



Retrofit de una línea de envasado de pintura tèmpera

Documento:
Memoria

Autora:
Ailèn Oteros Brugulat

Director:
David Romero Duran

Titulaci3n:
Grado en Ingeniería Eléctrica

Convocatoria:
Primavera, 2022.

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Sumario

SUMARIO	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
ÍNDICE DE GRÁFICAS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	3
LISTA DE ABREVIATURAS/GLOSARIO	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. MEMORIA	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	2
1.3 OBJETIVO DEL TRABAJO.....	3
2 EMPRESA	3
2.1 HISTORIA.....	3
3 ESTADO DEL ARTE	5
3.1 SISTEMA ACTUAL.....	5
3.1.1 LLENADO.....	5
3.1.2 TAPADORA.....	8
3.1.3 ETIQUETADORA.....	11
3.1.4 CINTA BOTES.....	11
3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA FAENA I RENDIMIENTO.....	12
3.3 CARGA DEL OPERARIO.....	13
3.3.1 125 ml.....	13
3.3.2 500 ml.....	13
3.4 LAY OUT.....	14
4 PROCESO EXPERIMENTAL	16
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	16
4.2 MEJORAS MECÁNICAS.....	17
4.3 MEJORAS ELÉCTRICAS.....	17
4.3.1 MODIFICACIÓ.....	18
4.4 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DEL PAC.....	19
4.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA.....	21
4.4.2 CONTROL DE PARADAS.....	22
4.5 PANTALLA DE CONTROL.....	24
4.5.1 PANTALLA PRINCIPAL.....	24
4.5.2 BOTONERA.....	25
4.5.3 AJUSTES:.....	25
4.5.4 MODELO:.....	25
4.5.5 VALOR POTENCIÓMETRO LLENADO PISTÓN.....	26
4.5.6 LIMPIEZA Y PURGADO.....	26
4.5.7 AGITADOR.....	27
4.5.8 TIEMPOS.....	27
4.5.9 ENTRADAS Y SALIDA PAC.....	29



5	RESULTADOS DEL PROYECTO.....	30
5.1	DIAGRAMA DE GANTT DE LA IMPLEMENTACIÓN EN LÍNEA	30
5.2	RESULTADOS DE LAS MEJORAS.....	31
5.2.1	<i>Mecánicas</i>	31
5.2.2	<i>Eléctricas</i>	31
5.3	FUTURAS MEJORAS.....	31
6	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	32
7	CONCLUSIONES	33
8	REFERENCIAS	35
9	BIBLIOGRAFÍA.....	35

Índice de tablas

TABLA 1: CARGA OPERARIO 125 [ELABORACIÓN PROPIA]	13
TABLA 2: CARGA OPERARIO 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	14
TABLA 3: ANÁLISIS FUNCIONAL [ELABORACIÓN PROPIA]	23

Índice de gráficas

GRÁFICA 1: RENDIMIENTO 125 [ELABORACIÓN PROPIA]	12
GRÁFICA 2: RENDIMIENTO 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	12
GRÁFICA 4: GRAFCET TAPADO [ELABORACIÓN PROPIA]	20
GRÁFICA 3: GRAFCET LLENADO [ELABORACIÓN PROPIA]	21
GRÁFICA 5: GRAFCET LIMPIEZA [ELABORACIÓN PROPIA]	22
GRÁFICA 6: DIAGRAMA GEMMA [ELABORACIÓN PROPIA]	20
GRÁFICA 7: GANTT DE LA IMPLEMENTACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA]	30

Índice de figuras

FIGURA 1: PLANTA FÁBRICA	4
FIGURA 2: ANTI RETORNO [ELABORACIÓN PROPIA]	6
FIGURA 3: BOQUILLAS ACTUALES [ELABORACIÓN PROPIA]	6
FIGURA 4: COLOCACIÓN DETECTORES 125 [ELABORACIÓN PROPIA]	7
FIGURA 5: DETECTORES 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	8
FIGURA 6: TAPADORA [ELABORACIÓN PROPIA]	9
FIGURA 7: VIBRADOR TAPAS 125 [ELABORACIÓN PROPIA]	9
FIGURA 8: DETECTOR FINAL CICLO ESTRELLA [ELABORACIÓN PROPIA]	10
FIGURA 9: COLOCACIÓN TAPAS 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	10
FIGURA 10: ALIMENTACIÓN TAPAS 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	11
FIGURA 11: ETIQUETADORA [ELABORACIÓN PROPIA]	11
FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN SECCIÓN 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	14
FIGURA 13: DISTRIBUCIÓN SECCIÓN 500 [ELABORACIÓN PROPIA]	15
FIGURA 14: DISTRIBUCIÓN SECCIÓN 125 [ELABORACIÓN PROPIA]	15
FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN FINAL [ELABORACIÓN PROPIA]	16
FIGURA 16: RODILLOS FINAL LÍNEA [ELABORACIÓN PROPIA]	16
FIGURA 17: CUADRO TAPADORA [ELABORACIÓN PROPIA]	17
FIGURA 18: CUADRO LLENADORA [ELABORACIÓN PROPIA]	18
FIGURA 19: CUADRO MODIFICACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA]	18
FIGURA 20: SENSORES EN LLENADO [ELABORACIÓN PROPIA]	20
FIGURA 21: SENSORES EN TAPADO [ELABORACIÓN PROPIA]	20
FIGURA 22: PANTALLA EN LA LÍNEA [ELABORACIÓN PROPIA]	24
FIGURA 23: PANTALLA PRINCIPAL [ELABORACIÓN PROPIA]	24
FIGURA 24: CONTROL DE LOS ELEMENTOS [ELABORACIÓN PROPIA]	25
FIGURA 25: AJUSTES [ELABORACIÓN PROPIA]	25
FIGURA 26: ELECCIÓN MODELO [ELABORACIÓN PROPIA]	25
FIGURA 27: AJUSTE DOSIFICACIÓN [ELABORACIÓN PROPIA]	26
FIGURA 28: MODO LIMPIEZA [ELABORACIÓN PROPIA]	26
FIGURA 29: AGITADOR [ELABORACIÓN PROPIA]	27
FIGURA 30: AJUSTES TIEMPOS TAPADORA [ELABORACIÓN PROPIA]	27
FIGURA 31: AJUSTES TIEMPOS LLENADO 1 [ELABORACIÓN PROPIA]	28
FIGURA 32: AJUSTES TIEMPOS LLENADO 2 [ELABORACIÓN PROPIA]	28
FIGURA 33: ENTRADAS PAC BOTES LLENADO Y TAPADO [ELABORACIÓN PROPIA]	29
FIGURA 34: ENTRADAS PAC LLENADO [ELABORACIÓN PROPIA]	29
FIGURA 35: SALIDAS PAC [ELABORACIÓN PROPIA]	29

