de máquina. Comprobar también que están los pictogramas de seguridad. **Frecuencia cada 2 meses.**



ILUSTRACIÓN 21: SEGURIDADES BAMBURY

- Medir el desgaste

Medir el desgaste que sufre el rotor y la cámara de mezclado permite saber cuándo va a ser necesaria una reparación o cuándo será necesario sustituir algo, ya que estas piezas suelen tardar en llegar y se puede prever cuando van a dejar de servir para evitar tiempos de inactividad en el proceso. Los puntos marcados en el esquema inferior son donde se debe realizar la medición. **Frecuencia cada año.**

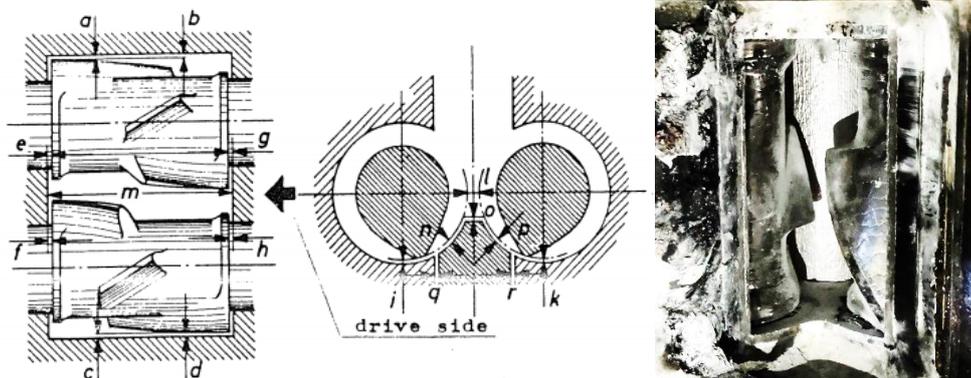


ILUSTRACIÓN 22: DESGASTE ROTORES

### 3.1.2. Hoja de control de mantenimientos realizados.

Cada máquina debe tener una hoja de los mantenimientos que se le deben realizar para poder llevar el control de lo que se ha ejecutado y lo que no para evitar errores.

Mantenimiento preventivo bambury													
Máquina	Ubicación					Zona mezclado	Tipo de máquina	Bambury					
Item	Descripción										Frecuencia		
1	Limpiar el mezclador										Semanal		
2	Comprobación estanqueidad sistema sellador del rotor										Semanal		
3	Rellenar las bombas de engrase										Bimensual		
4	Lubricación										Bimensual		
5	Revisar el sistema de enfriamiento, las válvulas, tuberías y mangueras										Mensual		
6	Comprobar acoplamiento elásticos										Mensual		
7	Revisar sistema hidráulico										Mensual		
8	Comparar energía consumida										Mensual		
9	Medir tiempos de procesos										Mensual		
10	Medir el tiempo de carrera.										Mensual		
11	Comprobar seguridades										Bimestral		
12	Medir el desgaste										Anual		
Item	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	Comentarios	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
Item	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	Comentarios	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

ILUSTRACIÓN 23: HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS

### **3.2. Estandarización.**

Aunque la estandarización se basa en muchos aspectos nos centraremos en estandarizar el proceso de producción. Para ello se elaborará una serie de hojas de método que indicarán cómo se debe realizar cada proceso de la planta.

El fin de la elaboración de estas hojas de método es que el trabajo se realice de forma uniforme, lo que implica que el resultado será el mismo independientemente de quien lo efectúe, que se ejecutará de forma segura, ya que puede haber pasos que si se invierte el orden pueden provocar algún tipo de accidente y crear una rutina en el proceso lo que hace que los trabajadores se acostumbren y así sea más difícil que se produzcan fallos por falta de algún paso. Las hojas de método deben estar situadas cerca de la máquina para que sean fácil de encontrar en caso de que se deban de consultar, algo que es probable en operarios con poca experiencia en el puesto.

Para realizar las hojas de método hay que apoyarse en los trabajadores, ya que son los que más saben de cómo funciona cada máquina y mediante la opinión de varios de ellos sacar cuáles son los procesos fundamentales y cuáles son manías adquiridas. Además, estos procesos no son algo inamovible, deben ir evolucionando con el tiempo junto con los cambios que se puedan producir en la empresa.

Esta hoja de método será del Bambury y se basará en la información que me otorgaron los trabajadores en la visita a la empresa que estamos analizando acerca de qué proceso seguían. En ella también se muestran los elementos de seguridad que hay que llevar en este puesto de trabajo. La hoja de método es la siguiente:

HOJA DE MÉTODO											
PRODUCTO		OPERACIÓN									
REF.		MÁQUINA	BAMBURY								
Nº OPERARIOS	1	DESCRIPCIÓN	PROCESO BAMBURY								
				<p>SE PONE EN MARCHA LA CINTA TRANSPORTADORA QUE DESPLAZA LOS SACOS HASTA EL INTERIOR DEL BAMBURY.</p>		<p>UNA VEZ TODOS LOS SACOS ESTÁN EN EL INTERIOR SE PARA LA CINTA.</p>					
				<p>SE AÑADE LA CANTIDAD DE CAOLIN NECESARIO, EL CUAL LLEGA DIRECTAMENTE DESDE UN SILO A TRAVÉS DE UN TORNILLO SIN FIN CON UN PREVIDO PESADO.</p>		<p>LA COMPUERTA SE CIERRA PREVIAMENTE A QUE EL BAMBURY COMIENZE SU LABOR.</p>					
OBIGATORIA	X	0	X	X	0	0	0	0	0	0	
Fecha de emisión:			A.NAVARRO		Comentarios						
Fecha de revisión:											
Versión:			—								

ILUSTRACIÓN 24: HOJA DE MÉTODO BAMBURY I

# HOJA DE MÉTODO

PRODUCTO		OPERACIÓN	
REF.		MÁQUINA	BAMBURY
Nº OPERARIOS	1	DESCRIPCIÓN	PROCESO BAMBURY



BAJA EL PISÓN EL CUAL PRESIONA LOS SACOS CONTRA LOS ROTORES QUE REALIZAN LA MEZCLA.



SE REINICIA EL TEMPORIZADOR Y SE DEJA TRITURANDO DURANTE 80 SEGUNDOS EN LOS CUALES SE APROVECHA PARA CARGAR LA CINTA.



CON AYUDA DEL INGRAVIDO SE COLOCAN LOS SACOS SOBRE LA CINTA TRANSPORTADORA.



LA CANTIDAD DE SACOS VARÍA EN FUNCIÓN DE LA FÓRMULA EMPLEADA AL IGUAL QUE EL CONTENIDO DE ESTOS. EN ESTE CASO SE COLOCAN 5.

OBLIGATORIA	X	0	X	X	0	0	0	0	0	0
Fecha de emisión:				A.NAVARRO		Comentarios				
Fecha de revisión:										
Versión:										

ILUSTRACIÓN 25: HOJA DE MÉTODO BAMBURY 2

# HOJA DE MÉTODO

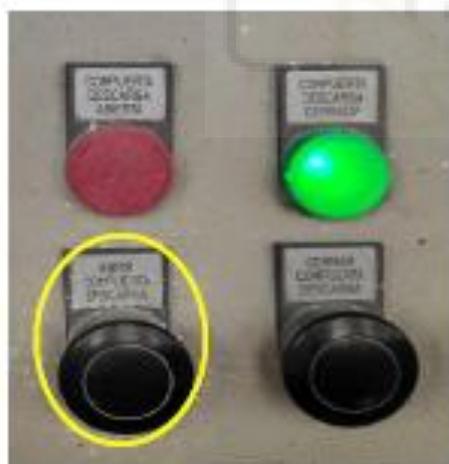
PRODUCTO		OPERACIÓN	
REF.		MÁQUINA	BAMBURY
Nº OPERARIOS	1	DESCRIPCIÓN	PROCESO BAMBURY



UNA VEZ COLOCADOS LOS SACOS SE AÑADE LA FARMACIA QUE ES LA RESPONSABLE DE QUE EL CAUCHO VULCANICE.



