

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"PLAN DE MEJORA DEL OEE A TRAVÉS DEL
MANTENIMIENTO PREDICTIVO"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero -2022

AUTOR: José Manuel Juárez Paños

DIRECTOR/ES: Ignacio Mira Solves

Índice

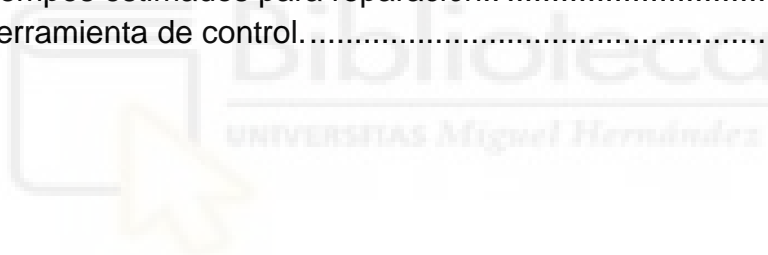
| | |
|--|----|
| 1. Justificación | 5 |
| 1.1. Evolución industrial..... | 5 |
| 2. Empresa | 8 |
| 2.1. Pompadour Ibérica | 10 |
| 2.2. Proceso productivo..... | 13 |
| 2.3. Organización de la empresa..... | 18 |
| 2.4. Estándares de calidad..... | 20 |
| 3. Herramientas a utilizar | 21 |
| 3.1. Descripción de las herramientas | 21 |
| 3.2. OEE – Overall Equipment Effectiveness | 25 |
| 4. Diagnóstico de la problemática..... | 29 |
| 4.1. Tipos de paradas..... | 29 |
| 4.2. Microparadas..... | 31 |
| 4.3. Diagnóstico de la situación..... | 33 |
| 4.4. Recogida de datos..... | 37 |
| 4.5. Implantación del reloj..... | 40 |
| 5. Propuesta de trabajo..... | 44 |
| 5.1. Planteamiento de la propuesta de trabajo | 44 |
| 5.1.1. Sistematización de la recogida de datos | 44 |
| 5.1.2. Operativa del proyecto | 48 |
| 5.2. Necesidades iniciales | 48 |
| 5.3. Distribución de las tareas | 49 |
| 5.4. Coste | 55 |
| 6. Implementación de la propuesta..... | 57 |
| 6.1. Actuaciones iniciales | 57 |
| 6.2. Sigüientes actuaciones..... | 60 |
| 7. Evaluación final..... | 62 |
| 7.1. Sigüientes pasos en el proyecto..... | 63 |
| 8. Bibliografía..... | 65 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1.- Primeras bolsitas de té: Infusión en una bolsa de muselina con un hilo de algodón para que colgara de la tetera. | 8 |
| Ilustración 2.- Tee-bombe parte del racionamiento germano de la primera guerra mundial. | 9 |
| Ilustración 3.- Primera máquina envasadora de té llamada "Pompadour".. . . . | 9 |
| Ilustración 4.- Imagen campaña publicitaria "una bolsa, una peseta". | 10 |
| Ilustración 5.- Antigua fachada antes de ampliación. | 10 |
| Ilustración 6.- Envasadora "Perfecta". | 11 |
| Ilustración 7.- Envasadora "Perfecta-HS". | 11 |
| Ilustración 8.- Envasadora "Perfecta Universal". | 12 |
| Ilustración 9.- Envasadora Perfecta Universal. | 12 |
| Ilustración 10.- Dosificación del granel en papel de filtro. | 13 |
| Ilustración 11.- Cierre del filtro. | 13 |
| Ilustración 12.- Moleteado del filtro. | 13 |
| Ilustración 13.- Corte del filtro generando bolsita. | 14 |
| Ilustración 14.- Bolsita plegada. | 14 |
| Ilustración 15.- Formado de la cabeza. | 14 |
| Ilustración 16.- Cosido de la etiqueta. | 15 |
| Ilustración 17.- Cosido de la bolsita. | 15 |
| Ilustración 18.- Presentación de la bolsita. | 15 |
| Ilustración 19.- Bolsita en envuelta. | 16 |
| Ilustración 20.- Bolsita estado final de la bolsita formada con envuelta. | 16 |
| Ilustración 21.- Paletizador de la línea 6 de fabricación. | 33 |
| Ilustración 22.-Reloj instlado para recogida de datos. | 40 |
| Ilustración 23.- Pantalla con aviso de error. | 47 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1.- Proceso completo desde recepción de materia prima hasta expedición del producto acabado..... | 17 |
| Tabla 2.- Organigrama.. | 19 |
| Tabla 3.- Producción diaria..... | 36 |
| Tabla 4.- Bolsitas por turno.. | 37 |
| Tabla 5.- Dato productivo en número de turnos. | 38 |
| Tabla 6.- Frecuencia acumulada..... | 39 |
| Tabla 7.- Tabla parcial de tiempos reflejados por el reloj. | 41 |
| Tabla 8.- Frecuencia del rango de horas disponibles..... | 42 |
| Tabla 9.- Diagrama de Gantt primer mes..... | 50 |
| Tabla 10.- Diagrama de Gantt segundo mes..... | 51 |
| Tabla 11.- Diagrama de Gantt tercer mes. | 52 |
| Tabla 12.- Diagrama de Gantt cuarto mes. | 52 |
| Tabla 13.- Diagrama de Gantt quinto mes.. | 53 |
| Tabla 14.- Diagrama de Gantt sexto mes..... | 54 |
| Tabla 15.- Tabla de costes estimados..... | 56 |
| Tabla 16.- Check List para inspecciones de los grupos. | 57 |
| Tabla 17.- Tiempos estimados para reparación.. | 58 |
| Tabla 18.- Herramienta de control..... | 59 |



1. Justificación

El constante cambio y evolución de las técnicas de fabricación en consonancia con la aparición de las nuevas tecnologías lleva a la mayoría de empresas a preguntarse “¿qué necesita nuestra organización para seguir liderando el mercado?” Es esta pregunta la que tiene como respuesta “la adaptación al cambio”. El caso de Pompadour Ibérica S.A. no es distinto.

Dada la situación que vivía la empresa, en 2017 se decide llevar a cabo esta evaluación para continuar a la cabeza del mercado de las infusiones a nivel nacional y especialmente a nivel provincial siendo una empresa referencia en la provincia de Alicante.

1.1. Evolución industrial

Las fases de cambio de la empresa han pasado por distintos ámbitos de la misma:

- Ampliación de los almacenes.

Anterior a 2018 la empresa ya habría modificado sus instalaciones realizando una obra que diera un mejor acceso y una reordenación a parte de sus almacenes agrandando una de las alas del almacén de producto terminado pero es en 2018 cuando se lleva a cabo la gran ampliación de estos almacenes dando lugar a mejorar la capacidad del almacén de producto terminado junto a la construcción de varios muelles de carga, de materia prima con la aparición de muelles para descarga que evitarían cuellos de botella entre entradas y salidas de material y la aparición de la sala de tolvas que conllevaría modificaciones en la forma de fabricar que existía.

- Ampliación de la zona de fabricación.

Dado que la ampliación de la edificación fue total, en 2018 también se amplió la zona de fabricación dando posibilidad de reestructurar su interior y de reubicar las líneas de producción instalando cintas de transporte más largas que dieran capacidad a la fabricación evitando cuellos de botella

en procesos finales de esta. Esto además permitía la subida de velocidad de las máquinas por lo que podían trabajar a mejor ritmo aumentando su productividad.

Además de ello la reubicación de las máquinas permitió con la construcción de la sala de tolvas empezar a trabajar con tolvas que alimentasen las máquinas por gravedad con sacos “big bag” evitando así constantes llenados de las mismas con sacos de menor tamaño que hacían perder operatividad.

- Integración de nuevas tecnologías.

La aparición de nuevas tecnologías y la corriente de cambio a la industria 4.0 hacen que la empresa también tenga que modificar sus procesos y en algunos casos automatizarlos. En este caso la empresa integró a sus líneas robots encajadores evitando así un proceso de manufactura reduciendo costes, aumentando operatividad y agilizando la fabricación.

Además de esto se implanta un brazo robótico para las acciones de paletizado acoplado a la línea de producción y alineado con bandas que cumplen la función de pulmón permitiendo que este trabaje montando hasta 6 palets a la vez.

- Integración de nuevas metodologías de trabajo.

Por último la integración de nuevas metodologías de trabajo implantando técnicas y lean que permiten la optimización de los procesos, la reducción de costes y la disminución de esfuerzos como son la consecución de procesos interdepartamentales reduciendo desplazamientos, la preparación anticipada de los materiales necesarios gracias a una organización de la producción, una organización estructurada de los materiales, la formación jerárquica de los equipos de trabajo designado jefes de equipo, etc...

Es en este último punto donde la empresa una vez llevadas a cabo las actuaciones de ampliación e integración de nuevas tecnologías habiendo mejorado su producción, su capacidad de almacenaje y habiendo adaptado su fabricación manufacturera a una fabricación más automatizada se pregunta

cómo continuar con la mejora de sus procesos. Es el momento del refinamiento, de la adaptación a este cambio en búsqueda de la excelencia y es por ello que orienta sus siguientes pasos en la mejora de sus procesos.

En este caso, y como objetivo del proyecto, la reducción de mermas que permitirá a la empresa fabricar produciendo una menor cantidad de desperdicios y ser más fieles a una economía circular que les permita abordar nuevos retos, como los sujetos a temáticas medioambientales, mejorando la eficiencia que llevan a cabo sus producciones.

Es por tanto que a día de hoy la empresa Pompadour Ibérica S.A. se encuentra inmersa en la remodelación constante de su forma de trabajar adaptando las nuevas tecnologías, procedimientos y filosofías de trabajo a sus instalaciones, metodologías y trabajadores y confía fielmente en que la mejora partiendo desde su núcleo de fabricación, las máquinas envasadoras, dará pie a esta ansiada mejora.



2. Empresa

La empresa Pompadour Ibérica S.A. es una empresa del sector alimenticio dedicada al envasado de infusiones y pionera en el mercado español. Es una empresa de carácter familiar constituida en 1969 que prima por la garantía y la calidad del producto apostando por la innovación y por ofrecer medios para la protección de la naturaleza fabricando de manera sostenible.

Es una empresa que procede de la matriz alemana Teekanne GmbH & Co. KG fundada en 1882 dedicada al comercio de té con sede en Düsseldorf, dueña de la patente de la bolsita de doble cámara que mejora el sabor del producto, y que utiliza el nombre de Pompadour para la comercialización en España e Italia. Sus empresarios, soñaban con que cualquier persona pueda preparar una infusión en su casa de manera sencilla y rápida; Es por tanto cuando del experimento de atar una bolsa de muselina a un hilo de algodón para poder sujetarlo a la tetera, nace la precursora de la actual bolsita de té.



Ilustración 1.- Primeras bolsitas de té: Infusión en una bolsa de muselina con un hilo de algodón para que colgara de la tetera. Fuente: Pompadour Ibérica S.A.

La empresa está registrada como una de las más antiguas que aún existen del país germano y formó parte de la historia de la primera guerra mundial aprovisionando a los soldados y civiles alemanes con "Tee Bombe" en sus raciones de campaña.



Ilustración 2.- Tee-bombe parte del racionamiento germano de la primera guerra mundial. Fuente: Pompadour Ibérica S.A.