Lista de abreviaturas/Glosario

OF: Operación de funcionamiento. La comanda que se hace

PAC: *Programmable Automation Controller*

— : Señal del PAC que no tiene que estar activada

Entradas PAC

0.01-0.04: Detectores botes en zona de dosificación.

0.07: Pulsador de marcha

1.00: Detector pistón llenado arriba

1.01: Detector pistón llenado abajo

1.02: Detector válvula rotativa cerrada

1.04: Detector pistón entrada botes fuera

1.06: Detector pistón salida botes fuera

Salidas PAC

100.00: Pistón de llenado baja

100.01: Pistón de llenado sube

100.02: Acciona válvula rotativa para llenado

100.03: Acciona válvula de las boquillas para dosificar

100.04: Acciona válvula pistón entrada botes

100.05: Acciona válvula pistón salida botes

100.06: Activa electroválvula anti retorno

Memorias no volátiles del programa

H0. 00: Bit limpieza, marcha modo limpieza des de táctil

H2.11: Alarma etiquetadora

H5.00: Cinta general botes activada

Memorias volátiles del PAC

W0.01: Posición inicio ok

W1.07: Fin ciclo controlado

W2.02: Etapa 2 botes: Botes en zona de dosificación

W5.03: Dosificación acabada

W6.00: Bit ciclo limpieza

W3.06: Cinta de tapas encendida

Temporizadores

T0000: Espera al volver a empezar después de pulsar paro

T0024: Al activar la cinta general, espera para que pase el arranque



Agradecimientos

Antes de empezar, me gustaría dar las gracias a todas esas personas que han estado conmigo a lo largo de la realización de este proyecto.

A mi familia por creer en mí y ser un apoyo fundamental durante toda la carrera.

También al profesorado que me ha ayudado a adquirir los conocimientos necesarios para llegar al día de hoy.

A mis compañeros de carrera con los que he compartido buenos y también críticos momentos de la carrera.

Y a la empresa JOVI S.A., que me ha dado la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos.



Resumen

El presente trabajo ha sido realizado en JOVI S.A., una empresa química dedicada a la fabricación de productos para el uso escolar.

El objetivo principal del mismo consiste en mejorar el rendimiento de la línea que produce botes de 125 ml y 500 ml de pintura de témpera. Para ellos, se ha llevado a cabo un estudio de la situación actual, se han tenido en cuenta todos los aspectos generales, y se ha prestado atención a la parte del programa, puesto que es el tema principal de este proyecto.

Una vez efectuado el estudio preliminar y seleccionado el sistema que se quiere seguir, se muestran los problemas principales actuales y cuál será la modificación para eliminar ese problema.

Finalmente, se contrastará los problemas que había en la línea y el resultado que se ha obtenido después de la modificación del elemento. También se indicarán las futuras mejoras que no se han realizado en este proyecto y que, ya sea por falta de presupuesto o dificultad de la implementación, no han estado contempladas.

Abstract

This work has been carried out in JOVI S.A., a chemical company dedicated to the manufacture of products for school use.

The main objective is to improve the performance of the line that produces 125 ml and 500 ml cans of tempera paint. For this purpose, a study of the current situation has been carried out, all general aspects have been taken into account, and attention has been paid to the programme part, as it is the main subject of this project.

Once the preliminary study has been carried out and the system to be followed has been selected, the main current problems are shown and what will be the modification to eliminate this problem.

Finally, the problems that existed in the line and the result obtained after the modification of the element will be contrasted. Future improvements that have not been carried out in this project and that, either due to lack of budget or difficulty of implementation, have not been contemplated, will also be indicated.

1. Memoria

1.1 Introducció

El siguiente TFG ha sido desarrollado en la empresa JOVI S.A., empresa española dentro de la industria química. Especializada en la fabricación de material escolar y cosmética para terceros. Creada en Barcelona a 1939 en un pequeño entepiso y actualmente establecida a Rubí, en una planta de una 6000 m².

El objetivo de este trabajo es el estudio de la línea de llenado de pintura base tèmpera de dedos, donde se envasan en formato de 125 ml y 500 ml.

Dicho producto tiene unas características viscosas idóneas para poderlo utilizar con los dedos, particularidad que lo hace apto para uso infantil 2-3 años. Actualmente la línea tiene una baja producción. El propósito de la modificación es aumentar el rendimiento de la línea hasta un 70-80%; para llegar a este objetivo, se realizar estudio del estado actual de la línea y se ejecutan las modificaciones mecánicas y eléctricas necesarias para poder llegar a los objetivos de rendimiento marcados.

Para empezar, se presentará la justificación técnica del trabajo y la descripción del objeto del ensayo en la MEMORIA.

A continuación, para tener una mejor visión del entorno en el cual se llevará a cabo la modificación, se describirá la EMPRESA donde se llevará a cabo el proyecto.

En el tercer apartado, se hará el ESTADO DEL ARTE; una descripción de la línea actual, así como los principales problemas que se tienen actualmente, tanto de distribución de la zona como de carga del operario.

A partir de los datos recogidos en la situación actual de la línea se hablará del PROCESO EXPERIMENTAL que se ha llevado a cabo, las posibles modificaciones que se pueden realizar tanto en el ámbito mecánico como eléctrico y se enfatizará en el programa del PAC.