EL TEMPORIZADOR REFLEJA EL TIEMPO QUE LLEVA MEZCLANDO, CUANDO LLEGA AL TIEMPO ESTIPULADO SUENA UNA ALARMA QUE ADVIERTE AL OPERARIO.



TRAS PASARSE 80 SEGUNDOS ABRIR LA COMPUERTA INFERIOR PARA QUE CAIGA EL PRODUCTO EN LA VAGONETA.



SE SUBE EL PISÓN UNA VEZ QUE YA HA FINALIZADO SU LABOR.

OBLIGATORIA	X	0	X	X	0	0	0	0	0	0
Fecha de emisión:					A.NAVARRO		Comentarios			
Fecha de revisión:										
Versión:										

ILUSTRACIÓN 26: HOJA DE MÉTODO BAMBURY 3

# HOJA DE MÉTODO

PRODUCTO			OPERACIÓN							
REF.			MÁQUINA	BAMBURY						
Nº OPERARIOS	1	DESCRIPCIÓN	PROCESO BAMBURY							
		<p>SE ABRE LA COMPUERTA SUPERIOR POR LA QUE ENTRARÁN LOS NUEVOS SACOS.</p>								
		<p>SE CIERRA LA COMPUERTA INFERIOR PARA PODER CARGAR DE NUEVO.</p>								
		<p>SUBE LA VAGONETA PARA INTRODUCIR EL MEZCLADO POR LA PARTE SUPERIOR DE LA EXTRUDER MIENTRAS SE REALIZA DE NUEVO EL PROCESO.</p>								
OBLIGATORIA	x	0	x	x	0	0	0	0	0	0
Fecha de emisión:			A.NAVARRO		Comentarios					
Fecha de revisión:										
Versión:			---							

ILUSTRACIÓN 27: HOJA DE MÉTODO DEL BAMBURY 4

### **3.3. 5S.**

Las 5S es una herramienta que nos va a permitir mejorar la calidad y reducir costes, y que sirve de base para implantar otras. Esta herramienta se puede aplicar a cualquier tipo de empresa y a cualquier zona para mantener un ambiente de trabajo adecuado. Tal y como se ha explicado anteriormente la herramienta de las 5S es más compleja de lo que aparenta, pero es de las más importantes. Aunque de esta herramienta se podría hacer un trabajo entero, la aplicaremos de forma genérica en nuestra planta.

#### **3.3.1. Seiri (Eliminar).**

Consiste en clasificar y eliminar todo lo que sea innecesario de los puestos, para ello uno de los mejores métodos es la utilización de etiquetas de diferentes colores en función de la frecuencia con la que se utiliza cada objeto. Es importante que las etiquetas tengan una medida apropiada a la herramienta a la que se le coloca para evitar que pueda molestar en su uso.

La clasificación más usual es etiqueta verde, amarilla y roja siendo verde los que más se usan y rojo los que se emplean poco o hasta nada. Dentro de cada color también se indicará la frecuencia para posteriormente organizar. Cuando ya esté todo etiquetado se procederá a eliminar todo lo que tenga tarjeta roja y dejar solo lo necesario en los puestos de trabajo (tarjetas amarillas y verdes).

No solo se eliminarán los objetos que tienen los empleados a mano, también se empleará con los objetos de almacén y las materias primas ya que en el caso de esta empresa hay una gran cantidad almacenados, que no siempre son válidos. La materia prima no siempre es la misma, algunas se usan más y hay otras que no se van a emplear, pero vienen con el resto pues los proveedores lo mandan todo conjunto a reutilizar.

#### **3.3.2. Seiton (Ordenar).**

Con lo innecesario eliminado en el punto anterior se pasa al proceso de ordenar lo restante. Para ello será importante la frecuencia de uso de cada cosa, la cual se indicó en el apartado anterior, las cosas que se usen con mayor frecuencia deben estar situadas más

cómodas que las que se emplean menos. También es importante tener en cuenta la cantidad ya que habrá objetos importantes de los que habrá más de la cuantía óptima por lo que se ocupará un espacio innecesario, un ejemplo de esto es el caso de un mismo destornillador que esté dos veces, solo se necesita uno.

Si es necesario, se emplearán métodos tradicionales para organizar, como colocación de estanterías, carpetas o taquillas para situar en ellas las pertenencias del encargado de esa zona. Los folios que contengan información importante como son las hojas de método o el mantenimiento preventivo se introducirán en fundas y se dejarán cerca del puesto correspondiente.

Pequeñas máquinas que son necesarias como transpaletas o las carretillas elevadoras también deben tener una zona para situarlas que no molesten mientras no se están empleando.

### **3.3.3. Seiso (Limpiar).**

No consiste solo en limpiar la zona de trabajo, se deben eliminar los focos donde se acumula la suciedad para poder evitar fallos que puedan lastimar al operario o causar daños en la maquinaria. Este proceso también sirve para inspeccionar y detectar cualquier tipo de error y prevenir cualquier problema antes de que este se produzca, pues es más fácil de detectar cuando se está controlando continuamente que cuando se mira esporádicamente, en casos leves lo solucionará el operario, pero si se trata de cosas complejas se recurrirá a profesionales en este sector.

La limpieza del puesto de trabajo se debe realizar a diario, reservar una pequeña cantidad de tiempo para dejar todo ordenado y limpio, en caso de cualquier problema de imprevisto que ensucie la zona se debe quitar de forma inmediata. La limpieza de la maquinaria en zonas conflictivas como son las entradas de material o las botoneras, también se debe realizar con frecuencia, pues son zonas muy afectadas por los desperdicios.

Una vez a la semana, tal como se indica en el mantenimiento preventivo, se debe dar una limpieza más exhaustiva de la maquinaria tanto interior como exterior, para este

proceso existen empresas especializadas en el tema para máquinas pesadas con mecanismos más complejos.

Es importante también mantener una zona que además de limpia esté presentable e incite a trabajar, que sea una zona que transmita agrado al trabajador para que este trabaje mejor. El mobiliario antiguo que esté poco presentable se restaurará o se sustituirá, manteniendo un estándar común en todos los puestos, con características y colores similares.

### 3.3.4. Seiketsu (Estandarizar).

Para que los anteriores procesos se puedan cumplir adecuadamente y perduren con el tiempo es necesario realizar una serie de estándares que permitan controlar las acciones realizadas y expliquen cómo se deben efectuar. Es importante tener en cuenta que en caso de que se vuelva atrás en los pasos anteriores se deben reimplantar los pasos Seiri, Seiton y Seiso de nuevo.

Cada operario debe conocer qué responsabilidades le corresponden y cuándo debe realizarlas pues si no hay claridad se puede perder lo conseguido anteriormente. Para ello, se deben elaborar registros en los que se identifique quién ha realizado cada tarea y qué tarea ha realizado. A continuación, mostraré un ejemplo de una tabla de limpieza para que se refleje si se ha realizado.

HOJA DE LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO					
TURNO DE TRABAJO		PUESTO DE TRABAJO	MAQUINARIA	OBSERVACIONES	FIRMA
LUNES	MAÑANA				
	TARDE				
MARTES	MAÑANA				
	TARDE				
MIÉRCOLES	MAÑANA				
	TARDE				
JUEVES	MAÑANA				
	TARDE				
VIERNES	MAÑANA				
	TARDE				

ILUSTRACIÓN 28: HOJA DE LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO

### 3.3.5. Shitsuke (Disciplina).

Este apartado se puede entender como disciplina o como mejora continua y se fundamenta en crear hábitos en los trabajadores y hacer que el modelo de las 5S siga progresando y no se quede estancado. Para ello será muy importante el feedback de los trabajadores pues nadie mejor que ellos para saber la situación de cada puesto, sin dejarles toda la responsabilidad. Se deben realizar reuniones entre los directivos y los empleados especialmente al principio de la implementación del método donde las reuniones deben ser más seguidas, semanales al menos, pero posteriormente deben perdurar en el tiempo a razón de una al mes.