La revolución industrial del grupo empresarial se produce en 1929 cuando uno de sus empleados, futuro copropietario, crea la primera máquina capaz de envasar bolsitas de té dando pie al envasado de su producto de manera automatizada y permitiéndoles ser líderes de la fabricación a nivel mundial. (Pompadour Ibérica S.A., 2021)

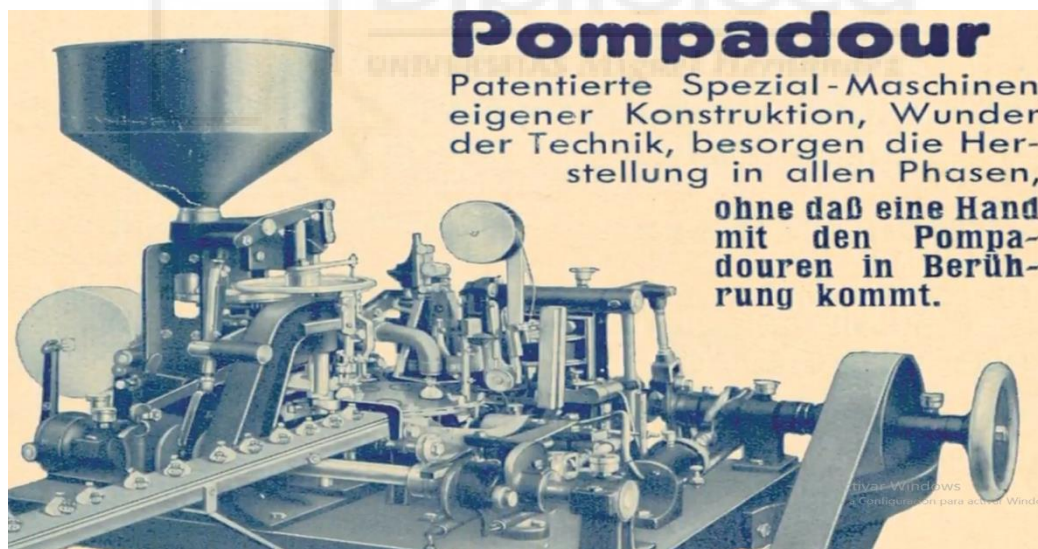


Ilustración 3.- Primera máquina envasadora de té llamada "Pompadour". Fuente: Pompadour Ibérica S.A.

Además de la industria del envasado de infusiones, Teekane se convierte de esta manera en fabricante de máquinas de envasado de infusión.

2.1. Pompadour Ibérica

La empresa Pompadour Ibérica cuenta con más de 52 años de historia, iniciando su trayectoria industrial en Novelda en 1963 donde con la confianza de Teekane consiguen importar sus productos a España y vendiendo de manera modesta solo a hostelería con el lema “una bolsa, una peseta”:



Ilustración 4.- Imagen campaña publicitaria "una bolsa, una peseta". Fuente: Pompadour Ibérica S.A.

En 1969 inauguran en Novelda (Alicante) una pequeña fábrica con cuatro máquinas *Constanta* que será trasladada en 1993 a la capital de Alicante llevando a cabo una inversión de infraestructura que les permite albergar 18 máquinas envasadoras *Constanta*. Esta nave actualmente es la sede y única fábrica de Pompadour Ibérica en España. (Pompadour Ibérica S.A., 2021)



Ilustración 5.- Antigua fachada antes de ampliación. Fuente: Pompadour Ibérica S.A.

La fábrica actual cuenta con envasadoras más modernas entre las cuales se encuentran:

- Once envasadoras *Perfecta*.



Ilustración 6.- Envasadora "Perfecta". Fuente: Elaboración propia.

- Cinco envasadoras *Perfecta-HS*: Envasadoras *Perfecta* con un módulo acoplado a ellas que les permite presentar las bolsitas de té con envueltas de diversos materiales.



Ilustración 7.- Envasadora "Perfecta-HS". Fuente: Elaboración propia.

- Tres envasadoras *Perfecta Universal*: Envasadoras más modernas que integran dicho módulo en su sistema haciendo de ellas máquinas más complejas, útiles y compactas.



Ilustración 8.- Envasadora "Perfecta Universal". Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 9.- Envasadora Perfecta Universal. Fuente: Teepack.

2.2. Proceso productivo

A través de estas máquinas se lleva a cabo el proceso productivo de la fabricación de las bolsitas de infusión que conocemos a día de hoy:

1. Caída del granel sobre el papel de filtro



Ilustración 10.- Dosificación del granel en papel de filtro. Fuente: Elaboración propia.

2. Cierre y moleteado del filtro:



Ilustración 11.- Cierre del filtro. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 12.- Moleteado del filtro. Fuente: Elaboración propia.

3. Corte del filtro:

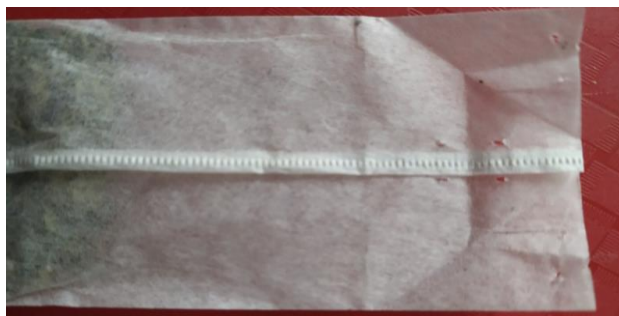


Ilustración 13.- Corte del filtro generando bolsita. Fuente: Elaboración propia.

4. Formado de la bolsita:



Ilustración 14.- Bolsita plegada. Fuente: Elaboración propia.

5. Formado de la cabeza de la bolsita:



Ilustración 15.- Formado de la cabeza. Fuente: Elaboración propia.

6. Formado del nudo:



Ilustración 16.- Cosido de la etiqueta. Fuente: Elaboración propia.

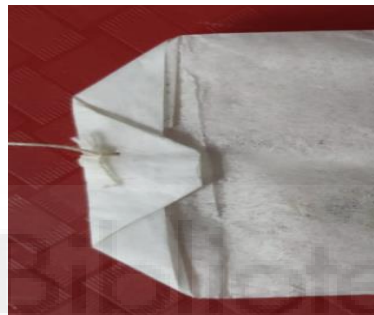


Ilustración 17.- Cosido de la bolsita. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 18.- Presentación de la bolsita. Fuente: Elaboración propia.

7. Llenado de envueltas:



Ilustración 19.- Bolsita en envuelta. Fuente: Elaboración propia.

8. Corte y sellado de envueltas:



Ilustración 20.- Bolsita estado final de la bolsita formada con envuelta. Fuente: Elaboración propia.



Tabla 1.- Proceso completo desde recepción de materia prima hasta expedición del producto acabado. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Organización de la empresa

El principal objetivo de la empresa es ser líderes en envasado y en innovación en el sector de la elaboración de café, té e infusiones según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) 1083. Es por ello que la empresa se caracteriza por la gran variedad de productos que posee, su capacidad de fabricar y envasar siendo pionera de un cambio revolucionario en la industria del envasado de fusiones produciendo, lo que se denominan, multinfusiones gracias a su equipo de I+D+i desde 2004.

Dentro de las líneas de negocio de la empresa y volcada en no ser otra empresa más del sector de la alimentación limitada por la estacionalidad con la que el público pueda calificar sus productos, en 2010 lanza al mercado las “infusiones frías” las cuales no necesitan de temperatura para obtener su mayor sabor al infundir.

Además, siendo una empresa comprometida con la salud y el bienestar de las personas Pompadour Ibérica empieza la comercialización de sabores dulces en sus infusiones con un 0% de azúcar donde no solo atrae a un público preocupado por su estado de salud sino que además abre camino orientando sus productos al cuidado de la alimentación.

La empresa, gestiona su modelo de negocio a través de un software de planificación de recursos empresariales (Enterprise Resource Planning-ERP) implantado hace menos de 6 años donde se coordina toda la actividad empresarial y donde pretenden poner medios actuales y modernos al día a día de la empresa.

Para todo el planteamiento empresarial la empresa cuenta con el servicio de más de cien trabajadores en la planta del polígono industrial de las Atalayas de Alicante entre personal interno y externo de Pompadour Ibérica formando parte del departamento de producción más del 50% de este el cual reparte su jornada de manera ininterrumpida de lunes a viernes formando equipos de trabajo a tres turnos para obtener el mejor rendimiento productivo posible.

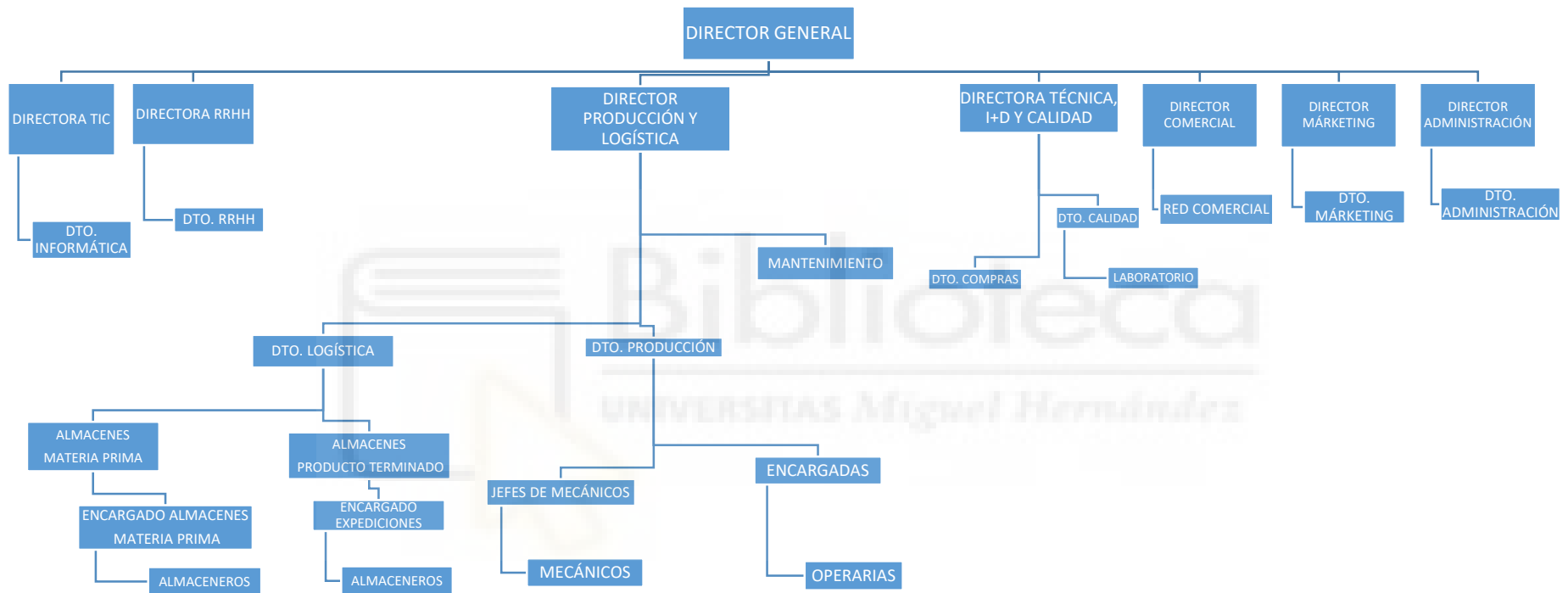


Tabla 2.- Organigrama. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Estándares de calidad

Gracias al esfuerzo de todos los trabajadores de la empresa, en especial del departamento de calidad, Pompadour Ibérica supera constantemente auditorías internas y externas que demuestran que el objetivo de la empresa no es solo destacar a un nivel innovador en el mundo de las infusiones sino hacerlo por ofrecer a sus clientes productos de la más alta calidad en las mejores condiciones.

Para certificar estos niveles de excelencia, la empresa se somete de manera periódica a evaluaciones y auditorías de los distintos organismos que velan por la seguridad alimenticia y que certifican que Pompadour Ibérica cumple con los estándares de calidad que así lo demuestran. (Pompadour Ibérica S.A., 2021)

Una de las mayores certificaciones de este sector es la International Food Standard (IFS), norma que certifica la calidad y la seguridad de los procesos de producción de los productos alimenticios.

Además de esta, la empresa posee normas más comunes como pueden ser la ISO 9001 dedicada a determinar los requisitos necesarios de un sistema de gestión de calidad o la OHSAS 18001 (nueva ISO 45001) dedicada a la salud y seguridad en los puestos de trabajo demostrando que no solo sus productos son importantes sino también el bienestar de sus trabajadores.

Por último, Pompadour Ibérica concienciada de seguir avanzando y de estar a la vanguardia del sector está inmerso en la obtención de la certificación de la ISO 14001 dedicada a la gestión ambiental demostrando la responsabilidad que tiene la empresa con el medioambiente y que sus procesos productivos no son dañinos para este reforzando así la imagen de empresa sostenible.

3. Herramientas a utilizar

Dentro de la actual filosofía de trabajo de la empresa y su reciente integración de la metodología “Lean” en las distintas áreas de la misma se decide continuar de esta manera y por tanto proponer una solución que coincida con estas formas de actuación.