Finalmente, se incluirán los RESULTADOS DEL PROYECTO con el diagrama de Gantt final y las futuras modificaciones que se podrían realizar en base de este trabajo.

1.2 Justificación técnica

JOVI S.A. es una compañía dedicada a la fabricación de material escolar, de oficina y de dibujo técnico, es una importante empresa española de fabricación de material escolar y fabricación de artículos de cosmética decorativa.

Como toda empresa, se busca obtener el máximo rendimiento con el mínimo de costes, con el presupuesto disponible de 100.000 €, se pretende llegar al objetivo del 70% del rendimiento de la línea, también se tendrá en consideración la estandarización de los elementos para así facilitar la obtención de recambios.

Para poder obtener la máxima producción, es importante mantener una mejora continua constante.

Utilizando recursos limitados, las empresas pueden conseguir un aumento de la productividad mediante la aplicación de elementos que permitan eliminar actividades que no generen ningún valor al producto final.

La línea produce según stock necesario en el centro logístico de la empresa, para su posterior distribución.

1.3 Objetivo del trabajo

El objetivo del presente trabajo, es aumentar el rendimiento de la línea de llenado de pintura de tempera de dedo, apta para el uso infantil.

La línea se puede dividir en 3 estaciones, llenado, tapado y etiquetado.

Por lo que hace la etiquetadora, la máquina que hay actualmente está descatalogada; esto provoca que si hay alguna avería no se dispongan de piezas de repuesto, es por eso que al empezar el proyecto una de las tareas será el cambio de dicha máquina.

Habrà que homogeneizar las máquinas entre líneas para facilitar los recambios y los servicios técnicos.

Se estudiarán diferentes opciones para hacer la modificación de la línea, teniendo en cuenta el presupuesto disponible por el proyecto. Se comparará entre cambiar toda la maquinaria de la línea o solo la etiquetadora y realizar modificaciones en las otras máquinas actuales, para disminuir las paradas, además se implementará el control en todas las máquinas puesto que actualmente solo se dispone de control vía PAC en la máquina de llenado, la parte de la tapadera actualmente está controlada a medio de sistemas de anclaje mecánico, temporizadores y relés

También se hará un estudio de la disposición actual de la línea, buscando alternativas para poder facilitar el trabajo al operario, y la carga de este durante la producción de los dos formatos.

Se dispone de un espacio limitado en el cual se puede distribuir la línea, a la vez de distribuirla se tienen que tener en cuenta los palés donde se disponen las materias primas, cajas para empaquetar, pudes, tapas... y también el palé en el que dispondrán las cajas con el producto finalizado.

Para poder cuantificar la mejora de la línea, se evaluará el aumento de la productividad y de la carga del operario, tareas que se han reducido por las micro paradas, y mejoras en los desplazamientos del operario. Se compararán los datos obtenidos antes de empezar con las modificaciones y una vez implementadas las mejoras.

2 Empresa

2.1 Historia

JOVI S.A., es una empresa familiar fundada el 1939 por dos amigos en Barcelona, José Salvador y Vicente Tejedo; de aquí el nombre de la empresa. Empezaron a crear productos escolares en un altillo de Barcelona, los primeros productos que crearon fueron un lápiz y una mina hexagonal.

El 1940 se desarrolló el primer producto, un lápiz con mina hexagonal recubierto con una etiqueta de papel. Para poder acelerar los procesos, en 1942 inventan una máquina y se trasladan a un taller, donde también disponen de oficinas y laboratorios.

En 1945 se origina la división de cosmética como proveedor para terceros.

El emplazamiento actual de la fábrica está en Rubí, con una extensión de 10.000m² donde se fabrican la mayoría de productos.

El 1991, se inaugura la sede comercial, administrativa y logística en El Prat del Llobregat con una superficie de 5500m², y una capacidad de almacenamiento de 5000 palés, cada día se transporta la producción realizada al centro logístico.



Figura 1: Planta fàbrica

La empresa està compresa en el sector de la indústria manufacturera en la activitat de fabricació de altres productes químics n.c.o.p. Esta divisió engloba totes les empreses químiques dels quals els productes no estiguin en els altres, que són; explosius, colas o olis essencials.

3 Estado del arte

3.1 Sistema Actual

Actualmente, la línea está teniendo problemas, no se ha hecho todo el mantenimiento necesario, ya que, al no tener mucha producción, se han priorizado otras líneas con una demanda de producción superior. Dentro de la línea podemos distinguir entre la producción de dos formatos, donde la parte de alimentación tanto de botes como de tapas y la prensada de esta es diferente.

Para poder tener una idea general de cómo está la línea se analizará cada máquina por separado, se estudiará en el caso de la producción de 125 ml y de 500 ml.

3.1.1 LLENADO

Debido a la temperatura de la pasta que se está trabajando o la temperatura del agua al realizar la limpieza de la máquina, provoca que las válvulas rotativas que dirigen la pintura a las boquillas o a la realimentación se encallen y los pistones que lo activan no lleguen a completar todo el recorrido, este hecho implica que no lleguen al final y los sensores no se activen, por lo tanto, el programa no puede pasar de etapa y el llenado no se completa y no se puede dosificar el producto.

En el momento de la dosificación, al encallarse los dados, pueden provocar que se queden con la válvula rotativa entreabierto y provoca derrames en la dosificación. Cuando pasa este problema, se tiene que parar la producción y esperar a que mantenimiento haga la limpieza del anti retorno.

3.1.1.1 ELEMENTOS

BOMBA

El sistema de pintura dispone de recirculación. La pintura una vez sale de la olla es bombeada hacia las válvulas de entrada del pistón. Cuando se está dosificando, y las válvulas están cerradas, la pintura pasa por un sistema de recirculación que es llevado a la olla.

La bomba actual está descatalogada, y la viscosidad de la pintura, si esta es más sólida, afecta en la capacidad de circulación de la misma, esta tiene que ser lo más líquida posible sin que afecte luego al goteo en las boquillas.