Otra opción relacionada con la reunión, pero en la que participa más gente y de forma anónima es la realización de una serie de encuestas entre la plantilla para ver si se sigue realizando todo lo propuesto y si está funcionando adecuadamente, en las encuestas se preguntaría sobre cada uno de los pasos para determinar en cuál puede haber conflicto. Además, también se puede incluir un buzón de sugerencias en el que se pueda añadir mejoras, las cuales deberán ser anónimas al igual que las encuestas y pueda participar cualquier persona de la organización.

Una forma de motivar a los trabajadores es hacerles saber cómo afectan las mejoras en las que son participes, esto se puede hacer de forma visual mediante imágenes de cómo ha variado la situación con los cambios que hemos ido mencionando y mediante resultados con indicadores o estadísticas con respecto a las roturas y la producción de meses atrás.



*ILUSTRACIÓN 29: EJEMPLO DE ORGANIZACIÓN*

### **3.4. Instalación de mejoras puntuales.**

#### **3.4.1. Encendido programado**

Instalar un sistema mediante PLCs para que toda la maquinaria de la cadena de producción se ponga en marcha unos minutos antes de comenzar la jornada laboral. Pese a que a primera vista esto pueda suponer un incremento de consumo, programar un encendido un cuarto de hora antes de que empiece el proceso puede resultar positivo por varios motivos:

- Detección de averías antes de comenzar a fabricar lo que otorga un mayor margen de maniobra y al no estar en carga las máquinas mayor capacidad de reacción.
- En cuanto sea la hora de comenzar a producir ya está todo listo por lo que no se pierde tiempo en conectar todo.
- Es beneficioso para las máquinas el no empezar a trabajar en el mismo momento del arranque, es necesario un tiempo para que se calienten y se preparen.
- Al igual que sucede con el encendido se podría aprovechar para el apagado dejando un tiempo de enfriamiento para no parar de golpe ni que los trabajadores tengan que esperar perdiendo tiempo innecesario y que supondría dinero.
- La inversión en materiales no es muy elevada y es un sistema que en caso de no resultar no supone una gran inversión.
- Tiene la versatilidad de permitir programar para cualquier margen de tiempo y por medio de pruebas se puede obtener qué margen es el más apropiado.

### 3.4.2. Control de estado de la máquina.

Instalación de indicadores lumínicos en cada una de las máquinas que muestren el estado de estas. Se colocarán unas luces que muestren el estado de cada una de las máquinas, mientras estén funcionando la luz se mantendrá iluminada en luz verde, la luz será amarilla cuando la máquina se encuentre lista para funcionar, pero se encuentre parada y una luz roja acompañada de una señal acústica que indique que existe un problema.



ILUSTRACIÓN 30: EJEMPLO DE LUCES DE CONTROL DE ESTADO

### 3.4.3. Instalar iluminación LED.

Sustituir las luces tradicionales por lámparas LED sobre la zona de trabajo para que las personas que estén en esos puestos puedan trabajar de forma adecuada. La iluminación con luz blanca incrementa la concentración y la productividad al contrario que la luz amarilla que es mejor para descansar, de esta forma se evita el cansancio visual y mental que provoca la ausencia de luz durante un tiempo tan prolongado como es la jornada laboral. Además de ser importante para evitar errores, una correcta iluminación que permita realizar mejor el control visual del producto.

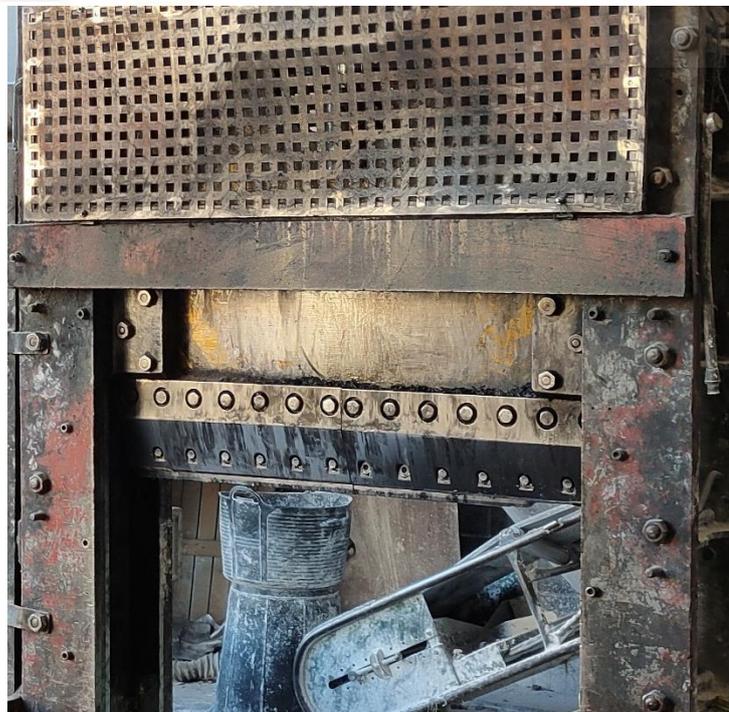
## 4. Actuaciones específicas

### 4.1. Zona de triturado

#### 4.1.1. Guillotinas

En las guillotinas existen problemas con los flejes que cortan el caucho, estas se deben cambiar cada 1 o 2 semanas por el elevado desgaste propiciado por los residuos textiles y metálicos que residen en el interior del material, ya que los flejes no tienen filo y deben ejercer mucha fuerza para realizar el corte lo que provoca mucha erosión y rompe los flejes o impide que corten bien.

La mejor opción sería sustituir el sistema de corte por flejes por un sistema de corte por cuchillas. Aunque esta propuesta no es seguro que sea mejor que la actual pues no hay muchos ejemplos con un material similar, unas cuchillas podrían reducir la cantidad de cambios de herramienta que se realizan suponiendo a la larga un ahorro económico y reduciendo el riesgo que esto implica para los trabajadores. Ante la duda se podría mandar una muestra a una empresa que emplee este método y comprobar si los resultados son favorables.



*ILUSTRACIÓN 31: FLEJE DE LA GUILLOTINA*

## **4.2. Zona de mezclado**

### **4.2.1. Aditivos**

La zona donde se realiza el mezclado de las sustancias químicas que se deben añadir al caucho para su vulcanización se encuentra pegado al mezclador. El encargado de la elaboración de la mezcla es el responsable de usar el bambury y este puesto es alternante entre pocas personas, cada una en su respectivo turno. La mezcla se va preparando en función del lote que se vaya a producir y de las cantidades. Una vez que esta se acaba se vuelve a elaborar deteniendo la producción.

El principal problema de esta zona es el desconocimiento de las proporciones exactas de la mezcla, los operarios encargados de elaborarla son siempre los mismos y hay fórmulas de las que solo ellos conocen las cantidades exactas. A lo anterior hay que sumarle la gran variedad de fórmulas que se manejan dependiendo del material que llegue a la fábrica y que con el paso del tiempo ha ido sufriendo ligeros cambios la receta original. Al otorgársele libertad pues los resultados son correctos no se tiene un registro exacto de la fórmula.

Se debe elaborar documentación con ayuda de los operarios y redactar cada una de las fórmulas exactas, indicando tanto los productos y la marca de estos como las cantidades, calculando unas tolerancias permitidas pues al ser grandes pesos calculados a pulso en una báscula cada operario tolera unas aproximaciones, no siendo posible la exactitud.

Además, el sistema de elaborar la mezcla cuando se va acabando supone retrasos innecesarios que, aunque sean unos minutos, a la larga acumula horas de pérdidas. Una solución sería el cálculo de un promedio diario en función de lo que se estime que se debe producir, preparando la mezcla unos minutos antes mientras llega el flujo de las máquinas anteriores. Se debería hacer un poco más de lo estimado por si acaso, ya que si sobra para el día siguiente no es algo perecedero, pero sin pasarse para evitar el almacenaje.

#### **4.2.2. Cambio de pistón del Bambury.**

El mezclado se produce en la cámara del bambury en la cual al entrar los sacos se cierra una compuerta y mediante un pisón que presiona los sacos contra unos rotores que van triturando e integrando las sustancias químicas con el caucho para obtener una sustancia pastosa.