Se conoce por metodología Lean la filosofía que tiene por objetivo reducir tiempo, inversión y esfuerzo en todos los departamentos de una empresa. Esta nace en Japón en los 80 y se fundamenta en dos pilares básicos:

- Eliminar todo aquello que pueda considerarse un desperdicio ya sea en materiales físicos o tiempo.
- Identificar aquellas tareas que sobrecarguen los procesos productivos.

Dentro de estos pilares básicos de la metodología Lean, se encuentran los factores más comunes a mejorar en los procesos productivos como son los movimientos innecesarios, la sobreproducción, los tiempos de espera, los transportes innecesarios de materiales, el sobre proceso, las correcciones en el producto acabado y la gestión del almacenaje.

3.1. Descripción de las herramientas

Para llegar a estas a mejorar en estos aspectos existen unas formas de actuación denominadas “herramientas Lean” y de las cuales se reconocen como herramientas principales en esta metodología las siguientes:

- 5S: Esta es sin duda la herramienta más conocida y más eficaz dentro de la mejora de procesos, la reducción de costes y la minimización de esfuerzos dentro de los procesos productivos. Es una herramienta que basa su efectividad en la implicación de todos los participantes del proceso, siendo la parte más compleja de esta herramienta junto a la definición de los propios pasos a seguir, y que consta de unas sencillas normas que se deben de inculcar en la empresa y especialmente en los trabajadores.

- “Seiri” clasificación: ¿Qué es útil? ¿Todo es necesario? Son algunas de las preguntas que se deben de hacer cuando se quiere alcanzar la excelencia con esta herramienta. La primera “S” indica que todo lo que no se use de manera frecuente, ocupa un espacio en la zona de trabajo que no está justificado y por tanto debe de eliminarse, al menos, de la zona de trabajo y reubicarse de ser necesario.
- “Seiton” orden: Una vez cumplido el primer apartado de la herramienta, toca plantear la organización de lo que queda, reubicar lo que es de uso frecuente para que siempre esté disponible y dejar en segundo plano las herramientas, utensilios, documentos, etc. que no lo sean.
- “Seiso” limpieza: Uno de los factores principales de esta herramienta donde refleja que tener un espacio de trabajo cuidado y limpio fomenta el buen ritmo de trabajo: zonas sin polvo, derrames, manchas, etc. tan aplicable a una mesa de trabajo como a una máquina donde si esta está limpia y engrasada surgirán menos paradas por obstrucciones. Es aquí donde la filosofía se aplica a la empresa y debe programar paradas para limpiezas y mantenimientos o contratar personal para realizar dichas tareas.
- “Seiketsu” estandarización: Una vez definido el cómo realizar los procesos, se deben documentar y exponer de manera que siempre estén disponibles para todos los trabajadores creando de esta forma una forma concreta y continuada en el tiempo de trabajar y de actuar. Es aquí donde una vez concretadas dichas formas y maneras de trabajo se partirá a la hora de reestructurar un proceso o establecer mejoras.
- “Shitsuke” disciplina: Sin duda la parte más compleja a la hora de aplicar esta herramienta ya que incide directamente sobre las personas y su manera de entender que un proceso está definido

por unos motivos y que, aun estando sujeto a mejora, la manera de actuar es la pautada según la estandarización llevada a cabo por la empresa. Además el ser constante en estas actuaciones pasa también por mandos intermedios responsables que sean capaces de asegurar que se cumplen dichas formas de trabajo.

- TPM o Mantenimiento productivo total: Esta es la herramienta más enfocada a la maquinaria y que tiene por objetivo optimizar las paradas para mantenimientos y justificar su actuación reduciendo el coste de las averías ya sea en repuesto o en disponibilidad de la máquina. Esta herramienta se fundamenta en tres pilares básicos orientados al mantenimiento:
 - Mantenimiento predictivo: Siendo este el más complejo, basa su actuación en la observación y comprensión de los ciclos de funcionamiento de las máquinas y esclarecer que factores, piezas o partes del proceso van a fallar antes de suceder.
 - Mantenimiento preventivo: Son acciones programadas de manera periódica que fundamentan su actuación en la reparación o ajuste de las piezas y máquinas antes del colapso o avería de las mismas.
 - Mantenimiento correctivo: Se actúa sobre la máquina una vez presenta el fallo. Es la manera más común de proceder en las empresas y es el escalón más bajo de esta herramienta.

Esta herramienta mantiene una estrecha relación con la medición del OEE (Overall Equipment Effectiveness) Efectividad Total de los Equipos.

- Flujo continuo: Este tipo de herramienta se basa en sistemas de producción pull que consisten en la fabricación contra pedido donde el cliente hace realiza un pedido y la fábrica se pone en marcha para su

producción. Este tipo de sistema de fabricación no es aplicable en esta empresa por lo que no sería una herramienta de aplicación.

- Gestión interna o Housekeeping: Forma parte del control interno de los centros de trabajo y cumple con el objetivo de disponer en todo momento de la información necesaria para la trazabilidad de un proceso. Esta herramienta se fundamenta en el control documental del proceso productivo así como toda la documentación necesaria para superar auditorías.
- Kanban: Es una herramienta que basa su efectividad en producir o preparar solo aquello que se necesita de esta manera se produce un pull de material cuando es necesario fabricar algún producto y solo se preparará el material necesario para fabricarlo. Este sistema es de aplicación en almacenes donde los materiales se preparan según las indicaciones de un albarán, nota, etc. o de un pedido a través de software.
- Automatización de tareas: Esta herramienta es más bien un concepto que generaliza que la repetición de tareas produce la especialización de la misma y es de aplicación en cadenas de fabricación donde el proceso es repetitivo y el operario en el puesto puede adaptarse de manera rápida siendo un eslabón más en la cadena productiva.
- Poka Yoke: Es la herramienta que tiene por objetivo simplificar para reducir errores. Se fundamenta en corregir los procesos haciéndolos tan sencillos y claros que no dejen lugar a dudas consiguiendo por tanto la disminución de cualquier tipo de error.
- Value stream mapping: Es una herramienta de calidad basada en software que permite la observación simultánea de todos los procesos y flujos de materiales. De esta manera se pueden detectar y solventar los principales problemas como las pérdidas de tiempo o materiales.

- OEE: Overall Equipment Effectiveness o Efectividad Total de los Equipos es un indicador que permite medir la eficiencia de las máquinas en industria a través del porcentaje de tres factores:
 - Disponibilidad de las máquinas: El tiempo real que están fabricando las máquinas a lo largo del turno de trabajo. Esto es la duración total del turno de trabajo menos los tiempos de parada por averías, microparadas, cambios de formato, cambios de producto, etc.
 - Rendimiento: Este es el valor de la fabricación por unidad de tiempo y está ligado al valor de la disponibilidad.
 - Calidad: Por último el dato de calidad que hace referencia a fabricación según los estándares marcados por la empresa o las normas de calidad. Este valor rige la fabricación ya que de nada sirve un rendimiento muy alto si la cantidad de material que se merma por falta de calidad es también muy alto.

3.2. OEE – Overall Equipment Effectiveness

Este indicador es de gran relevancia y sencillo cálculo en la mayoría de empresas además de ser una de las herramientas más eficaces en el entorno de producción ya que aporta claridad a la situación actual y permite ver la mejora evolutiva cuando se trabaja directamente sobre sus factores.

El cálculo del OEE aporta un dato interesante ya que en un único valor se evalúan los parámetros que son fundamentales en la parte productiva de una fábrica. Este indicador no solo es de fácil utilización sino que además con él se permite valorar la progresión Lean a medida que surgen las mejoras.

Este valor es indicativo fundamentalmente de las máquinas que componen el proceso productivo en una industria por lo que sus variaciones en el dato irán ligadas íntegramente a las actuaciones que se realicen sobre las máquinas ya que toda la información relativa a este indicador se obtendrá directamente de los valores de producción.

Para la obtención de estos datos en primer lugar se deben conocer las variables que afectarán al indicador y en segundo lugar se deben llevar a cabo cierto número de mediciones de estas variables antes de proceder al cálculo del valor.

La primera medición irá enfocada a la calidad del proceso productivo y distinguirá en este valor dos datos: Fabricación real y fabricación aceptada según los estándares de calidad.

- Fabricación real: Es la fabricación total llevada a cabo durante la medición; Esta incluye piezas fabricadas aceptadas por los estándares de calidad y las no aceptadas por dichos estándares. La medición de esta variable es la suma de las piezas aceptadas y las rechazadas por separado.
- Fabricación aceptada: Es la fabricación total llevada a cabo durante la medición; Esta incluye únicamente piezas fabricadas aceptadas por los estándares de calidad. Esta variable será el recuento de las piezas dadas por válidas.

El valor de calidad se calculará con la fórmula:

$$\%Calidad = \frac{Fabricación\ aceptada}{Fabricación\ real} * 100$$

Ecuación 1.- Porcentaje de Calidad. Fuente: "Lean Manufacturing", p. 51 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

La segunda medición irá enfocada al rendimiento del proceso productivo y distinguirá en este valor dos datos: Fabricación real y fabricación teórica.

- Fabricación real: Es la fabricación total llevada a cabo durante la medición; Esta incluye piezas fabricadas aceptadas por los estándares de calidad y las no aceptadas por dichos estándares. La medición de esta variable es la suma de las piezas aceptadas y las rechazadas por separado.
- Fabricación teórica: Es la fabricación máxima que puede obtener una máquina a lo largo de la medición. Este valor puede variar en función de la velocidad de consigna de la máquina según el fabricante y la velocidad de la máquina determinada por el departamento de producción. El dato se debe obtener del manual de la máquina o de manera más rudimentaria

llevando a cabo la medición del tiempo desde que entra la materia prima a la máquina hasta que sale transformada sin haber tenido ninguna interrupción y estimando unidades fabricadas entre unidad de tiempo.

El valor de rendimiento se calculará con la fórmula:

$$\%Rendimiento = \frac{Fabricación\ real}{Fabricación\ teórica} * 100$$

Ecuación 2.- Porcentaje de Rendimiento. Fuente: "Lean Manufacturing", p. 51 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

La última medición irá enfocada a la disponibilidad del proceso productivo y distinguirá en este valor dos datos: Tiempo de producción real y tiempo teórico de producción.

- Tiempo de producción: Es el tiempo que la máquina ha estado fabricando durante la medición; Esta variable solo contempla el tiempo que la máquina está fabricando y la manera más común para obtener el valor se lleva a cabo midiendo con un cronómetro el tiempo que la máquina funciona y deteniendo el tiempo cada vez que por algún motivo esta tenga un paro. Cuanto más larga sea esta medición más real será el dato.
- Tiempo teórico de producción: Es el tiempo de medición total. Este valor será la suma del tiempo que la máquina ha estado funcionando y el tiempo que la máquina ha estado parada a lo largo de la medición. Para facilitar los cálculos posteriores se puede asignar un valor a este dato: horas concretas, tiempo de un turno, tiempo que debería trabajar la máquina sin interrupciones a lo largo de un día, una semana, un mes, etc.

El valor de rendimiento se calculará con la fórmula:

$$\%Disponibilidad = \frac{Tiempo\ de\ producción}{Tiempo\ teórico\ de\ producción} * 100$$

Ecuación 3.- Porcentaje de Disponibilidad. Fuente: "Lean Manufacturing", p. 51 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

Por otro lado la herramienta de TPM o Mantenimiento productivo total será la que marque el camino en la consecución del objetivo de cero fallos. Esta herramienta indicará los escalones evolutivos por los que la empresa pasará a nivel de mantenimiento.

Habitualmente las empresas carecen de sistemas de mantenimientos adaptados a esta filosofía de trabajo y se ciñen a la reparación de la maquinaria una vez esta no es funcional o es incapaz de seguir fabricando, es decir las máquinas entran en “parada”. A esto se le conoce como mantenimiento correctivo.

El poder usar esta herramienta forma parte de una organización comprometida que sea capaz de asumir el cambio de mentalidad y pasar de reparar maquinaria cuando existe avería alguna a reparar cuando, antes de ser un problema, se prediga que la máquina va a necesitar mantenimiento, es decir, a un mantenimiento predictivo siendo así una organización excelente en este ámbito.