ANTIRETORNO

Una vez la pintura ha entrado en la máquina, unos anti retorno, evitan fugas de pintura de los pistones de dosificación a los tubos de recirculación. Este elemento funciona de manera mecánica, solo deja pasar el fluido en una dirección. Si ha pasado alguna pieza por la bomba y no deja que el anti retorno pueda cerrarse correctamente, provoca fugas, y que al acabar la dosificación las boquillas que no cierran correctamente fugan porque hay flujo de pintura en la zona de dosificación.



Figura 2: Anti retorno [Elaboración propia]

VÁLVULAS DOSIFICADORAS

Se encargan de cambiar la dirección a la que va la pintura, si entra al pistón de carga, o si va a las boquillas para dosificar.

La parte del rotor de la válvula no está centrada con los orificios de la zona del estator, este hecho provoca fugas y que, al colocarse pintura, el movimiento del rotor se ve encallado.

Otro aspecto que se tiene en cuenta es el material con el que está realizado el rotor de la válvula. Después de observar las características se llega a la conclusión que, durante los ciclos de limpieza, no se llega a la temperatura límite del material ya que el ciclo de limpieza se realiza a una temperatura de 50°C y el teflón aguanta hasta 200°C.

BOQUILLAS

Funcionan a través de una electroválvula cada una. Hay una salida en el autómata que da la señal de abertura. No se dispone de ninguna señal de entrada para saber la posición de estas.

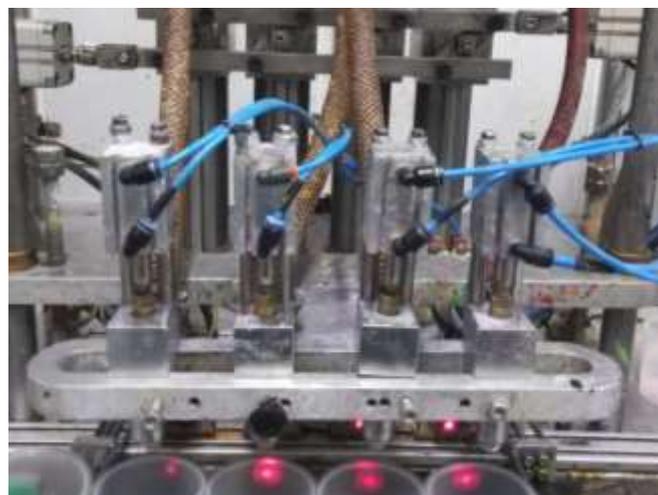


Figura 3: Boquillas actuales [Elaboración propia]

DETECTOR POSICIÓN INCORRECTA DEL BOTE [1]

Al principio de la máquina de llenado, está colocada una señal para detectar cuando el bote entra del revés, se trata de un sensor de fibra óptica, al activarse la orden de que ha entrado un bote en la zona de dosificación al revés. Si el sensor no está debidamente calibrado, puede que se pase un bote al revés no lo detecte y empiece la dosificación. Cuando esto ocurre, provoca una parada de la línea y la posterior limpieza de la cinta.

BOTES PARA DOSIFICAR [2]

En la zona de dosificación se dispone de cuatro sensores inductivos para indicar si hay bote o no en la zona de dosificación. Al funcionar por campos magnéticos, y los botes ser translúcidos, según como quedan dispuestos a veces falla en la detección. Este hecho provoca que no se detecta correctamente y que no empiece la dosificación, por qué no detecta a los cuatro botes.

ACUMULACIÓN SALIDA

Después de la salida de dosificación se encuentra un detector de barrera que es el que dará la señal de paro de dosificación en el caso que hubiera acumulación antes de la tapadora, de esta manera no queda la zona de dosificación saturada.

3.1.1.2 125ml

Los detectores actuales para localizar los botes son sensores fotoeléctricos auto reflectantes, tienen que estar muy calibrados para que los detecten. En el momento en que no detecta, ya sea porque el bote está un poco doblado o por el sensor, implica una micro parada de la línea, puesto que, hasta que no están detectando todos los botes, no se cierra el pistón que deja entrar los botes y como consecuencia la dosificación no empieza. Hasta que el operario de la línea no se da cuenta y va hasta la zona para conseguir que todos los sensores se activen, la máquina queda parada.

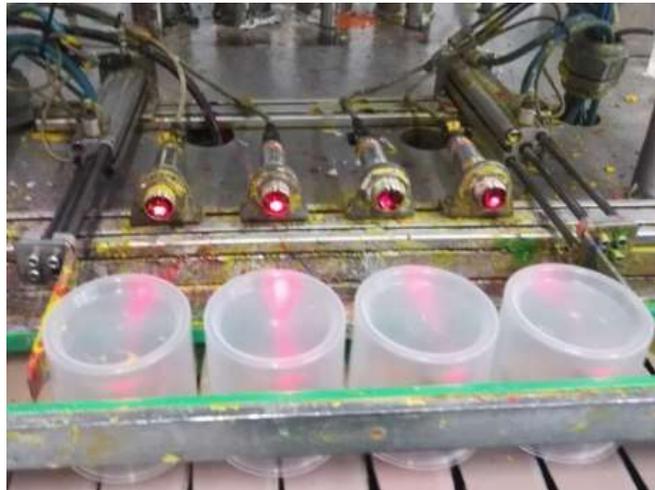


Figura 4: Colocación detectores 125 [Elaboración propia]

3.1.1.2.1 ALIMENTACIÓN DE BOTES

Los envases son creados en la misma fábrica por una máquina de inyección, una vez son formados, se depositan en cajas de 1400 unidades y van empaquetados a granel, es por eso que el operario vuelca los botes en una tolva donde a través de un elevador los botes acaban en una tolva vibradora que es la que alimenta la línea cuando se activa el sensor de pocos botes en la cinta.

Este sistema va independiente a la línea, el sensor que se encuentra a comienzos de la cinta es el que da la señal para activar el vibrador. Dentro del vibrador, un sensor de nivel, activa el elevador cuando el nivel de botes en la tolva este bajo.

La tolva dispone de unos sopladores que hacen el descarte para que los botes al entrar a la cinta estén colocados en la posición correcta para la dosificación.