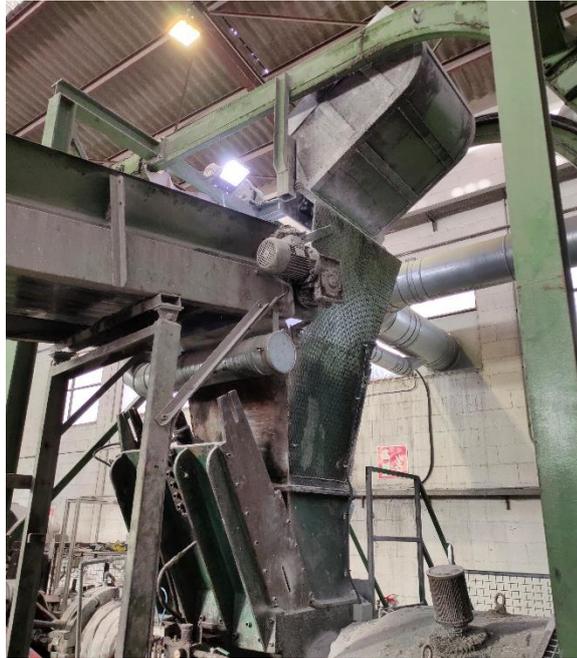
Este pisón presiona gracias a la ayuda de un pistón neumático, el problema es que posee la fuerza justa para realizar su función, durante el proceso no ejerce la suficiente fuerza y se puede observar cómo sube y baja el pistón en los giros de cada ciclo de los rotores, llegando incluso a tener que producirse paradas durante el proceso para quitar carga de la cámara con el riesgo que implica esto. Estas vibraciones aceleran la aparición de averías y reducen la efectividad del proceso

La principal solución sería sustituir este pistón por uno hidráulico ya que a igualdad de diámetro ejercería una mayor fuerza y la capacidad de detener en una posición el funcionamiento, asimismo es más sencillo de regular que el neumático y se podría adaptar a las distintas cargas.

#### **4.2.3. Señal entre el bambury y la extrusora.**

La extrusora posee un pistón en diagonal a la entrada, que ejerce fuerza empujando la sustancia que va entrando por la parte superior, y que junto con el tornillo sin fin hace que salga una especie de chorro de caucho caliente.

En la extrusora se vierte la vagoneta cargada de la mezcla que sale del bambury, El material no entra continuo si no en tiradas, cuando se llena una vagoneta entera se vacía mientras que la extrusora funciona continuamente. Por lo tanto, y teniendo en cuenta la posición del pistón, hay momentos del ciclo en los que se pueden producir problemas de atascos cuando coincide que se vierte la vagoneta con el pistón presionando. Si en este momento se sigue vertiendo más cantidad puede llegar a desbordar, hay que esperar momentáneamente a que poco a poco con el movimiento del pistón se resuelva el problema o que el operario lo solucione por una compuerta.



*ILUSTRACIÓN 32: VERTIDO DEL BAMBURY EN LA EXTRUSORA*

Entre ambas máquinas hay una distancia considerable estando a distinta altura y entre esto y el ruido habitual que producen, es la zona más ruidosa de la fábrica, siendo compleja la comunicación incluso vía telefónica en caso de problemas, algo que es habitual. Sumado a esto están las protecciones auditivas que llevan los operarios que pueden ocasionar que no se percaten de las señales acústicas.

Por estos motivos se debe instalar un sistema de comunicación entre ambos lugares, preferiblemente visual. Una opción sería la colocación de unos indicadores cercanos al cuadro del bambury, zona donde suele estar el operario, que señalen cuando el responsable de la extrusora pide que se detenga el proceso. Un piloto rojo parpadeante que se iluminará para avisar y otro verde para cuando ya se pueda seguir vertiendo. También podría usarse un botón de parada del mezclador en la zona de la extrusora pero las paradas bruscas repetidas pueden dañar la maquinaria.

Sea cual sea la solución es muy importante la presencia de un micro de seguridad en la compuerta que puede tener que abrir el operario para solucionar el problema por si acaso el del bambury no se ha percatado o debido a un despiste ha cargado la máquina de nuevo. Este sistema hará que el bambury no funcione mientras se detecte la compuerta abierta.

### **4.3. Sistema de almacenaje.**

Actualmente el método de almacenar los palets del producto resultante es mediante una marca con tiza sobre el propio material del número identificativo para colocarlo en unas estanterías situadas al lado de las máquinas de corte, donde se quedarán almacenadas previo a su procesado.

Estas marcas dificultan identificar a los materiales pues al estar elevados los palets en la estantería no se ven bien y al ser marcados con tiza se puede borrar con relativa facilidad. Asimismo, al ser materiales siempre similares en apariencia, en los que solo cambia sus proporciones, es difícil distinguirlos.



*ILUSTRACIÓN 33: IDENTIFICACIÓN DE MANTAS*

Lo óptimo sería la implementación de un sistema informatizado con una PDA que te muestre qué hay en almacén, el lote de producción por si ha habido algún problema saber qué palets se ven afectados por las mismas condiciones, compartiendo características y el destino de los palets. En este sistema mediante un lector y una serie de códigos QR se puede organizar todo el material en las estanterías y que cuando se pase el lector por el código de la estantería se sepa qué hay exactamente y qué posición ocupa cada producto.

Aunque se pueda identificar la posición, lo mejor es que se coloquen de forma ordenada, ya sea por características, colocando productos que tienen el mismo fin juntos,

o por fecha colocando en un lado los primeros que deben salir y en otros sitios los que deben permanecer un tiempo parados.

Este sistema también sería aplicable al almacén de la materia prima, clasificando lo que llega a la fábrica entre lo válido y lo desechable y posteriormente identificando su posición en el patio donde se almacena. Para esto último se deben hacer marcas en el suelo que delimiten y realizar una distinción numérica por medio de un cuadrante que identifique columna y fila. En cada posición debe haber un código QR a una altura que desde la carretilla tenga acceso el carretillero y que pueda corroborar el material y todas sus características importantes. Al pasar el lector, se debe quitar del total la cantidad sustraída.



## 5. Automatización del proceso.

Hasta ahora los cambios propuestos se podrían realizar con unos gastos económicos asumibles, pero con un mayor presupuesto se podrían hacer cambios significativos que, a la larga, supondrían un ahorro económico y un aumento de la calidad en el producto final.

El proceso tiene una serie de defectos que se pueden solventar mediante una inversión en maquinaria y la redistribución de la actual para conseguir un sistema de fabricación en el que la maquinaria se encuentre dispuesta en línea y se automatice mucho más el proceso.