La teoría sobre esta herramienta indica que se mejoran los niveles de fabricación si se prevén paradas controladas en las máquinas que si las máquinas se rompen sin previo aviso generando paradas más largas y con repercusiones mayores como puedan ser la rotura de otras partes de la propia máquina o tiempos improductivos más largos, derivando ambas consecuencias en pérdidas económicas.

La implantación de los sistemas TPM pasa además por la formación adecuada de los equipos de trabajo y de un sistema de gestión de las averías que recoja las actuaciones llevadas a cabo así como facilitar las nuevas actuaciones. Son procesos largos que no muestran sus resultados hasta pasado un periodo largo desde la implantación pero la adaptación a la filosofía de trabajo que permita conseguir la excelencia en ello mejora los rendimientos productivos tanto que merece la pena integrarlos.

4. Diagnóstico de la problemática

Actualmente la empresa afronta una situación de cambio y de mejora continua en su organización, sus departamentos y en el sistema productivo que le hace estar pendiente de si su proceso de fabricación es todo lo excelente que debería o si por el contrario podría mejorar.

La jornada laboral pasa por la consecución de turnos de trabajo de mañana, tarde y noche de lunes a viernes durante siete horas y 41 minutos donde la fabricación es ininterrumpida a excepción de turnos previamente organizados para la limpieza y engrase de las máquinas, exceptuando los meses de verano.

4.1. Tipos de paradas

En la actualidad, los únicos paros programados que se realizan son para engrase y/o limpieza de las máquinas siendo esto un problema ya que el resto de los paros que se realizan son en última instancia o por necesidad en base a:

- Calidad – La producción no cumple con los estándares de calidad marcados: el hilo no tiene la forma correcta, el agujereado de la etiqueta no es el apropiado, la bolsita no está debidamente sellada, la doblez de la cabeza de la bolsita no está bien hecha, etc.
- Producción – Alguno de los elementos de la propia máquina está frenando la producción: Un detector en mal estado, una pinza que no sujeta bien alguna de las partes de la bolsita (hilo, etiqueta o filtro), alguno de los elementos está demasiado sucio por el proceso productivo y necesita limpieza y engrase.
- Avería de la maquinaria – Alguno de los elementos de la máquina están rotos o atascados y es imposible continuar con el ciclo de fabricación.

Es decir, no se contemplan paradas programadas ni existen paradas programadas para mantenimiento. Por lo que teniendo en cuenta esto y que además de las paradas controladas por limpieza y engrase, las paradas

imprevistas por motivos de calidad, producción o averías, aparecen lo que en el área de producción denomina “microparadas”.

Estas son paradas de poca complejidad en la máquina y que los operarios pueden solucionar en cuestión de pocos minutos de manera sencilla. En la mayoría de casos la solución pasa por la limpieza de detectores ópticos mediante aire o desatascando partes de la propia máquina que hayan quedado obstruidas o bloqueadas por las propias bolsitas.

Cualquiera de estos motivos genera una parada y una puesta en marcha de la máquina la cual está regulada para que, tras cada parada por error en alguno de los detectores de los elementos, expulse cierta cantidad de bolsitas a modo de seguridad evitando posibles defectos en la formación de las mismas.

Se distinguen además distintos puntos de generación de paradas desde el inicio de la fabricación; Desde las máquinas montadoras donde se lleva a cabo la confección de las cajitas en las cuales irá el producto una vez se envase podemos encontrar las primeras mermas de cartón por diversos motivos:

- Problemas intrínsecos de la materia prima.
 - El cartón viene en mal estado.
 - El troquel no es correcto.
 - El cartón es muy rígido.
- La propia máquina no realiza un buen montaje.
 - El ajuste para la máquina no ha sido el correcto.
 - Hay piezas con juego en las guías del cartón.
 - Las ventosas no actúan bien sobre el cartón y cae antes de entrar al timbrador.
 - El cartón no entra centrado al timbrador.

Estos son algunos de los motivos que provocan que la máquina genere mermas en este punto del proceso productivo.

A continuación, en las máquinas envasadoras, los paros son los anteriormente citados en base a calidad, producción y averías en la máquina:

- Calidad – La producción no cumple con los estándares de calidad marcados: el hilo no tiene la forma correcta, el agujereado de la etiqueta

no es el apropiado, la bolsita no está debidamente sellada, la doblez de la cabeza de la bolsita no está bien hecha, etc.

- Producción – Alguno de los elementos de la propia máquina está frenando la producción: Un detector en mal estado, una pinza que no sujeta bien alguna de las partes de la bolsita (hilo, etiqueta o filtro), alguno de los elementos está demasiado sucio por el proceso productivo y necesita limpieza y engrase.
- Avería de la maquinaria – Alguno de los elementos de la máquina están rotos o atascados y es imposible continuar con el ciclo de fabricación.

4.2. Microparadas

Las llamadas “microparadas” las cuales no son predecibles dado que la máquina está formada por distintos grupos de trabajo o estaciones donde de manera síncrona se conectan cada uno de los pasos hasta envasar la bolsita una vez formada. Todos estos motivos pueden generar mermas en todos los materiales que utiliza la máquina para el envasado de la bolsita de infusión, a saber:

- Materia prima a envasar.
- Filtro que forma la bolsita.
- Hilo de la bolsita.
- Etiqueta.
- Envuelta de la bolsita (en caso de llevarla).
- Grapa (en caso de llevarla).

Cada elemento se coloca en la máquina a disposición de esta para el envasado de la infusión y pasa por los grupos de la máquina recibiendo distintas transformaciones.

Las principales causas de la generación de merma en cada uno de los materiales citados son:

- Materia prima o infusión:
 - Pérdidas de material durante el transporte de la bolsita.

- La destrucción de la bolsita en el transporte por la máquina con la pérdida total de la materia prima contenida en ella.
- Filtro que forma la bolsita:
 - Un mal corte de la bobina de filtro.
 - Atasco del filtro entre los rodillos que la desplazan.
 - Un mal sellado de la bolsita.
- Hilo de la bolsita.
 - Un mal corte de la bobina de hilo.
 - Mal cogido del hilo que no llega a la bolsita.
- Etiqueta.
 - El agujero en la etiqueta no es limpio.
- Envuelta de la bolsita (en caso de llevarla).
 - El sellado de la envuelta permite ver la cara interna de la envuelta.
- Grapa (en caso de llevarla).
 - Atasco en el mecanismo que genera la grapa.

Estos motivos conllevan a una microparada o una expulsión automática de la bolsita en máquina que detecta un error en la fabricación y se autorregula para mantener el estándar de calidad. Nótese que la merma puede abarcar desde solo una cantidad de infusión sin envolver hasta la bolsita una vez en la envuelta.

Siguiendo la línea de fabricación, aparecerán errores en la máquina cerradora si cuando la caja con las bolsitas de infusión que entren en ella:

- Los inyectores de cola no hacen aplicaciones de manera homogénea.
- Las guías de la máquina no están bien ajustadas para el correcto cierre (aparecen cajas descuadradas).

Los errores en este último elemento serían los más costosos, sin tener en cuenta los errores que pudieran aparecer en el robot encajador y el paletizador, dado que aquí se considera que el proceso de envasado ha finalizado y el siguiente paso formaría parte del empaquetado para el transporte y no del artículo que recibiese un cliente.



Ilustración 21.- Paletizador de la línea 6 de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diagnóstico de la situación

Por tanto la realización de este trabajo se centra en plantear una solución apropiada al problema del bajo rendimiento de las máquinas a raíz de las paradas que sufren y disminuir la cantidad de mermas generadas por la empresa a lo largo de su proceso productivo centrándose, especialmente, en el proceso desde el conformado de la caja hasta el cierre de la misma.

Para ello, para el diagnóstico de la problemática y, como punto de apoyo, para el planteamiento de soluciones operativas, se utilizará como herramienta de análisis el OEE de la empresa.

Como se ha citado anteriormente el OEE - Overall Equipment Effectiveness o Efectividad Total de los Equipos es un indicador que permite medir la eficiencia de las máquinas en industria. A continuación se adaptan las fórmulas anteriormente expuestas para la medición, utilizando el porcentaje de los tres factores:

- Disponibilidad de las máquinas: El tiempo real que están fabricando las máquinas a lo largo del turno de trabajo. Esto es la duración total del turno de trabajo menos los tiempos de parada por averías, microparadas, cambios de formato, cambios de producto, etc.

El cálculo de este valor se obtendrá dividiendo el tiempo produciendo entre el tiempo que debería haber estado produciendo, es decir, las siete horas y 41 minutos que servirán como referencia para cada turno de trabajo.

$$\%Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Tiempo teórico de producción}} * 100$$

- Rendimiento: Este es el valor de la fabricación por unidad de tiempo y está ligado al valor de la disponibilidad. Este valor se obtiene dividiendo la fabricación real obtenida entre la producción teórica si la máquina no hubiera parado en ningún momento sabiendo que trabajan a 330 revoluciones por minuto (r.p.m. desde ahora)

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Fabricación real}}{\text{Fabricación teórica}} * 100$$

- Calidad: Por último el dato de calidad que hace referencia a fabricación según los estándares marcados por la empresa o las normas de calidad. Este valor se obtiene dividiendo la cantidad de productos buenos entre la cantidad de productos fabricados.

$$\%Calidad = \frac{\text{Fabricación aceptada}}{\text{Fabricación real}} * 100$$

Es por tanto que el producto de la disponibilidad por el rendimiento y la calidad dará el valor de OEE de la empresa:

$$OEE = \%Disponibilidad * \%Rendimiento * \%Calidad$$

Ecuación 4.- Cálculo del OEE. Fuente: "Lean Manufacturing", p. 51 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

Con el objetivo de ofrecer el mejor rendimiento de las máquinas y pretendiendo obtener unos valores de rendimiento en función del tiempo que trabaja la máquina se establece que los valores de producción de cada envasadora deben ser los correspondientes al producto del número de bolsitas por minuto, 330 rpm, multiplicado por los minutos de fabricación en un turno, siete horas y 41 minutos, obteniendo así la producción total teórica o rendimiento óptimo de las envasadoras:

$$\text{Producción total teórica}' = 330 * (7 * 60 + 41) = 152.130 \frac{\text{bolsitas}}{\text{turno}}$$

Ecuación 5.- Producción total teórica. Fuente: Elaboración propia.

Sabiendo que este valor es totalmente teórico se establecen un valor de rendimiento más acordes a una producción real para presentar a dirección asumiendo que puede haber paradas controladas o no controladas siendo este valor de, aproximadamente, un 72% del rendimiento óptimo de las máquinas (en base a la experiencia de la empresa).

$$\text{Producción esperada} = 0,723 * \text{Producción total teórica}' \approx 110.000 \frac{\text{bolsitas}}{\text{turno}}$$

Ecuación 6.- Producción esperada. Fuente: Elaboración propia.

A raíz de la toma de datos de las producciones, a través de las encargadas del turno, haciendo uso de la herramienta de cálculo Microsoft Excel se evidencia que este porcentaje de rendimiento de las máquinas no es real y que esto lleva a que los objetivos mínimos marcados para el departamento de producción no se cumplan. Esto hace plantearse al departamento que el tiempo de parada que se asume en ese casi 28% restante para el valor óptimo de rendimiento, no es suficiente.

Dado que la empresa no tiene implantada una herramienta de Value Streaming Mapping utiliza la información que los propios operarios recogen en el

documento “Hoja de producción” de manera manual. Este valor junto a comentarios de los motivos de los eventos que transcurren a lo largo del turno (cambio de formato, paradas por avería, etc) es recopilado por las encargadas en hojas de Excel preparadas para simplificar la transferencia de información a la base de datos de producción.