3.1.1.3 500ml

Cuando se produce el formato de 500 ml, en vez de dosificar cuatro botes a la vez, como en 125 ml, se produce la mitad. En este formato se tienen que mover las boquillas para que en cada bote se pueda dosificar con dos. También se mueven los sensores para que

detecten los dos botes. Esto provoca que en el cambio de formato en las primeras dosificaciones se tengan que ir ajustando los diferentes sensores. Por programa, en el cambio de formato quedan desactivados dos sensores para que solo se tengan que ajustar dos, este hecho provoca una disminución de la producción en los primeros ciclos. Una vez calibrado, la línea produce con normalidad, teniendo en cuenta las paradas ya descritas en la dosificación de 125.



Figura 5: Detectores 500 [Elaboración propia]

3.1.1.3.1 ALIMENTACIÓN DE BOTES

En este formato, los botes vienen en cajas de 120 botes apilados en columnas; al estar formados por inyección, la forma que queda es ligeramente cónica, este hecho provoca que, por efectos de la gravedad, al apilarse se forme el vacío entre ellos. Para poder vencer este hecho formado por los botes apilados, se colocan en una cinta las columnas de botes, con la ayuda de pistones neumáticos, se sujeta el bote siguiente y con un par de sopletes, se consigue vencer el vacío y el bote es soplado a la cinta transportadora. Este método necesita que los botes estén posicionados correctamente para que el soplado sea homogéneo y el bote no quede encallado.

La máquina de alimentación de botes, no dispone de ningún sistema de alarma para la detección de errores, es por eso que la máquina de llenada se queda sin poder dosificar cuando no le llegan botes. Este hecho ocurre cuando el bote soplado queda entre caído, al bajar torcido, el soplado no consigue salvar el vacío y queda encallado.

3.1.2 TAPADORA

Según el formato que se está produciendo, el sistema de tapado varía. Si es cierto que los dos formatos depositan la tapa y con un pistón acaba de presionar la tapa con el bote, la alimentación de estas y la disposición de la máquina es diferente.

Por un lado, está el tapado de 125 ml que se realiza en una estación giratoria acoplada a la línea, y en el otro tapado de 500 ml que se realiza en una estación vertical en la misma cinta transportadora de botes.

3.1.2.1 125ml

Una vez los botes están dosificados, en la misma cinta transportadora, entran en la estación giratoria formada por una estrella que funciona a través de una leva que, esta mecaniza toda la máquina. En cada movimiento, la estrella va avanzando hasta llegar a la estación de posicionamiento de tapas, donde a través de una cinta son empujadas y al llegar al final con un pistón, las coloca a la parte superior del bote, a la siguiente estación, son prensadas por un pistón, una vez lo puede es tapado correctamente, sale de la estrella.



Figura 6: Tapadora [Elaboración propia]

3.1.2.2 ALIMENTACIÓN TAPAS

El sistema de alimentación de tapas en el formato de 125, es similar al de los botes. Las tapas vienen en cajas de 2500 unidades a granel, son depositadas en una tolva que cuando faltan tapas en el vibrador activa el elevador. En este caso, no se dispone de ningún sensor que dé la señal de activación del vibrador, durante todo el rato la vibración está encendida. El mismo vibrador dispone de sopletes que hacen el descarte de tapas mal posicionadas evitando la entrada de estas en la cinta.



Figura 7: Vibrador tapas 125 [Elaboración propia]

3.1.2.2.1 ELEMENTOS

DETECTOR BOTES ENTRADA ESTRELLA

Sensor de barrera, en la entrada de la estación giratoria se asegura que habrá botes llenos en la estrella, al colocar acumulación a la entrada de la tapadora, se asegura que cada vez que la estrella haga un movimiento, entre un bote.

DETECTOR TAPAS

Al principio de la cinta de alimentación de tapas, hay un sensor inductivo que favorece la acumulación; es necesario para asegurar que con la acumulación habrá empuje entre las tapas y como para dosificar la tapa interesa que esté al final de todo de la línea, al empujarse las unas con las otras la colocación de la tapa será en el centro de los botes y se eliminará cualquier caso de botes doblados al presionar. Otro error que elimina este sensor son los botes sin tapa porque no han llegado al final de la cinta y no se ha podido dosificar.

DETECTOR ACUMULACIÓN SALIDA ESTRELLA

En la salida de la estación giratoria se dispone de un detector similar al de la entrada que da la señal de paro a la estrella para que no haya acumulación de botes tapados en la salida de la estación.

DETECTOR FINAL CICLO ESTRELLA

En la leva, se dispone de un detector de final de carrera, la posición de parada de la estrella en el paro.



Figura 8: Detector final ciclo estrella [Elaboración propia]

3.1.2.3 500ml

Las tapas de 500 vienen en cajas de 292 unidades y apiladas en columnas, es por eso que se depositan en un revólver que irá dosificando por las columnas, el sistema de colocación de tapas y de prensada es similar a las de 125, pero en este caso se trata de una estación vertical en la misma cinta.



Figura 9: Colocación tapas 500 [Elaboración propia]

3.1.2.4 ALIMENTACIÓN TAPAS

El sistema está alimentado por el revólver mencionado anteriormente, en la columna que recae sobre de la cinta, se dispone de unos pistones que son los encargados de aguantar toda la columna cuando se deposite la tapa sobre del bote.



Figura 10: Alimentación tapas 500 [Elaboración propia]

3.1.3 ETIQUETADORA

La etiquetadora está formada por dos partes, la del marcador que es de Markem, es la zona por la que al pasar el producto se marca el código de barras con el número del producto, el color del mismo y el número de olla correspondiente.

Actualmente está calibrada de manera que no se tiene que mover para ningún formato. De esta manera al no tener que cambiar con los distintos formatos, se eliminan las paradas de ajuste del formato, a parte que, al estar descatalogada, suprimimos los errores por las modificaciones.



Figura 11: Etiquetadora [Elaboración propia]

3.1.4 CINTA BOTES

El control de la cinta se acciona por una botonera física y es independiente de los otros elementos de la línea. Va accionada con un motor AEG trifásico conectado en triángulo de 0,09 kW de potencia y 0,66 A.