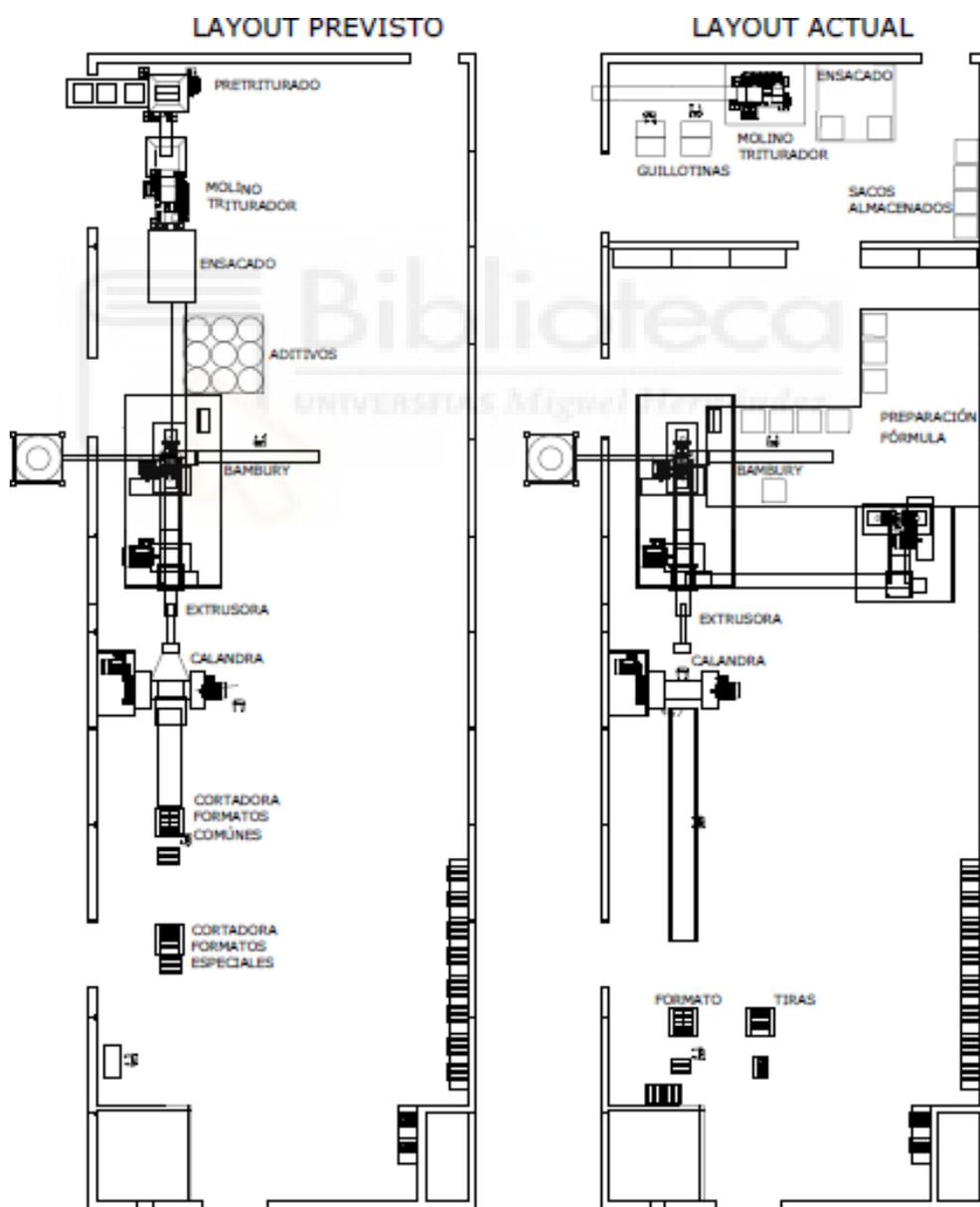


ILUSTRACIÓN 34: SITUACIÓN AUTOMATIZADA VS SITUACIÓN ACTUAL

## **5.1. Descripción de la disposición prevista.**

Conservaremos la división que tenía ya la empresa en 3 zonas pese a que todo vaya unido para que quede un poco más clara la explicación.

### **5.1.1. Zona de triturado.**

Se coloca una cinta transportadora grande, con su detector de metales pertinente, que soporte un peso más elevado que la actual y en ella se posicionarán directamente las balas de las que aproximadamente entrarán unas 3. Esta cinta irá directa a una máquina de triturar nueva.

La máquina nueva tendrá como función sustituir las guillotinas que son una zona con muchas roturas, como ya he comentado antes, es poco efectiva y también es peligrosa. En la zona de trabajo de las guillotinas están muy expuestos los operarios y para realizar el trabajo habitual se ejerce mucho esfuerzo físico que puede suponer lesiones. Esta máquina contará con un sistema automático que cuando detecte una bajada en el consumo eléctrico (momento en el cual no ejerce resistencia el caucho pues ya está triturado todo) hará avanzar el siguiente montón de caucho y mandando el triturado al molino.

La nueva trituradora reducirá el tamaño de las balas grandes a uno aceptable para entrar en el molino triturador, y al ser el tamaño menor que el que provenía de las guillotinas, el producto estará mejor triturado y en menos tiempo siendo más fácil de mezclar a posteriori.

La ensacadora también se verá modificada, a ella llegará lo del molino quitando el sistema de aspiración que había anteriormente por uno más corto, pero se eliminará el ensacado. El ensacado tenía como labor el poder transportar los materiales en sacos hasta el bambury que se encontraba alejado, pero ahora estará seguido, y almacenar lo sobrante es algo que es preferible evitar como hemos visto a lo largo de este trabajo. Los sacos solo suponen gasto y pérdida de calidad, pues el plástico de estos se mezcla con el caucho restando propiedades mecánicas y pudiendo dañar los mecanismos por los que pasa. El sistema de pesaje de la ensacadora se seguirá usando y se acumularán montones con el peso que tenían los sacos en una cinta formada por cajones que permiten el transporte sin que se vierta nada.

### 5.1.2. Zona de mezclado

Previamente a que las granzas de triturado lleguen al mezclador se le deben añadir los químicos para vulcanizar el caucho. El método tradicional ya se explicó que puede generar problemas, es por esto por lo que se va a automatizar para evitarlos. Se colocarán una serie de depósitos grandes, cada uno de ellos con una sustancia química necesaria para realizar el proceso, estos depósitos deberán rellenarse por la parte superior cuando bajen de un determinado límite, en este momento se emitirá una señal que avisará para que se rellene, e incorporan un sistema de agitación para evitar que se apelmacen los polvos.

Los cajones pasarán por unos dispensadores con unos sensores que los detectarán y en ellos se verterá la cantidad exacta de cada componente, para ello se debe introducir el producto que se está produciendo y cargarlo de la base de datos. Para poder tener bien estructuradas las distintas fórmulas, se deben calcular las tolerancias admisibles de las cantidades y consultar estas con los operarios especializados en el tema, que serán los encargados en supervisar esta zona.

El bambury seguirá con su funcionamiento habitual, pero sufriendo un par de cambios. El primero es el ya mencionado en este documento de la sustitución del pistón neumático por uno hidráulico, teniendo más importancia aún pues no habrá un operario pendiente de él, como se verá en el segundo cambio, y se deben evitar al máximo roturas y atascos. El segundo cambio será automatizar el cuadro de maniobras para que funcione automático e instalar aquí el control de los aditivos pues al estar sobre una plataforma junto a los depósitos, es el lugar más cómodo.

Modificar la salida de la extrusora para alimentar automáticamente la calandra. Se trata de un sistema de suministro de material, un proceso automático y desasistido, que dirija directamente el chorro. El problema de que se puedan producir atascos por coincidir el pistón estirado con el vertido del bambury sigue presente, pero se puede solucionar fácilmente, al ser un proceso automatizado se pueden calcular y programar los tiempos, que serán siempre los mismos, de forma que el vertido coincida con la posición en la que el pistón se encuentra completamente recogido.

### 5.1.3. Zona de conformado

Los churros de caucho que salen de la extrusora se deben ir colocando mediante unas guías automáticas alternando a izquierda y derecha para que pueda salir uniforme la manta plana por el otro lado de la calandra. Esta máquina se debe regular al empezar el proceso para determinar las medidas de ancho y de espesor que se quieren obtener. Para asegurar que el ancho es el que se quiere se instalarán unos sistemas de corte laterales que cortarán los bordes que excedan el ancho requerido. Seguido a esto, mediante un sistema de noria, se recogen los excedentes y se vuelven a introducir en la parte anterior a la calandra para no perder material válido. El fin de estos cambios es obtener una manta de caucho lo más homogénea posible que no requiera manipulación posterior.

Tras salir de la calandra en vez de rociarle sustancia antiadherente por encima se pasará la tira entera por una bañera con la sustancia, asegurando que todo queda bien impregnado y sin necesidad de un empleado rociando cada cierto tiempo.

Al salir de la bañera se coloca en la cinta transportadora, en la que se aporta un secado para eliminar la excedencia de líquido. Esta cinta debe tener regulada la velocidad para que vaya acorde con la velocidad de salida de la calandra. Desde esta cinta la manta entra directa en la cortadora.