A través de esta base de datos se genera un diagrama de indicadores por colores que muestran si la producción de las máquinas está en los rangos adecuados.

| Fecha (dd/mm/aa) | | TURNO MAÑANA | | TURNO TARDE | | TURNO NOCHE | |
|------------------|--------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| Nº máquina | Turnos | Total filas | Total bolsitas | Total filas | Total bolsitas | Total filas | Total bolsitas |
| 102 | P | | 73.368 | | 106.736 | | 116.152 |
| 103 | P | | 128.211 | | 128.487 | | 113.540 |
| 104 | P | | 87.659 | | 116.840 | | 118.000 |
| 108 | P | | 79.822 | | 62.787 | | 74.685 |
| 117 | P | | 85.705 | | 102.045 | | 107.463 |
| 118 | P | | 96.111 | | 108.047 | | 87.013 |
| 119 | P | | 109.503 | | 101.084 | | 105.366 |
| MEDIA | | | 94.339,86 | | 103.718,00 | | 103.174,14 |
| 110 | Pu | | 109.071 | | 115.644 | | 117.001 |
| 111 | Pu | | 104.328 | | 101.770 | | 96.366 |
| MEDIA | | | 106.699,50 | | 108.707,00 | | 106.683,50 |
| 120 | P | | 65.840 | | 74.312 | | 95.203 |
| 121 | P | | 118.399 | | 108.988 | | 110.360 |
| MEDIA | | | 92.119,50 | | 91.650,00 | | 102.781,50 |
| 141 | P | | 39.771 | | 50.419 | | #N/D |
| 142 | P | | 58.545 | | 62.104 | | #N/D |
| MEDIA | | | 49.158,00 | | 56.261,50 | | #DIV/0! |
| 144 | HS | | 103.491 | | 89.294 | | 109.221 |
| 145 | HS | | 94.955 | | 96.092 | | 88.102 |
| 146 | HS | | 100.826 | | 119.111 | | 79.313 |
| 147 | HS | | 122.595 | | 97.004 | | 91.896 |
| 148 | HS | | 87.926 | | 79.548 | | 91.009 |
| 149 | HSu | | 105.100 | | 103.037 | | 112.357 |
| MEDIA | | | 102.482,17 | | 97.347,67 | | 95.316,33 |
| 190 | | | 11.162 | | 8.509 | | 5.687 |
| MEDIA | | | 11.162,00 | | 8.509,00 | | 5.687,00 |

Tabla 3.- Producción diaria. Fuente: Elaboración propia.

Según la producción total anotada y los porcentajes aplicados a las producciones aparecen tres resultados de manera visual:

- Verde: el valor real de la producción es mayor o igual que el 90% de la producción teórica esperada.
- Amarillo: el valor real de la producción es mayor o igual que el 80% y mejor que el 90% de la producción teórica esperada.
- Rojo: el valor real de la producción es menor que el 80% de la producción teórica esperada.

- #N/D: Turno sin fabricación en esa línea

De esta manera se evalúan las producciones y se detecta el problema que hace plantear que las máquinas no tienen el rendimiento esperado de ellas.

4.4. Recogida de datos

El primer indicador de la problemática que permite detectar que existen factores que no permiten la producción esperada es la constante no consecución de los valores de producción marcados como objetivo: la cifra de 110.000 bolsitas/turno que rara vez se recoge como dato de los obtenidos en las fabricaciones.

Diariamente se lleva a cabo una toma de datos que se evalúa y compara con la producción objetivo pero si reflejamos el número de veces que esta producción no llega a este resultado podemos evidenciar que algo está sucediendo:

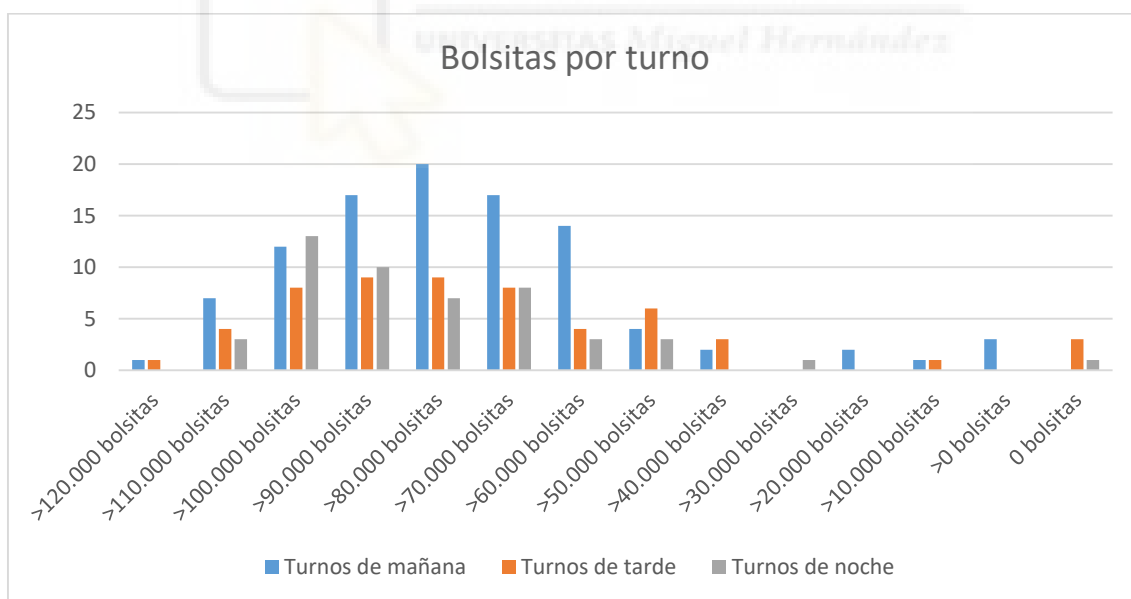


Tabla 4.- Bolsitas por turno. Fuente: Elaboración propia.

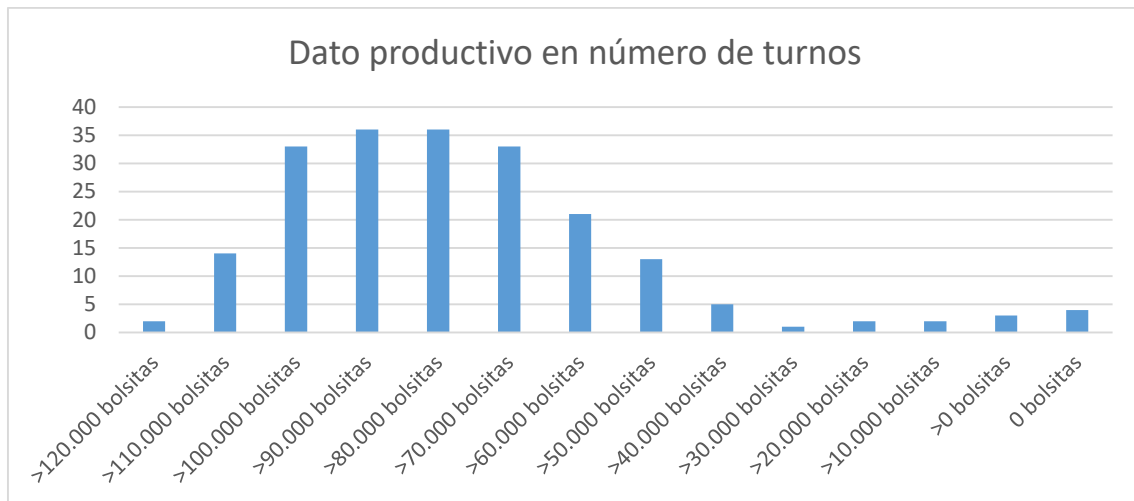


Tabla 5.- Dato productivo en número de turnos. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se plantean los motivos por los que esto puede estar sucediendo y se concluye en que estos deben ser:

- Falta de planificación en la máquina.
- Bajo ritmo productivo de la máquina.
- Pérdidas de tiempo entre cambios de formato o producto.
- Materias primas defectuosas o no acordes a la necesidad productiva.
- Exceso de producto con una calidad no deseada en la fabricación.
- Consecutivas paradas por averías o atascos en la máquina.

Se evalúan las premisas y se descartan el primer y segundo puntos por ser conocido que las máquinas no paran de fabricar antes de la finalización del turno, y que el ritmo productivo es el establecido de 330 bolsitas/minuto.

Se descartan también el tercero y el cuarto porque están asumidas estas paradas en la fabricación esperada de 110.000 bolsitas/turno y porque se revisan los materiales antes y durante de las fabricaciones para evitar estos inconvenientes, además de las cantidad de sensores integrados en las máquinas que permitirían descartar rápidamente un material y sustituirlo por otro.

Por último, también se descarta el quinto punto ya que no es común un valor alarmante, aunque si mejorable, dado que la media de este ronda el 12% de la fabricación total y se procede a evaluar el último punto: Consecutivas paradas por averías y/o atascos en la máquina.

Actualmente la evaluación de este valor pasa por dos actuaciones que se registran en el parte de producción:

- La evaluación de los operarios ubicados en las líneas de fabricación indicando cada vez que se detuviera la máquina el motivo de esta detención.
- La medición del tiempo que la máquina está parada por estas detenciones anotando el valor en minutos.

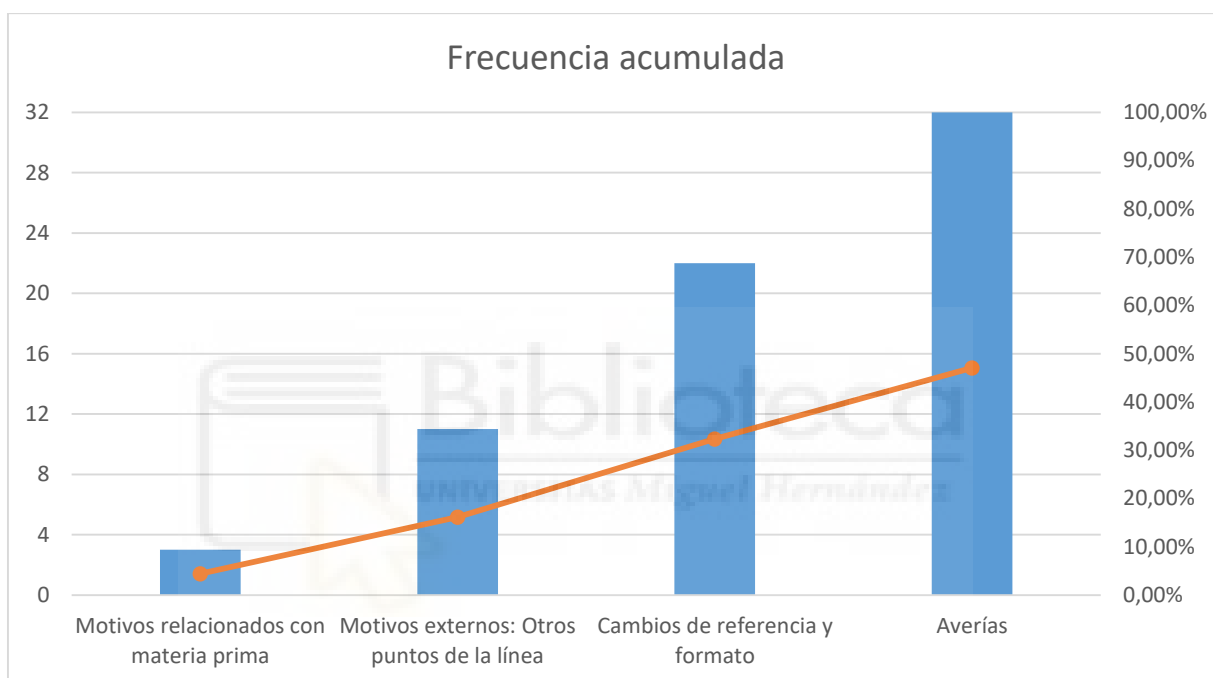


Tabla 6.- Frecuencia acumulada. Fuente: Elaboración propia.

Las primeras evaluaciones sobre estos datos dieron lugar a plantear si era la forma más operativa de obtener estos resultados dado que los operarios no cuentan con el tiempo ni los medios necesarios para llevar a cabo con precisión estas mediciones. Se pretende por tanto acotar la dificultad de la toma de datos y se indica la realización de estos únicamente en una de las máquinas a la que se le implanta un reloj que acumula el tiempo que transcurre desde que la máquina se detiene hasta que vuelve a funcionar, esta será la envasadora piloto: Máquina 144.

4.5. Implantación del reloj



Ilustración 22.-Reloj instalado para recogida de datos. Fuente: Elaboración propia.