En la línea hay un variador para poder regular su velocidad en función del formato que se esté fabricando, pero no está en uso. [3]

Al ir independiente de las demás máquinas, provoca que cuando ocurre alguna parada por derrame, la cinta siga funcionando y que al tener que limpiarla se tarde más, ya que al no parar el derrame ensucia más tramo de cinta hasta que no se presiona el pulsador de paro de la cinta.

3.2 Distribución de la faena i rendimiento

Al final de la línea, en los dos formatos, el operario tiene que empaquetar manualmente los botes etiquetados, y colocar las cajas en los palets.

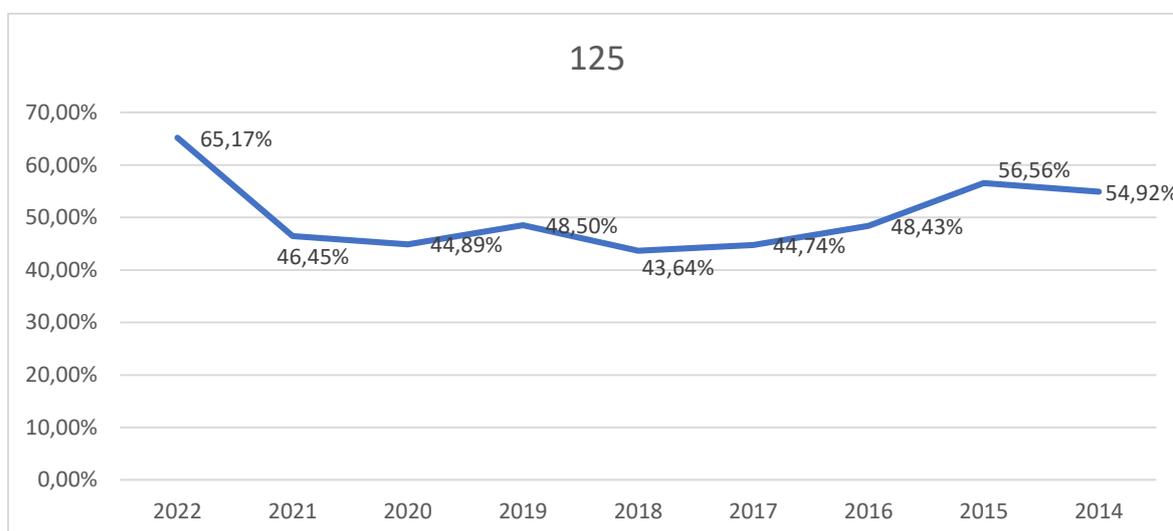
Mientras empaqueta tiene que estar atento de la alimentación de las materias primeras, botes, tapas, y las posibles incidencias que puedan ocurrir que el mismo operario pueda solucionar.

El rendimiento de la línea varía según el formato que se produce, ya que, en el formato de 500, una vez que se ha etiquetado el envase, se le coloca un sleever y se retractila antes de ser empaquetado y pasar por la selladora de cajas.

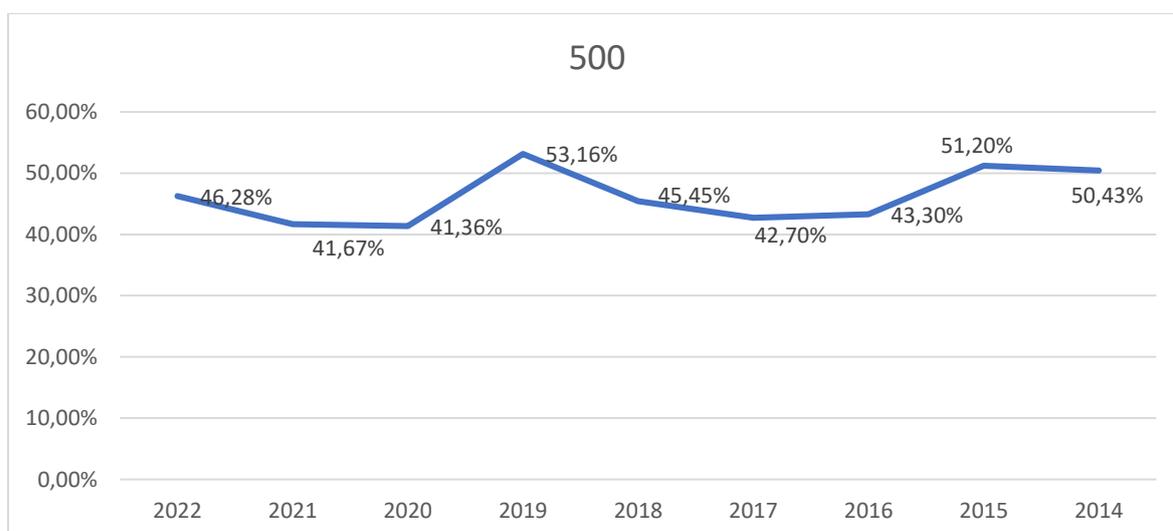
En el modelo de 125, al salir los botes etiquetados, se empaquetan y se sella manualmente la caja y posteriormente se colocan en el palet.

Se han obtenido datos de los rendimientos desde el 2014, colocándolos todos en perspectiva, se puede observar la evolución de la línea por lo que consta el rendimiento, tanto en 125 ml como en 500 ml.

A continuación, se muestran la variación del rendimiento en los últimos 8 años, se ha diferenciado entre producción de 125 y de 500, ya que las tareas que se realizan son distintas.



Gráfica 1: Rendimiento 125 [Elaboración propia]



Gráfica 2: Rendimiento 500 [Elaboración propia]

3.3 Carga del operario

Según el formato que se está produciendo, el operario tiene diferentes operaciones a realizar.

Como ya se ha expuesto, en el formato de 500 tiene muchas más operaciones a realizar. Se ha hecho un estudio de las veces y el tiempo que tardaba en hacer cada acción, y se ha extrapolado a un turno, con el fin de tener cuantificado el porcentaje de carga al que está sometido el operario.