Existen dos máquinas de cortar diferentes. En primer lugar, está la que se coloca en serie seguida de la cinta transportadora y corta directamente la manta, esta máquina es la que más se suele emplear ya que corta unos tamaños estándares que son los más frecuentes, por eso es la que se posiciona seguida del resto de maquinaria. En segundo lugar, tenemos la máquina menos empleada que corta unos formatos menos frecuentes y por eso se sitúa apartada. Para que la manta llegue a la segunda máquina se debe programar la primera en un programa específico, de esta forma se corta con una longitud apropiada y luego, mediante una carretilla, se transportan las mantas a la segunda para cortarlas. Este proceso no se suele emplear en la mayoría de los productos, por eso se ha dejado apartado, pese a que lo mejor sería poner una tras otra y desconectar la innecesaria, para evitar posibles atascos al pasar la manta cortada en trozos relativamente pequeños de una máquina a otra

## 5.2. Beneficios e inconvenientes.

Las ventajas de esta automatización son numerosas y algunas ya se han ido mencionando durante la descripción del proceso, los principales beneficios son los siguientes:

- **Calidad superior:** automatizando se puede permitir una mayor precisión que la conseguida por los operarios de forma manual, se ajustan los procesos y mediante pruebas se puede saber de qué forma la calidad es mayor y hacer que haya una mayor uniformidad en el producto.
- **Ahorro a largo plazo:** el proceso automático elimina en gran cantidad los desperfectos, disminuye el malgasto eléctrico y reduce el personal necesario en la fábrica, lo que supone un ahorro muy elevado cada mes tanto en salarios como en posibles accidentes laborales.
- **Disponibilidad:** la maquinaria puede estar funcionando las 24 horas del día sin descanso, pese a ser recomendable que estén en continua supervisión.
- **Salud de los operarios:** se eliminan procesos reiterativos que tienen que realizar los operarios lo que supone fatiga mental. También se reducen las posibles lesiones y accidentes que pueden sufrir, pues se maneja material pesado durante mucho tiempo, habiendo zonas como la de carga de las guillotinas o a la salida de la extrusora de elevado riesgo por ir cargando los trozos de un sitio a otro.
- **Menores tiempos de producción:** se reducen las pérdidas de tiempo debidos al factor humano tales como las distracciones o la reducción de efectividad por la fatiga acumulada. Todos los procesos se realizan con precisión en el tiempo justo y necesario y no se requieren descansos ni hay pérdidas.
- **Menor almacenaje:** se puede regular mejor el flujo de producción para evitar acumulación de stock produciendo lo justo y evitando zona de almacenaje tal como el que había entre la ensacadora y el bambury.

Es cierto que hay más ventajas que inconvenientes a priori, pero las desventajas, pese a ser pocas, tienen mucha fuerza y es el motivo por el que muchas empresas no deciden automatizar su fábrica. Son las siguientes:

- **Coste de inversión:** se requiere de un elevado desembolso económico inicial que muchas empresas no se pueden permitir o no creen que pueda compensarse. Es verdad que en este caso muchas máquinas no habría que cambiarlas demasiado, pero hay que comprar una máquina nueva, mover las antiguas, comprar los silos de los aditivos, tirar una pared, la instalación de tecnología...
- **Poca flexibilidad:** una vez instalado el proceso tiene poca capacidad de variar puesto que todo está preparado para un producto concreto y obtenerlo de un método determinado, los cambios suponen mucha pérdida de tiempo y son muy costosos. Además, cualquier cambio que sufra el proceso hay que tener en cuenta que afecta a todo lo que viene detrás, siendo normalmente más complicado realizar una variación al principio que al final.
- **Mantenimientos más importantes:** pues al no haber zonas de parón intermedio cualquier rotura afecta a todo el proceso ya que unos dependen de otros. Al no haber operarios que estén tan cerca continuamente de las máquinas hay que llevar aún más cuidado con los mantenimientos y las inspecciones. Los mantenimientos también son más caros pues suelen ser más específicos y dependerán de empresas externas en su mayoría.
- **Dependencia:** Al ser casos muy específicos las empresas se ven obligadas a unir lazos con otras para los mantenimientos, los softwares, los recambios...

## **6. Eficiencia general de los equipos (OEE)**

### **6.1. ¿Cómo se calcula el OEE?**

La OEE mide la productividad de fabricación de la planta y el porcentaje que es realmente efectivo y productivo del funcionamiento. Esta herramienta muestra de forma sencilla como mejorar el proceso, permite saber dónde se producen las pérdidas, mejorar la productividad y tener una idea global del proceso. La OEE se basa en 3 principios para calcularse:

- **Disponibilidad:** indica la cantidad de tiempo que ha estado funcionando la máquina con relación al tiempo que se había estimado que estuviera en funcionamiento (solo cuenta el tiempo dentro del horario estipulado no cuentan las horas que no estuvieran planificadas). Los principales causantes de una baja disponibilidad son el mantenimiento necesario de las máquinas tales como el cambio de herramientas o la lubricación y sobre todo las roturas.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TIEMPO PRODUCTIVO}{TIEMPO PLANIFICADO}$$

- **Rendimiento:** cuánto se ha producido en el tiempo que han estado en funcionamiento las máquinas con respecto a lo que se podría fabricar en ese espacio de tiempo (se calcula cuánto tarda en producirse el producto en cada apartado y con este dato se calcula los que se podrían haber producido). Una causa importante de un menor rendimiento es la fatiga de los empleados, tanto física como mental, y el estado de la materia prima que puede hacer que sea más rápida de tratar o menos.

$$RENDIMIENTO = \frac{PRODUCCIÓN REAL}{CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN}$$

- **Calidad:** es el dividendo de la cantidad de piezas fabricadas que pueden ser consideradas válidas, sin desperfectos ni necesidad de realizarle más trabajos, entre el número total de piezas que se han fabricado en el tiempo de estudio. En este apartado afectan multitud de factores como el material de partida, los aditivos, el buen funcionamiento de las máquinas, los errores humanos en el proceso.

$$CALIDAD = \frac{PIEZAS\ VÁLIDAS}{PIEZAS\ PRODUCIDAS}$$

De las fórmulas de la disponibilidad, rendimiento y calidad se obtendrán unos coeficientes que se encontrarán entre 0 y 1, estos valores se deben multiplicar entre ellos y de ahí se obtendrá un coeficiente que al multiplicarse por 100 nos dará el porcentaje de OEE de la empresa.

$$OEE = (DISPONIBILIDAD \times RENDIMIENTO \times CALIDAD) \times 100$$

Una vez resuelta la fórmula anterior ya tendremos el valor numérico, total o de una zona específica, del OEE en porcentaje, pero es importante tener una referencia como guía para poder comparar qué valor es razonable obtener, puesto que un dato por sí mismo no tiene ningún valor. Lo recomendable es que el OEE esté por encima del 70% siendo lo óptimo un porcentaje que sea superior al 85% y un mal resultado sería un valor inferior al 60%.

OEE < 60%	Pérdidas relevantes y no hay competitividad. INACEPTABLE
60% <= OEE < 70%	Pérdidas económicas y baja competitividad. REGULAR
70% <= OEE < 80%	Ligeras pérdidas económicas, se deben aplicar mejoras para tener buena competitividad. ACEPTABLE
80% <= OEE < 95%	Valores considerados "WORLD CLASS" y buena competitividad. BUENO
OEE < 95%	EXCELENCIA

TABLA 1: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL OEE

Es importante intentar mejorar las zonas que tengan un OEE inferior, pero sin obsesionarse con el valor global. Se trata de un factor que refleja la productividad, pero hay muchos puntos importantes de la empresa que no tiene en cuenta y que no deben dejarse de lado, como el estado de la empresa, el factor humano y los valores que se ofrecen al cliente.

## 6.2. Cálculos de las distintas situaciones

### 6.2.1. Cálculos de la situación actual.

Mediante los cálculos ya explicados obtendremos los valores OEE. En primer lugar, se calculará el de cada máquina a lo largo de una semana y con estos datos se realizará la media para obtener el OEE total que actualmente posee la empresa.

Empezando por las guillotinas la disponibilidad es alta pese a que cuando se debe realizar el cambio baja el porcentaje ese día, el rendimiento es de los más bajos de la fábrica pues se requiere de un alto esfuerzo físico, lo que hace que los operarios se ralenticen con el paso del tiempo y la calidad es alta pues el proceso de corte apenas desecha piezas, algo que será común en casi todas las máquinas.