Ante la no posibilidad de estimar de manera realista el tiempo que la máquina estaba parada dado que esto suponía invertir toda la disponibilidad de uno de los trabajadores para llevar a cabo esta medición se plantea la instalación de un dispositivo electrónico a modo de contador de tiempo que refleje el valor en horas, minutos y segundos del tiempo que ha estado parada la máquina. Este dispositivo de implantación propia permite a la empresa tener un valor totalmente fiable del tiempo de producción.

Esto facilita la medición de todo tipo de paradas desde averías de la máquina hasta microparadas difíciles de cuantificar añadiendo además el valor exacto del tiempo de parada por motivos externos a la máquina. Desde este momento el valor que se anota en el parte de producción es el valor que facilita el reloj implantado. A través de esta mejora se centra el diagnóstico en la disponibilidad a través de la siguiente tabla:

| Año | Mes | Día | Tiempo de parada (reloj) | Turno de trabajo (hh:mm) | Tiempo disponible | % Tiempo disponible |
|------|------------|-----|--------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| 2021 | Septiembre | 01 | 3:45:00 | 7:41 | 3:56:00 | 53,51% |
| 2021 | Septiembre | 02 | 2:15:00 | 7:41 | 5:26:00 | 73,92% |
| 2021 | Septiembre | 03 | 3:15:00 | 7:41 | 4:26:00 | 60,32% |
| 2021 | Septiembre | 07 | 2:26:00 | 7:41 | 5:15:00 | 71,43% |
| 2021 | Septiembre | 08 | 3:20:00 | 7:41 | 4:21:00 | 59,18% |
| 2021 | Septiembre | 09 | 6:00:00 | 7:41 | 1:41:00 | 22,90% |
| 2021 | Septiembre | 10 | 2:30:00 | 7:41 | 5:11:00 | 70,52% |
| 2021 | Septiembre | 13 | 2:17:00 | 7:41 | 5:24:00 | 73,47% |
| 2021 | Septiembre | 14 | 2:13:00 | 7:41 | 5:28:00 | 74,38% |
| 2021 | Septiembre | 15 | 2:07:00 | 7:41 | 5:34:00 | 75,74% |
| 2021 | Septiembre | 16 | 2:16:27 | 7:41 | 5:24:33 | 73,59% |
| 2021 | Septiembre | 17 | 2:08:00 | 7:41 | 5:33:00 | 75,51% |
| 2021 | Septiembre | 20 | 3:33:00 | 7:41 | 4:08:00 | 56,24% |
| 2021 | Septiembre | 21 | 4:26:51 | 7:41 | 3:14:09 | 44,02% |
| 2021 | Septiembre | 22 | 2:47:00 | 7:41 | 4:54:00 | 66,67% |
| 2021 | Septiembre | 23 | 2:53:00 | 7:41 | 4:48:00 | 65,31% |
| 2021 | Septiembre | 24 | 4:49:00 | 7:41 | 2:52:00 | 39,00% |
| 2021 | Septiembre | 27 | 4:05:00 | 7:41 | 3:36:00 | 48,98% |
| 2021 | Septiembre | 29 | 2:45:00 | 7:41 | 4:56:00 | 67,12% |
| 2021 | Septiembre | 30 | 2:18:42 | 7:41 | 5:22:18 | 73,08% |

Tabla 7.- Tabla parcial de tiempos reflejados por el reloj. Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se evidencia que la máquina piloto, y por similitud el resto de máquinas, no están trabajando el tiempo que se esperaba de ellas: la disponibilidad de las máquinas no es la adecuada.

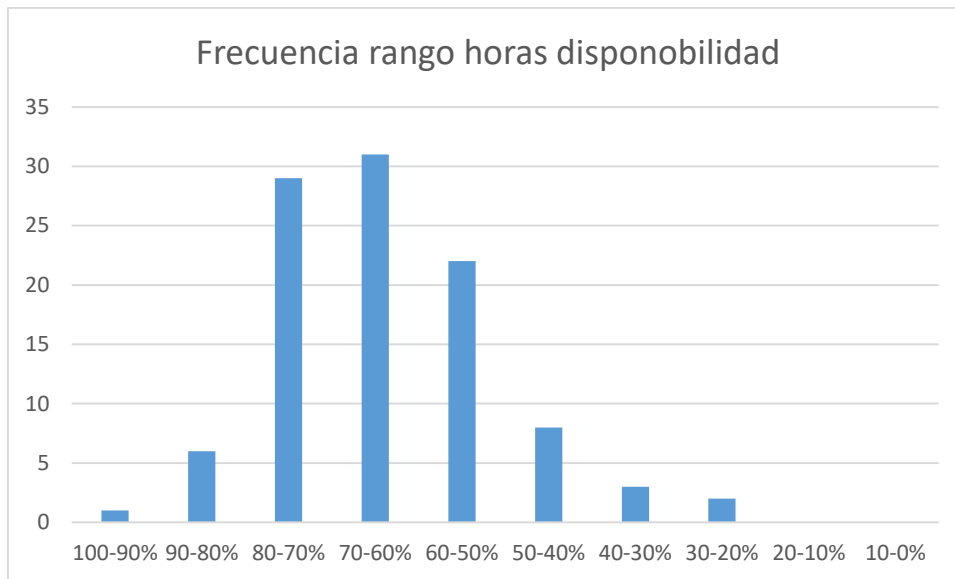


Tabla 8.- Frecuencia del rango de horas disponibles. Fuente: Elaboración propia.

Este dato hace volver a preguntarse por qué sucede esto. Si evaluamos la gráfica de frecuencia acumulada anterior podemos observar que la mayoría de paradas no programadas pertenecen a averías en los grupos de trabajo y a microparadas que son generadas por:

- Materia prima no acorde a estándares de calidad necesarios.
- Suciedad en detectores ópticos.
- Atascos en los grupos de la máquina.

La operativa si el problema fuera el primer punto sería descartar de inmediato el material y reponerlo con materia prima de otro lote por lo que la parada, una vez detectado el problema, sería puntual y no se alargaría a lo largo del turno. Se descarta este motivo ya que las paradas son cortas y constantes a lo largo de todas las fabricaciones y no de manera puntual.

Uno de los principales motivos de parada inadvertida de las máquinas es la suciedad en detectores ópticos. Este problema se resuelve en un lapso de tiempo totalmente asumible ya que consiste en la limpieza del detector óptico en cuestión mediante una pistola de aire comprimido o en su defecto con una brocha de forma algo más cuidadosa. Para que esta situación no sea constante, las máquinas tienen instaladas tuberías de aspiración que eliminan el polvo en suspensión que pueda haber. Se descarta por tanto este problema ya que

aunque la suma del tiempo que un detector está sucio es amplia las paradas se solucionan en un tiempo más que aceptable quedando este motivo en segunda posición y dejando paso a los atascos en los grupos de la máquina.

Los atascos en los distintos grupos de la máquina se producen por tres motivos: los ya citados “falta de calidad en la materia prima”, “polvo en suspensión de la máquina” y falta de ajuste en los grupos de las máquinas que permiten que el material que pasa por ellos se escape o no avance de manera adecuada generando estos atascos.

Teniendo en cuenta que los dos primeros motivos ya cuentan con una solución se centra el análisis en el último y se plantea la pregunta: ¿Están las máquinas suficientemente regladas? ¿O por el contrario necesitan ajustes más frecuentes?

Es desde este punto cuando se pretende demostrar que las máquinas a raíz de las constantes paradas de manera impredecible, como son las microparadas, las paradas por mantenimiento, los cambios de formato y los cambios de referencia están teniendo una repercusión que no permiten alcanzar el rendimiento deseado.

Será por tanto objeto de estudio y pilar de este proyecto la mejora de la disponibilidad de las máquinas. Como se ha comentado la relación entre paradas y puestas en marcha de las máquinas afecta directamente a la autorregulación de las mismas por lo que el exceso de estos no solo afecta a la producción disminuyendo su disponibilidad sino que también afecta a la cantidad de mermas que genera la máquina.

La mejora de la disponibilidad de las máquinas se verá reflejada por un lado en el aumento de la producción ya que será más probable alcanzar el porcentaje de rendimiento esperado y por otro en la reducción de mermas que se deben cuantificar dado que se reducirán los paros y arranques de las máquinas.

De manera resumida, podemos concluir que la problemática de la empresa consiste en la consecución de paros de manera no controlada que afecta directamente a la producción generando pérdidas productivas y mermas que derivan en costes económicos.

5. Propuesta de trabajo

Después del análisis de las herramientas de Lean Manufacturing disponibles y diagnosticar la problemática detectada en la empresa, se opta por la utilización de la herramienta de mantenimiento productivo total que dará lugar a establecer el futuro plan de mantenimiento empresarial con el objetivo de basarse en un mantenimiento predictivo antes que en el actual modelo de mantenimiento correctivo.

A través de esta herramienta, se valorará la mejor manera de establecer paradas controladas para el mantenimiento de la maquinaria consiguiendo de esta forma evitar en primer lugar paros no controlados y en segundo lugar más microparadas de las necesarias teniendo en cuenta que son estas las que generan un aumento de la problemática a la que se pretende remediar mediante este proyecto: reducir las mermas generadas en el proceso de fabricación.

Para ello se utilizará el indicador de OEE siendo este una base de apoyo fundamental ya que a través de sus factores (calidad, productividad y disponibilidad) se evaluará la evolución que están llevando las propuestas de mejora.

5.1. Planteamiento de la propuesta de trabajo

La propuesta de trabajo consistirá en dos partes que se complementarán siendo estas:

- Sistematización de la recogida de datos
- Operativa del proyecto

5.1.1. Sistematización de la recogida de datos

En primer lugar la medición ininterrumpida de los valores aportados por las máquinas, la recogida de datos de los operarios y la mejora de la recogida de

estos datos para obtener una información más fiable enfocada a la conocer la situación de cada máquina en cada momento.

Será necesario para esto la estructuración del plan de actuación o propuesta de trabajo:

- **Sistematizar la recogida de información:** En primer lugar, junto a la información obtenida para llevar a cabo el análisis de la problemática, se deben seguir recogiendo los datos que formaron parte de la detección del problema ya que fueron estos los que indicaron que existía y serán los que determinen si el problema empeora, se mantiene o se elimina. Será por tanto necesario seguir anotando los datos de bolsitas fabricadas, bolsitas defectuosas y tiempo estimado de la producción y para ello será necesario que el personal de las líneas (especialmente las operarias por ser las encargadas de la recogida de estos datos) continúe llevando a cabo esta tarea.
- **Análisis de la situación productiva:** Se debe tener en cuenta que, por las herramientas elegidas para llevar a cabo el proyecto, las mejoras más visibles serán el incremento de la disponibilidad de las máquinas y la reducción de las mermas y esto repercutirá directamente en la mejora de la producción. Por tanto el análisis de estos datos deberá ser constante e ininterrumpido a través de gráficas sencillas que muestren de manera más visual la evolución a lo largo de los meses. Será el departamento de producción el encargado de digitalizar estos valores llevando a cabo las gráficas citadas y evaluando la evolución de las mejoras.
- **Determinación de una línea piloto:** La evolución del proyecto está destinado a la implantación de la mejora en todas las líneas pero para llegar a este punto es necesario en primer lugar marcar unas directrices sólidas en una de las líneas. La designada para ello será la línea 6 donde se pretenden los mejores estándares de calidad y donde el proceso productivo está más controlado. Además esta línea está inmersa en un proceso de mejora continua y los trabajadores de esta aportan más

experiencia por lo que los resultados serán más visibles en un tiempo menor.

- Determinación de una envasadora piloto: La línea 6, compuesta por 6 envasadoras, es la segunda más amplia de la empresa y por tanto no sería correcto llevar a cabo los estudios y la implantación de la mejora en toda la línea. Por tanto, ya se determinó una envasadora piloto, la máquina 144. Se eligió esta envasadora por ser estadísticamente la que peores datos de producción aporta y por tanto la que dará mejores resultados además de ser la máquina que más necesidad tiene de equipararse con el resto de las máquinas de la línea. Será esta máquina donde se implanten las mejoras y donde se lleven las acciones iniciales que darán fuerza al proyecto.

Será por tanto la envasadora piloto, la máquina que deba estar en constante supervisión y la que deba estar disponible para las actuaciones necesarias.