Se ha hecho una lista de las operaciones que se ejecutan para cada formato y se ha extrapolado el número de veces que pasa en un turno, y el tiempo medio que se tarda en efectuarse.

También se ha calculado la duración para el aprovisionamiento de materiales, tiempo dedicado a los reabastecimientos por OF y el porcentaje de ocupación por turno.

3.3.1 125 ml

Para la producción de 125 ml, se ha calculado las tareas siguientes:

- Alimentación tapas
- Alimentación botes
- Cambio rollo etiquetas
- Encajado botes llenos
- Retirada del pallet lleno

Se ha calculado la duración de los materiales de aprovisionamiento, el tiempo dedicado para reabastecer cada elemento, y para finalizar se ha calculado el porcentaje de ocupación que tiene el operario por turno.

Olla dedos	Botes	Tapas	Etiquetas	Encajado	Retirar palet
Duración materiales aprovisionamiento (min)					
101	42	75	75	119	70
Tiempo dedicado a los reabastecimientos por OF (min)					
8	10	5	4	119	14
Porcentaje ocupación por turno					
4,0%	4,7%	2,6%	2,0%	58,9%	7,2%
Ocupación total operario			79,4%		

Tabla 1: Carga operario 125 [Elaboración propia]

Tomados estos datos, podemos concluir que, si la máquina funciona con normalidad, el operario no tiene ninguna dificultad en realizar todas las tareas. Se observa que ocupa la mitad del tiempo en empaquetar los botes acabados.

3.3.2 500 ml

En la fabricación de 500 ml, a parte de los puntos calculados en el apartado anterior, también se ha tenido en cuenta la parte del sleeveado.

Olla dedos	Botes	Tapas	Etiquetas	Sleevado	Encajado	Retirar palet
Duración materiales aprovisionamiento (min)						
71	10	25	214	152	32	48

Tiempo dedicado a los reabastecimientos por OF (min)						
8	28	11	1	152	32	14
Porcentaje ocupación por turno						
5,6%	19,6%	8,0%	0,7%	106,7%	22,3%	7,2%
Ocupación total operario				170,1%		

Tabla 2: Carga operario 500 [Elaboración propia]

Según lo observado en las gráficas, la carga del operario al producir bote de 500, está por encima de la carga. El sleeveado ocupa la mayoría del tiempo, es por esta razón que, al realizar este formato, debido a la saturación, el operario tiene que parar la línea para poder llegar a todos los procedimientos.

3.4 Lay out

Como ya se ha expuesto en la INTRODUCCIÓN, la línea dispone de un espacio delimitado para poder tener los elementos. Se han buscado alternativas a la distribución actual para así poder mejorar los movimientos que tiene que realizar el operario y facilitar las relaciones con la línea.

A la hora de cambiar la distribución se ha tenido que tener en cuenta distintos aspectos como son de donde vienen los abastecimientos, y las veces que el operario tiene que hacer ese recorrido.

Se ha buscado la manera para que pueda haber dos palets para llenar en la zona, para poder eliminar el tiempo que tarda el operario en cambiar el palet. Cuando ha terminado de llenar el palet, tiene que buscar una transpaleta para poder llevar el palet lleno a la zona de logística, y buscar uno vacío para seguir llenándolo. Esto implica tiempo que está cuantificado como producción mientras la línea está parada.

Para poder agilizar el cambio de olla del mismo color, se implementará un sistema de válvula de tres vías para no tener que esperar al operario de preparación de pastas que haga el cambio.

A continuación, se muestran las distintas alternativas de lay out propuestas, y las ventajas y desventajas de cada opción.



Figura 12: Distribución sección 500 [Elaboración propia]

Uno de los aspectos que se tienen que valorar es la distribución en botes de 500 ya que es el que tiene más elementos a la hora de producir. Cuando no se está produciendo en

este formato, al compartir formato con otra sección, y en dicha sección disponer de más espacio, se depositan la máquina de sleeveado, y la alimentadora de botes y la tapadora se guardan al lado de esa sección. El único elemento que no cambia de sección es la empaquetadora que se guarda en un lado de la sección para que no interfiere en el formato de 125.

Se han calculado los tiempos en realizar las distintas tareas y se ha pensado si hay alguna manera de aprovechar más la distribución en la sección. Uno de los aspectos que se ha visto, ha sido que cuando se ha llenado un palet, el operario tiene que llevarlo a la zona habilitada para que logística lo vaya recoger. Habilitando una zona en la que se puedan colocar dos palets, se reduciría el tiempo del transporte del palet.

A continuación, se muestran las distintas propuestas que se han tenido en cuenta para facilitar los movimientos del operario y así disminuir el tiempo perdido por movimientos. Se muestra la distribución cuando se está produciendo el formato de 500ml, ya que es el que hacen falta más elementos.

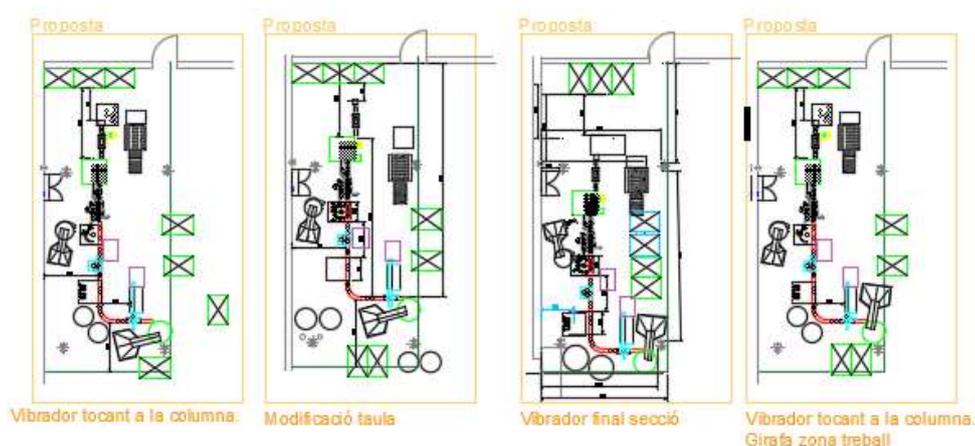


Figura 13: Distribución sección 500 [Elaboración propia]