GUILLOTINAS				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,75	0,73	0,97	53,35
MARTES	0,89	0,77	0,97	66,57
MIÉRCOLES	0,88	0,69	0,97	58,85
JUEVES	0,90	0,71	0,97	61,69
VIERNES	0,87	0,67	0,97	56,58
TOTAL	0,85	0,71	0,97	59,41

TABLA 2: OEE GUILLOTINAS SITUACIÓN ACTUAL

El molino tiene una disponibilidad alta pues funciona automático, aunque tiene bastante mantenimiento que realizarle, sin embargo, el rendimiento es bastante bajo pues tritura lo que le llega desde la guillotina que produce de forma intermitente habiendo momentos en los que no tiene nada y cuando lo tiene no trabaja a su máxima capacidad. Por otra parte, con la calidad pasa lo mismo que en la guillotina, prácticamente todo lo que sale vale.

MOLINO TRITURADOR				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,84	0,67	0,98	54,72
MARTES	0,90	0,69	0,98	61,15
MIÉRCOLES	0,89	0,65	0,98	56,82
JUEVES	0,79	0,67	0,98	51,45
VIERNES	0,91	0,69	0,98	62,00
TOTAL	0,87	0,67	0,98	57,23

TABLA 3: OEE MOLINO SITUACIÓN ACTUAL

La ensacadora tiene muchos apartados que requieren muchos mantenimientos, aunque sencillos, por ello baja un poco la disponibilidad con respecto a los ejemplos anteriores. El rendimiento depende del operario que la controla y a que no trabaja a su máxima capacidad. Los productos suelen ser válidos casi todos, de ahí la calidad alta.

ENSACADORA				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,80	0,77	0,95	58,77
MARTES	0,84	0,80	0,97	64,99
MIÉRCOLES	0,79	0,81	0,96	61,49
JUEVES	0,88	0,79	0,97	66,77
VIERNES	0,88	0,81	0,96	68,32
TOTAL	0,84	0,80	0,96	64,07

TABLA 4: OEE ENSACADORA SITUACIÓN ACTUAL

El mezclador tiene una buena disponibilidad pues no tiene mantenimientos muy frecuentes. Su rendimiento es elevado pese a que el operario sufre fatiga pues se trata del cuello de botella de la línea ya que se tarda mucho en cargar los sacos y añadir los químicos. La calidad baja en esta máquina pues la mezcla de químicos o las condiciones de mezclado influyen mucho en el producto final.

BAMBURY				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,89	0,89	0,83	66,07
MARTES	0,91	0,91	0,87	71,70
MIÉRCOLES	0,90	0,92	0,86	71,07
JUEVES	0,89	0,91	0,85	68,40
VIERNES	0,89	0,87	0,84	65,19
<b>TOTAL</b>	<b>0,89</b>	<b>0,90</b>	<b>0,85</b>	<b>68,49</b>

*TABLA 5: OEE BAMBURY SITUACIÓN ACTUAL*

En la extrusora también baja la calidad pues afecta a la composición del producto y se puede prevulcanizar el caucho en su interior. Con respecto al rendimiento es alto y la disponibilidad también pues no suele tener problemas.

EXTRUSORA				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,90	0,87	0,88	68,25
MARTES	0,89	0,88	0,89	69,64
MIÉRCOLES	0,91	0,87	0,91	71,83
JUEVES	0,91	0,85	0,87	67,48
VIERNES	0,91	0,85	0,90	70,08
<b>TOTAL</b>	<b>0,91</b>	<b>0,86</b>	<b>0,89</b>	<b>69,46</b>

*TABLA 6: OEE EXTRUSORA SITUACIÓN ACTUAL*

En cuanto a calidad al ser solo dar forma al material generalmente sale correcto, aunque a veces se debe retrabajar porque el espesor no cumple lo requerido. La disponibilidad es más baja que en otras por una avería que se debe solucionar actualmente y el rendimiento depende de lo que llega de la extrusora, que a veces ralentiza, y del operario que se encarga de su manejo.

CALANDRA				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,86	0,83	0,95	67,74
MARTES	0,85	0,81	0,93	64,52
MIÉRCOLES	0,84	0,80	0,96	64,21
JUEVES	0,81	0,79	0,95	60,72
VIERNES	0,83	0,81	0,94	63,19
<b>TOTAL</b>	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>	<b>0,95</b>	<b>64,07</b>

*TABLA 7: OEE CALANDRA SITUACIÓN ACTUAL*

Finalmente, las cortadoras, que se han agrupado como un cálculo único por su similitud, requieren mantenimientos en las cuchillas habitualmente y lubricación, dependen de la manipulación del operario que controla la velocidad y que la detiene para medir resultados, de ahí su rendimiento y al ser aproximados los parámetros, pues el tamaño depende de la velocidad aplicada, pueden ocasionar problemas de calidad.

CORTADORAS				
DÍA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE (%)
LUNES	0,84	0,84	0,83	58,04
MARTES	0,86	0,85	0,83	61,33
MIÉRCOLES	0,83	0,87	0,86	61,37
JUEVES	0,84	0,84	0,87	60,97
VIERNES	0,81	0,85	0,86	59,51
<b>TOTAL</b>	<b>0,84</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	<b>60,24</b>

*TABLA 8: OEE CORTADORAS SITUACIÓN ACTUAL*

A continuación, se pueden observar los resultados globales que se compararán posteriormente con el resto de las opciones. El resultado obtenido (63,56%) se calificaría como regular dentro de la tabla de los porcentajes de los OEE hecha anteriormente.

<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>				
<b>MÁQUINA</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>OEE TOTAL</b>
<b>GUILLOTINAS</b>	0,85	0,71	0,97	59,41
<b>MOLINO TRITURADOR</b>	0,87	0,67	0,98	57,23
<b>ENSACADORA</b>	0,84	0,80	0,96	64,07
<b>BAMBURY</b>	0,90	0,90	0,85	68,49
<b>EXTRUSORA</b>	0,91	0,86	0,89	69,46
<b>CALANDRA</b>	0,84	0,81	0,95	64,07
<b>CORTADORAS</b>	0,84	0,85	0,85	60,24
<b>TOTAL</b>	0,86	0,80	0,92	63,56

*TABLA 9: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL*

### **6.2.2. Cálculos de la aplicación de las herramientas Lean.**

Al no tener la situación real tras emplear las herramientas Lean se ha aumentado los distintos datos según estimaciones propias y según qué datos deberían aumentar con las mejoras aplicadas.

De forma general la disponibilidad aumentará, esto se debe principalmente a que el mantenimiento preventivo hace que las máquinas tengan que estar menos tiempo paradas pues tendrán menos averías. En este aspecto también influye el tema del arranque con anterioridad de las máquinas y los cambios realizados en algunas de ellas como es el caso de las guillotinas.

El rendimiento también sufrirá un aumento debido a aspectos tales como la aplicación de las 5S, que motiva y permite que trabaje mejor el operario; a la estandarización, teniendo métodos optimizados que hacen que el proceso sea lo más

rápido posible y a que las máquinas al estar en mejor estado por los mantenimientos y el arrancado programado trabajan mejor.

La calidad es el factor que menos varía pues en el triturado es difícil que mejore. Las zonas más afectadas serían las zonas de mezclado y las cortadoras. Esto se debe a las mejoras tales como la sustitución del pistón neumático del bambury por uno hidráulico y la estandarización general que afecta en la mezcla de aditivos, resultado de ello es un producto con la composición deseada, que la temperatura de la extrusora es la adecuada y que la velocidad de las cortadoras sea la apropiada.

Como resultado de todo obtenemos un OEE general del 71% que es un 7,5% más aproximadamente que si no se aplicara el sistema Lean. Esta situación entraría dentro de la situación de aceptable, la cual no está nada mal para una fábrica de las características de la que estamos estudiando.