- Calidad de los datos recogidos: Una vez se determinan los datos a recoger, la línea y envasadora donde serán necesarios estos datos de manera continuada y los recursos humanos que llevarán a cabo estas operaciones queda definir la excelencia y la necesidad de sistemas para la recogida de datos.

La máquina dispone de una pantalla que es capaz de recoger la información sobre la producción tanto de la fabricación como de las mermas producidas es por tanto que antes de continuar con el proyecto se debe llevar a cabo una revisión de los sensores que aportan estos datos.

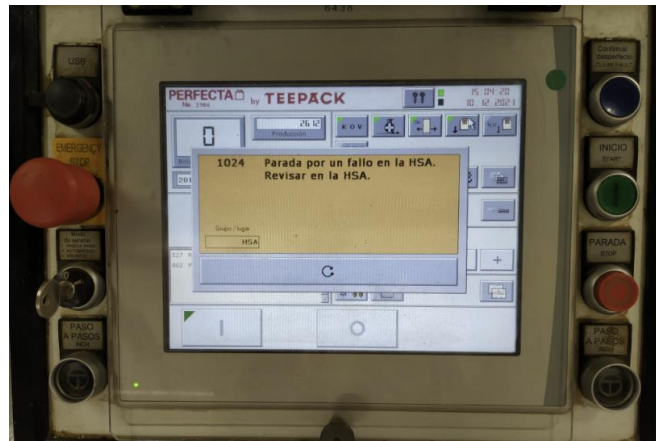


Ilustración 23.- Pantalla con aviso de error. Fuente: Elaboración propia.

Además para la recogida de manera operativa del tiempo de disponibilidad de la máquina se instala un reloj que indica el tiempo que la máquina no ha trabajado.

- Análisis de la información y enfoque de la solución: Una vez analizados los valores obtenidos por los operarios en materia de disponibilidad y digitalizados por el departamento de producción será este el encargado de seguir digitalizando el resto de información que se añade referente al proyecto. Este tipo de información será la aportada por los check list completados por los jefes de mecánicos que deberán entregar al departamento y que desde este se encargarán de dar forma a la base de datos de revisiones de los grupos.

Para esto será necesaria la creación de una plantilla en PDF, a modo de check list, que les facilite la tarea y la creación de una base de datos, a través de una hoja de cálculo Excel, que indique el número de inspecciones llevadas a cabo y contabilice el número de inspecciones no superadas por grupo para determinar que partes de la máquina son más sensibles y por tanto necesitan más supervisión.

5.1.2. Operativa del proyecto

- Propuesta de trabajo: El proyecto se fundamentará en la supervisión constante de la máquina piloto, de manera inicial, por parte de los jefes de mecánicos. Esta estará sometida en cada turno a la revisión de los grupos de mayor sensibilidad ya detallados anteriormente y para esto es necesaria la disponibilidad de esta figura a lo largo del turno. Una vez se dé la necesidad de reparación de los grupos, será inicialmente el jefe de mecánicos quien lleve a cabo estas reparaciones en los tiempos estipulados en una tabla de nueva creación en consenso con los comentarios de los mecánicos.

5.2. Necesidades iniciales

Será por tanto necesario para la implantación de la propuesta disponer de:

- Operarias que cumplimenten el parte de producción. Una operaria por turno para este fin.
- Sistemas informáticos que permitan realizar tablas dinámicas y gráficas que de manera visual permitan controlar la evolución diaria del proyecto.
- Una persona del departamento de producción con capacidad de digitalizar la información, transferirla a dichas gráficas y evaluar la situación.
- La disponibilidad de la línea 6 y con ello sus operarios para la realización de acciones necesarias para la consecución del proyecto.
- La disponibilidad de la envasadora 144 para llevar a cabo en ella las reparaciones necesarias en los momentos que se considere.
- Será necesaria la utilización de la pantalla integrada en la máquina una vez revisada teniendo la certeza de que el funcionamiento es el adecuado.
- La implantación de un reloj que acumule el tiempo de parada para controlar la evolución de la disponibilidad de la máquina.
- La disponibilidad del jefe de mecánicos para llevar a cabo las inspecciones y las reparaciones.

- La disponibilidad de una persona capaz de dar formato a los check list, trabajar con la base de datos donde se volcarán estos y realizar las correctas modificaciones en ella en caso de ser necesario.
- La disponibilidad de una persona del departamento de producción capaz de digitalizar los check list y dar valor añadido a estos evaluando si la cantidad de inspecciones llevadas a cabo por los jefes de mecánicos son las necesarias para reparar un grupo o si por el contrario no es necesario interrumpir la máquina con tanta frecuencia.
- La disponibilidad de instalaciones y herramientas para llevar a cabo las reparaciones así como disponibilidad de repuesto en caso de ser necesario.

5.3. Distribución de las tareas

Todo el procedimiento se ha llevado a cabo en los plazos marcados a continuación mediante el siguiente diagrama de Gantt que queda dividido por colores entre parte de gestión (azul) y parte operativa (verde) en función de los trabajos realizados:

| MES 1 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| Detección de la problemática | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puesta en común de la posible problemática | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de las propuestas | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Actuación sobre la problemática | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recogida de datos inicial | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de los datos | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puesta en marcha del reloj | | | | | | | | | | | | X | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recogida de datos del reloj | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 9.- Diagrama de Gantt primer mes. Fuente: Elaboración propia.

| MES 2 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Recogida de datos: reloj+producción | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | |
| Evaluación de los datos de tiempo obtenidos | | | | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Interpretación de los datos obtenidos y cruce inicial de información con producción | | | | | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| Recopilación de grupos más sensibles teóricamente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| Recopilación de información sobre tiempos de mantenimiento estimados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | |
| Generación de documentos para recogida de datos de inspección de los grupos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | |
| Implantación de recogida de datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | |

Tabla 10.- Diagrama de Gantt segundo mes. Fuente: Elaboración propia.

| MES 3 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Recogida de datos: reloj+producción | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X |
| Implantación de recogida de datos de inspección de los grupos | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recogida de datos de inspección de los grupos | | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X |

Tabla 11.- Diagrama de Gantt tercer mes. Fuente: Elaboración propia.

| MES 4 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Recogida de datos: reloj+producción | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X |
| Recogida de datos de inspección de los grupos | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Realización de diagrama de Pareto según información de los partes de producción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Se comienza a calcular el OEE mensualmente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |

Tabla 12.- Diagrama de Gantt cuarto mes. Fuente: Elaboración propia.

| MES 5 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| Recogida de datos: reloj+producción | X | | | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | |
| Recogida de datos inspección grupos | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | |
| Realización de diagrama de Pareto según información de los partes de producción | X | | | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación de documentos para diagrama Ishikawa | | | | | | | | | | | X | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantación documentación para diagrama de Ishikawa | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | |
| Recogida de datos diagrama de Ishikawa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | |
| Preparación herramienta recopilación y seguimiento de averías en los grupos | X | | | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantación de la herramienta | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | |
| Evaluación de los criterios de frecuencia de reparación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | |
| OEE Mensual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |

Tabla 13.- Diagrama de Gantt quinto mes. Fuente: Elaboración propia.

| MES 6 | Día | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Tareas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| Recogida de datos: reloj+producción | X | X | X | X | | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | |
| Recogida de datos inspección visual de los grupos | X | X | X | X | | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | X | X | X | |
| Evaluación de la disponibilidad de la máquina piloto tras implantación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |
| Evaluación del rendimiento tras la implantación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |
| Evaluación de la calidad tras la implantación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |
| Cálculo del OEE - Situación actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X |

Tabla 14.- Diagrama de Gantt sexto mes. Fuente: Elaboración propia.

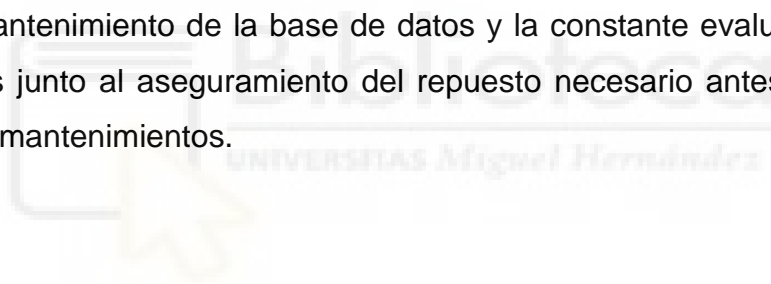
5.4. Coste

Para todo ello se deben de evaluar las horas de la puesta en marcha del proyecto donde se incluirán las horas necesarias para la realización de los documentos, la recogida de información particular inicial y la creación de la base de datos.

Se han de determinar también el total de horas necesarias de los operarios en la recopilación de la información, del personal del departamento en la digitalización de la información y de la persona encargada de la supervisión del proyecto.

Además se han de estimar las horas necesarias por parte del jefe de mecánicos en materia de recopilación de información y reparaciones. Además será parte variable del coste las piezas de repuesto, en caso de ser necesarias, que se vean implicadas en las reparaciones.

Por último se ha de tener en cuenta de manera estimada también el coste de las horas del mantenimiento de la base de datos y la constante evaluación de las reparaciones junto al aseguramiento del repuesto necesario antes de llevar a cabo dichos mantenimientos.



| Costes Fijos | Unidades | Coste bruto | Cantidad | Coste total |
|--|----------|-------------|-------------|------------------|
| Costes de gestión | | | | |
| Recogida de datos inicial de la BBDD | Hora | 9,12€ | 2 | 18,24€ |
| Interpretación de datos iniciales | Hora | 9,12€ | 1 | 9,12€ |
| Implantación de recogidas de datos | Hora | 9,12€ | 5 | 45,6€ |
| Interpretación de datos iniciales de disponibilidad | Hora | 9,12€ | 1 | 9,12€ |
| Recopilación información tipos de paradas generales - Base de datos producción | Hora | 9,12€ | 4 | 36,48€ |
| Interpretación de datos secundarios | Hora | 9,12€ | 1 | 9,12€ |
| Digitalización de toda la información | Hora | 9,12€ | 8 | 72,96€ |
| Gráficas de estadísticos | Hora | 9,12€ | 2 | 18,24€ |
| Creación de: | | | | |
| · Columna de disponibilidad en BBDD | Hora | 9,12€ | 8 | 72,96€ |
| · Base de datos reloj | Hora | 9,12€ | 4 | 36,48€ |
| · Gráficas iniciales | Hora | 9,12€ | 2 | 18,24€ |
| · Hojas de recogida de datos secundarios - Tipo de mensaje pantallas | Hora | 9,12€ | 1 | 9,12€ |
| · Tabla tiempos estimados | Hora | 9,12€ | 2 | 18,24€ |
| · Check list para inspecciones | Hora | 9,12€ | 2 | 18,24€ |
| · Base de datos con indicadores para mantenimientos | Hora | 9,12€ | 16 | 145,92€ |
| Costes operativos | | | | |
| Reloj | Pieza | 120€ | 1 | 120€ |
| Instalación reloj | Hora | 10,36€ | 3 | 31,08€ |
| Recogida datos secundarios - Averías | Hora | 9,86€ | 15 | 147,9€ |
| Costes Variables | | | | |
| Inspecciones jefe de mecánicos | Hora | 10,36€ | 2 a 4/día | * |
| Reparación | Hora | 10,36€ | 0,5 a 7/día | * |
| Repuesto | Pieza | * | * | * |
| TOTAL | | | | 837,06€+* |

Tabla 15.- Tabla de costes estimados. Fuente: Elaboración propia.

6. Implementación de la propuesta

Una vez identificada la problemática y una vez se han llevado a cabo distintas actuaciones para determinar el problema y poder afrontarlo se deberá continuar con la propia implementación a las formas habituales de trabajo sin que este procedimiento incurra en un cambio drástico de la manera de proceder actual.

Para ello parte de la fundamentación del proyecto recaerá en continuar con la obtención de datos de producción y paradas de las máquinas como se hace actualmente y prestando especial interés en la envasadora piloto que será la que determine la profundidad y efectividad del comienzo y consecución del proyecto.

6.1. Actuaciones iniciales

Tal y como se lleva a cabo actualmente, los partes de producción deberán continuar indicando los valores de producción de la envasadora piloto, el número de bolsitas defectuosas y el tiempo de parada de la máquina.

Además, los jefes de mecánicos deberán realizar continuas inspecciones a los grupos de trabajo designados como relevantes. Estos son los citados grupos más críticos en el día a día de la envasadora.



POMPADOUR IBÉRICA, S.A.

| Fecha: | | CONTROL EN PROCESOS: JEFES DE MECÁNICOS | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|---|----|----------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|---------------------|-----------------|
| Responsable: | | Turno: | | Firmado: | | | | | | | | | | | | |
| Máq. | Grupos | 21 | 25 | 27 | 44 | 60 | 80 | 53 | 180 | 76 | 71 | 62 | 70 | 40 | Gr82HS (palpadores) | Sensor empalmes |
| 144 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 16.- Check List para inspecciones de los grupos. Fuente: Elaboración propia

Estas revisiones consistirán en la observación diaria de los grupos de la envasadora comprobando que cumplen su función y anotando en las hojas check list de manera que se indique:

- ☑ - Para grupos que cumplen su cometido y por tanto tienen una evaluación favorable.
- ☒ - Para grupos que no cumplen su cometido y por tanto tienen una evaluación desfavorable.
- ≈ - Para grupos que acaban de recibir mantenimiento y están en observación. Este símbolo será de uso una vez se haya instalado el grupo en la máquina después de haberse llevado al taller dado que pueden faltarle ajustes.

Tras la consecución de un número, inicialmente arbitrario, de tres evaluaciones desfavorables el grupo en cuestión deberá ser ajustado “in situ” en el tiempo estimado en la tabla de tiempos consensuada.

De igual forma, si el número de inspecciones desfavorables es de cinco, igualmente arbitrario, el grupo deberá extraerse y llevarse al taller para su reparación y ajuste en los tiempos establecidos:

| Grupos más relevantes | Horas de reparación "in situ" | Horas de reparación taller |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 21 | 0,5 | 2 |
| 25 | 1 | 16 |
| 27 | 1 | 8 |
| 44 | 0,25 | 2 |
| 60 | 1 | 4 |
| 80 | 1 | 3 |
| 53 | 1 | 3 |
| 180 | 1 | 3 |
| 76 | 0,25 | 1 |
| 71 | 0,5 | 4 |
| 62 | 0,5 | 2,5 |
| 70 | 0,5 | 4 |
| 40 | 0,5 | 4 |
| Gr82 HS | 1 | 8 |
| Sensor empalmes | N/A | N/A |

Tabla 17.- Tiempos estimados para reparación. Fuente: Elaboración propia.

Será por tanto la evaluación mediante “Chek-list” la que justificará si hay que llevar a cabo o no una parada por mantenimiento presentando esta necesidad al

departamento de producción que tendrá la última palabra en función de las necesidades productivas de la máquina.

| Máquina | 144 | Mantenimiento "in situ" | Mantenimiento taller |
|---------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Línea 6 | 21 | Reparar | Seguir Observando |
| | 25 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 27 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 44 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 60 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 80 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 53 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 180 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 76 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 71 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 62 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | 70 | Seguir Observando | Reparar |
| | 40 | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | Gr82 HS | Seguir Observando | Seguir Observando |
| | Sensor empalmes | Seguir Observando | Seguir Observando |

Tabla 18.- Herramienta de control. La herramienta indica, según valores definidos y tras digitalizar los datos del check list, cuando y de qué tipo deben ser las reparaciones. Fuente: Elaboración propia diseñada para este proyecto.

Se debe tener en cuenta que durante estas inspecciones la máquina en cuestión sigue su funcionamiento de una manera no natural ya que genera constantes paradas y deterioros que los detectores son capaces de identificar. Esto conlleva a pérdidas productivas y riesgos en la calidad de fabricación que en última instancia deberá asumir la empresa hasta decidir que deben llevarse a cabo los mantenimientos.

Una vez asumido el paro controlado para el mantenimiento de la máquina será el jefe de mecánicos en primera instancia quien lleve estas reparaciones a cabo ajustándose a los tiempos de parada y dando fuerza a la realidad de este proyecto.

Transcurrido el tiempo en el que la máquina haya recibido mantenimientos constantes por parte de esta figura se evidenciará que esta funciona de manera

más continuada y que por tanto la cantidad de paros y mermas generados disminuirá acercándose a los valores marcados por la empresa.

Para hacer el seguimiento de esta evolución se deberán de evaluar de manera constante los siguientes puntos relacionados con el OEE de la envasadora ya que este será el indicador definitivo que presentará la mejora tras las actuaciones:

- Producción de la máquina en bolsitas.
- Cantidad de bolsitas expulsadas por no cumplir estándares de calidad.
- Tiempo que la máquina está parada.

Donde una vez reducidos los tiempos de paros la producción alcanzará valores cercanos a las 110.000 bolsitas por turno establecidas.

6.2. Sigüientes actuaciones

El proyecto debe tener una consecución en búsqueda de la excelencia y la no dependencia de la figura del Jefe de mecánicos como único recurso para un buen trabajo en estas actuaciones. Es por tanto necesario que una vez implantada la primera fase del proyecto y una correcta adecuación de la metodología de trabajo por parte de los mecánicos sean estos los que pasen a hacer las reparaciones y mantenimientos una vez lo indique el seguimiento establecido por los check list.

Es decir, en futuras actuaciones deberá ser el jefe de línea (según la jerarquía del organigrama) el que lleve a cabo estos mantenimientos y reparaciones bajo la supervisión del jefe de mecánicos promoviendo así la evolución profesional de los jefes de línea y que posteriormente sea este quien forme al resto de mecánicos de su línea.

Por otro lado se deberá de actuar como en la envasadora piloto extendiendo el proyecto por completo a la línea de la que forma parte la envasadora piloto, es decir a la línea 6. Para ello, dado que la toma de datos productivos ya es real se deberán extender los check list al resto de envasadoras e implantar un sistema

de control de paros mediante relojes que muestren el tiempo de parada. Este sistema deberá tener un reinicio centralizado en uno de los puntos de la línea para asegurar una correcta toma de datos de los operarios.

El último punto de las actuaciones una vez implantado el proyecto, deberá ser la digitalización automática de las revisiones llevadas a cabo por los jefes de mecánicos eliminando de esta manera la parte de gestión del proyecto y basando todo el trabajo y esfuerzos en detectar y solucionar averías de una manera más operativa.



7. Evaluación final

Como objetivo inicial, para el cual se redacta este proyecto, la empresa se enfoca en la mejora de su proceso productivo. A través de la mejora del parámetro de disponibilidad del OEE se pretende mejorar también los parámetros de calidad y producción dando valores más acordes a lo que deberían ser las exigencias propuestas por la directiva de la empresa.

Inicialmente el problema detectado durante la elaboración del proyecto y, donde más incide, es la disponibilidad de las máquinas teniendo en cuenta que los porcentajes planteados se alejan de lo que sería la producción deseada. Este parámetro no solo era poco adecuado por sí solo sino que también influye en los parámetros de producción y calidad arrastrándolos a estar por debajo de los valores que podrían alcanzar.

Por tanto el alcance del proyecto va intrínsecamente ligado al cambio de mentalidad en las formas de proceder del departamento de mantenimiento y producción y supeditado a las capacidades de los trabajadores implicados en él para evolucionar en su formación. Una vez implantando el proyecto a primer nivel, donde los jefes de mecánicos sean capaces de interpretar el funcionamiento de las máquinas en base a su experiencia con observaciones que determinen si merece la pena seguir observando la máquina o no y se ciñan a un plan de mantenimiento predictivo llevado a cabo según cita el proyecto la empresa notará un mejor rendimiento de las máquinas ya que estas pararán solo por verdaderos problemas detectados y no por problemas imprevistos que no se han tenido en cuenta.

De esta forma las microparadas de las envasadoras se reducirán por estar constantemente ajustadas y por tanto el valor del 47% de paros producidos por avería registrado en los partes de producción debería reducirse entre un 5% y un 10%, como mínimo, manteniéndose un porcentaje de paro inevitable por cambios de formato, problemas ajenos a las envasadoras, tiempos de reparación y paros no controlados de las envasadoras (grupos que no son habituales que fallen).

Lo positivo de este proyecto es su sencilla implantación en el campo de actuación, su bajo coste una vez definido, ya que solo ocupa el tiempo de parada de las máquinas para las reparaciones pertinentes y el tiempo de la persona encargada de llevar a cabo las reparaciones sin tener en cuenta el gasto en piezas necesario dado que este es totalmente variable y abarcaría desde la pieza más económica hasta la más cara. Es así como el coste del proyecto tiene una recuperación casi inmediata dado que se tienen las herramientas y materiales necesarios y solo se aplica una saturación puntual (en el momento de las reparaciones) de los mecánicos encargados de la operación, tiempo que ya está valorado en sus funciones por lo que no implica un sobrecoste.

El éxito de este proyecto es el reflejo de tener personas dedicadas exclusivamente a entender, mantener y reparar (en caso de ser necesario) las envasadoras: formar auténticos expertos en la maquinaria disponible que solo se consigue de manera consecutiva y con trabajo diario. Aún con esto, se debe tener en cuenta que durante los primeros meses de la implantación, los paros serán muy continuados en las máquinas dado que este tipo de mantenimiento no se ha llevado a cabo nunca y es un cambio por completo en la filosofía de trabajo pasando de mantenimiento correctivo a mantenimiento predictivo; Pero una los jefes de mecánicos hayan pasado por todas las envasadoras disponibles y necesarias por ajustar y/o reparar la frecuencia de trabajo en el taller irá disminuyendo.

7.1. Sigüientes pasos en el proyecto

Los sigüientes pasos inmediatos de cara a favorecer la evolución del proyecto son:

- Mantener la base de datos de tiempos de parada real (mediante medición utilizando dispositivos digitales) obteniendo este dato de manera automática sin depender del dato anotado por los operarios y mediante un reinicio programado del reloj.
- Elevar la implantación al sigüiente nivel donde los encargados de la línea seis sean capaces de llevar a cabo dichas reparaciones y ajustes sin depender de los jefes de mecánicos liberándolos de esta tarea.

- Implantar el proyecto en las cinco envasadoras restantes de la línea seis elevando el nivel de alcance del proyecto.
- Los encargados de línea deben continuar la formación de los mecánicos que pertenezcan a sus turnos permitiendo tener el apoyo necesario en el resto de trabajadores y pudiendo ocuparse de la evaluación de las envasadoras con el objetivo de cumplimentar los check list.

Los siguientes pasos de cara a evolucionar el proyecto pasan por:

- La implantación del mismo en el resto de líneas.
- Definir encargados de línea.
- Mejora de conocimientos en materia de mantenimiento de las operarias de las líneas donde solo haya un mecánico disponible permitiendo a este poder llevar a cabo el mantenimiento pertinente sin tener sobresaturación ni tener las envasadoras detenidas.
- Establecer una base de datos de frecuencia real de averías donde se identifique cada cuanto tiempo se ha de llevar a cabo un mantenimiento o ajuste en taller convirtiendo el mantenimiento predictivo en preventivo en base a unos conocimientos establecidos

Los siguientes pasos de cara a evolucionar el proyecto pasan por una automatización de la recogida de datos de manera centralizada (sistemas SCADA, etc) que permitan obtener la información directamente de las envasadoras y que se generen gráficas con los parámetros del OEE para una sencilla visualización y toma de decisiones en base a las operaciones necesarias establecidas por el departamento de producción permitiendo tener máquinas paradas de manera controlada y plantear esta misma operativa al resto de maquinaria de las líneas como son las montadoras, cerradoras, robots encajadores, paletizadores y cintas transportadoras.

8. Bibliografía

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2013). *Lean Manufacturing*, pp.36-50. Madrid: Fundación EOI.

Pompadour Ibérica S.A. (20 de 12 de 2021). *Pompadour*. Obtenido de <https://www.pompadour.es/el-fabricante-no1-de-espana>

Pompadour Ibérica S.A. (22 de 12 de 2021). *Pompadour centenario*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=-SeUFkCnFx0>

Pompadour Ibérica S.A. (30 de 12 de 2021). *Pompadour Ibérica*. Obtenido de <https://www.pompadour.es/calidad-garantizada>

Teepack. (30 de 12 de 2021). *Teepack*. Obtenido de <https://www.teepack.com/en/products/perfecta/overview/>