<b>SITUACIÓN POST APLICACIÓN LEAN</b>				
<b>MÁQUINA</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>OEE TOTAL</b>
<b>GUILLOTINAS</b>	0,91	0,77	0,97	67,97
<b>MOLINO TRITURADOR</b>	0,90	0,73	0,98	64,39
<b>ENSACADORA</b>	0,88	0,83	0,96	70,52
<b>BAMBURY</b>	0,92	0,92	0,90	76,18
<b>EXTRUSORA</b>	0,93	0,88	0,92	75,62
<b>CALANDRA</b>	0,88	0,84	0,96	70,96
<b>CORTADORAS</b>	0,89	0,88	0,90	70,49
<b>TOTAL</b>	0,90	0,84	0,94	71,02

*TABLA 10: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN POST APLICACIÓN LEAN*

### **6.2.3. Cálculos de la automatización de la planta.**

Finalmente analizaremos el OEE de la automatización de la fábrica, este caso es el más difícil de prever puesto que incluso hay maquinaria de la que no se dispone. No se estudiarán las guillotinas que se eliminarán ni la máquina nueva de la que no se puede saber nada.

En este caso apenas subirá la disponibilidad de las máquinas con respecto al caso de la aplicación del Lean, lo poco que subirá será porque los operarios se dedicarán más a supervisar y se detectarán más posibles averías.

El rendimiento aumentará sustancialmente pues entrará más triturado con la máquina nueva en lugar de las guillotinas y al estar todo automatizado prácticamente producen todo lo que pueden las máquinas, puesto que no habrá fatiga como es el caso de los operarios. No todas las máquinas tienen el rendimiento muy alto puesto que se ven frenadas por el cuello de botella y no pueden rendir al máximo de sus capacidades, en este caso, el bambury es el cuello de botella y rendirá cercano a su máxima capacidad con un pequeño margen por si acaso.

Con respecto a la calidad se verá aumentada de forma genérica puesto que los procesos se realizarán prácticamente perfectos a no ser que haya alguna rotura, evitando errores como los que puede tener un ser humano. Mejorará mucho la zona de mezclado pues habrá exactitud en la composición de productos y la de conformado pues la precisión de la maquinaria es mucho mayor que la que tiene una persona.

Con los cambios se consigue llegar a un OEE del 80% aproximadamente, este valor ya se puede considerar como un valor bueno que eleva mucho la competitividad de la empresa.

<b>SITUACIÓN POST AUTOMATIZACIÓN</b>				
<b>MÁQUINA</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>OEE TOTAL</b>
<b>MOLINO TRITURADOR</b>	0,91	0,82	0,98	73,13
<b>ENSACADORA</b>	0,90	0,89	0,98	78,50
<b>BAMBURY</b>	0,93	0,97	0,96	86,60
<b>EXTRUSORA</b>	0,94	0,93	0,96	83,92
<b>CALANDRA</b>	0,90	0,89	0,97	77,70
<b>CORTADORAS</b>	0,91	0,93	0,96	81,24
<b>TOTAL</b>	0,92	0,91	0,97	80,19

*TABLA 11: OEE GENERAL DE LA SITUACIÓN POST AUTOMATIZACIÓN*

### 6.3. Comparativa entre las tres opciones

Una vez analizados los 3 casos distintos ya se pueden comparar y analizar el porqué de los resultados obtenidos. Analizaremos los 3 valores de los que depende la eficiencia general de los equipos:

- **Disponibilidad:** sube principalmente con la aplicación de las herramientas Lean, que es donde se realizan las mejoras que afectan a las averías y al correcto funcionamiento de las máquinas. Automatizando también subirá pues habrá más tiempo para supervisar las máquinas, pero no es una mejora tan considerable en comparación.
- **Rendimiento:** en este caso, al contrario que en la disponibilidad, automatizando aumenta el rendimiento considerablemente con respecto a la aplicación de las herramientas Lean pues se optimiza el proceso. El aumento no es mayor pues el mezclador hace de cuello de botella, pero si no sería incluso mayor el aumento.
- **Calidad:** ambos cambios suponen una mejora de calidad en el mezclado y en las cortadoras principalmente. Mejoran la exactitud del mezclado y las proporciones y que se cumplan las medidas de corte óptimas.

Con la aplicación de las herramientas Lean aumenta considerablemente el OEE de regular a aceptable, pero si el gasto no es un problema la mejor opción es la automatización que pasa de regular a buena. Hay que destacar que la automatización no supone que no se apliquen las herramientas Lean ya que ambas pueden ir de la mano.

Comparativa					
Situación	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE	Calificación
Situación actual	0,86	0,80	0,92	63,56	Regular
Situación Post herramientas Lean	0,90	0,84	0,94	71,02	Aceptable
Situación Post automatización	0,92	0,91	0,97	80,19	Buena

TABLA 12: COMPARATIVA DE LOS DISTINTOS OEE

## **7. Conclusión**

A lo largo del trabajo se ha expuesto cómo es la situación actual de todo el proceso y qué posibilidades de mejora considero que se le pueden aplicar basándome en mis conocimientos de Lean Manufacturing y en la situación presente. Cualquier mejora de las descritas aplicada por separado supondrá una mejora en el proceso, sin embargo, esta será mucho mayor si se combinan varias de ellas.

A modo de conclusión, y teniendo que elegir entre aplicar las herramientas Lean con pequeñas mejoras y la automatización del proceso, creo que con las mejoras Lean aplicadas y unos cambios de los problemas habituales sería suficiente para una empresa de estas características. Las mejoras tardarían poco en notarse a nivel productivo, supondrían un coste no muy elevado si lo comparamos con la automatización, tampoco supondrían detener el proceso mucho tiempo y posteriormente se podría plantear la opción de automatizar.

La automatización en sí es la mejor opción, pues incluye todas las mejoras Lean más otras propias, pero la inversión en una empresa como esta, con maquinaria tan antigua, supondría una inversión económica muy elevada, habría que comprar maquinaria nueva, mover las máquinas de sitio, destruir una pared de la nave y estar un tiempo sin producir, entre otras cosas. Todas estas pérdidas a la larga se verían compensadas por la reducción de personal, el aumento de seguridad y el aumento de capacidad de producción, pudiendo generar más producto del que se genera actualmente y de mayor calidad. Pero una inversión de esta índole y con la situación actual en una empresa de este tamaño es muy complicada de realizar.

Queda comprobado que la filosofía Lean Manufacturing se puede aplicar con relativa facilidad, pese a que si se quiere optimizar bien es más complejo de lo que parece, y supone una gran mejora en una empresa independientemente del sector de esta. Pero hay que tener claro que es una carrera de fondo, no es un concepto estanco que una vez logrado se deba abandonar o dejar como está, la cultura Lean se encuentra en continua evolución y siempre aparecen mejoras que se pueden aplicar y que se deben estudiar para ser más competitivo.

La realización de este trabajo fin de grado me ha permitido ampliar los conocimientos sobre el Lean Manufacturing que he adquirido durante la carrera e interesarme más en este aspecto para mi futuro profesional. También me ha ayudado a conocer cómo funciona una empresa real, cómo se organiza, cómo se solucionan los problemas, cómo pueden afectar aplicar mejoras en el proceso y cómo funcionan las distintas máquinas.



## 8. Bibliografía

- Libro de la Escuela de Organización Industrial: Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.
- <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Lean%20Manufacturing,al%20proceso%20ni%20al%20cliente.>
- <https://www.ar-racking.com/es/actualidad/blog-soluciones-almacenaje/soluciones-de-almacenaje/el-metodo-just-in-time-en-almacen-que-es-y-como-se-aplica#>
- <https://leanmanufacturing10.com/jidoka>
- <https://acmplean.com/actualidad/estandarizacion-la-puerta-hacia-la-mejora-continua/>
- <https://acmplean.com/actualidad/estandarizacion-la-puerta-hacia-la-mejora-continua/>
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21319/Capitulo4.pdf>
- <https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>

- <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/eficiencia-general-de-los-equipos>
  
- <https://leansisproductividad.com/que-es-el-oeo>
  
- <https://www.compromisorse.com/rse/2014/04/03/del-neumatico-se-aprovecha-todo/#:~:text=El%20caucho%20tarda%20100%20a%C3%B1os,se%20filtra%20y%20se%20seca.&text=Cuando%20se%20hace%20una%20rueda,se%20pone%20el%20caucho%20alrededor.>
  
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)
  
- <http://www.elaplas.es/materiales/cauchos-y-elastomeros/>
  
- <https://www.decaucho.org/que-es-el-caucho/>
  
- <https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/heijunka.html>