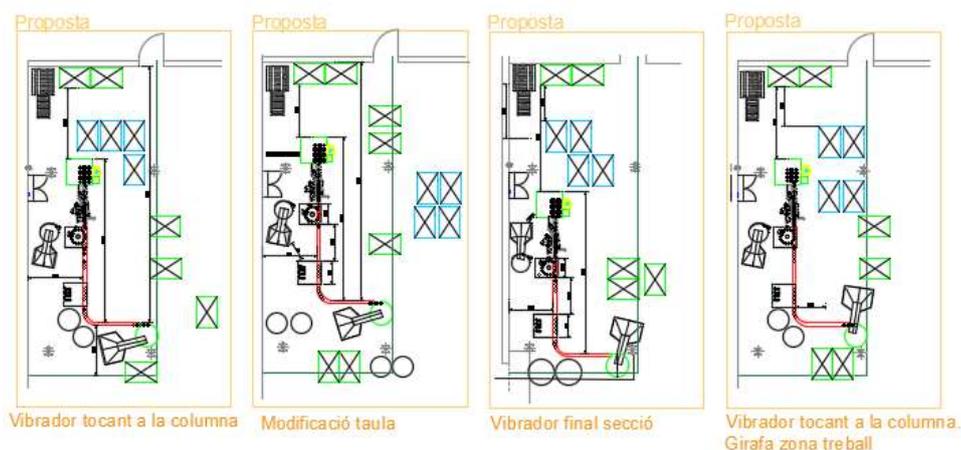


Figura 14: Distribución sección 125 [Elaboración propia]

Finalmente, se ha optado por mantener la distribución de la sección tal y como está en la actualidad, sí que se ha habilitado una zona donde dejar la empaquetadora cuando se está produciendo con el modelo de 500. También se pretende habilitar unas baldas donde poder depositar los cartones de cajas ya usadas.

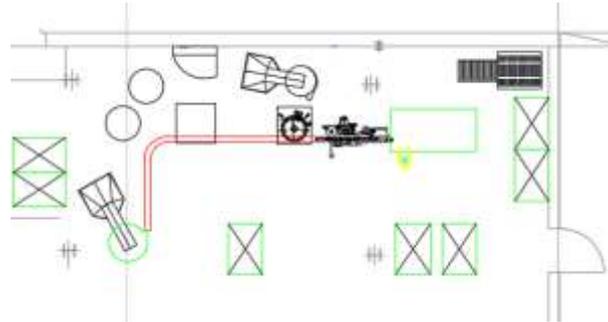


Figura 15: Distribución Final [Elaboración propia]

Una de las modificaciones que se ha planteado es la de cortar la mesa para poder adquirir más espacio de movilidad y para poder dejar más palets. Después de solicitar presupuesto, se ha decidido que esta modificación no se implementará, lo que sí que se ha decidido es la mejora de los tramos entre cintas. El más problemático es el de final de línea, donde los botes etiquetados llegan a la mesa, lugar que posteriormente el operario empaquetará los productos en las cajas. Al no haber cambio de altura entre final de cinta y mesa, los botes se saturan al final de la cinta, este hecho provoca fallos en el etiquetado porque los botes se quedan en la zona de los botes etiquetados. Para evitar este hecho, se colocarán unos rodillos en la mesa para que los botes etiquetados se deslicen y la acumulación se produzca en la mesa.



Figura 16: Rodillos final línea [Elaboración propia]

4 Proceso experimental

4.1 Descripción del sistema propuesto

Una vez se ha obtenido las ofertas para el cambio de línea completo, se ha estudiado la opción de modificar la línea actual para llegar a los de rendimiento deseados. Los cambios generales que se tendrían que realizar son:

- Reemplazo de las válvulas anti retorno por electroválvulas
- Sustitución de las boquillas
- Control por PAC de la tapadora
- Cambio de los sensores de detección de botes

A continuación, se exponen los aspectos generales de las modificaciones, se hace mención de la parte mecánica, pero en este proyecto no se estudia en detalle.

Por lo que hace la parte eléctrica el peso principal está en el programa del PAC, también se muestra los cambios en el cuadro eléctrico necesarios.

4.2 Mejoras mecánicas

Uno de los elementos en los que mantenimiento tenía que prestar más atención, son los anti retornos, estos se limpian cuando una boquilla no se cierra correctamente y provoca goteos encima de la cinta de transporte no hay botes en la zona de dosificación. Ha habido casos en los que en la olla de pintura se había caído un trozo de plástico que se ha quedado encallado en el anti retorno, impidiendo el cierre adecuado y provocando fugas de pintura.

Se pretende reemplazar los anti retornos mecánicos para eliminar las fugas de pintura, sustituyéndolos por unas válvulas de membrana de 2 vías con actuador neumático, se tiene control de cuando deja pasar pintura y cuando no. [4]

En la misma línea de lo comentado anteriormente, las boquillas también serán cambiadas por unas nuevas válvulas de llenado con cánulas de acero inoxidable.

Los dos elementos anteriores son escogidos porque son los mismos que otra sección, usando elementos iguales, se facilita el tener recambios de las piezas, ya que homogenizar los elementos para tener un fácil mantenimiento y un mejor conocimiento.

La bomba actual no dispone de suficiente fuerza para mover la pintura, al tratarse de un material viscoso, haría falta más diámetro de entrada del producto ya que el actual 1" y después de consultar las características haría falta una de 1 ½". También es necesario modificarla ya que la instalada actualmente está descatalogada. [5]

4.3 Mejoras eléctricas

La línea actual dispone de dos cuadros eléctricos independientes, en uno están las protecciones de la tapadora, cinta transportadora de botes y la etiquetadora.

Los elementos de la tapadora que se disponen son los temporizadores y relés para el control por cableado de la máquina. Se dispone de temporizadores de retardo al disparo y relés que accionan o desactivan las salidas, la señal que es dada a la tapadora es la de activar o desactivar estrella.

Aparte de estos elementos también podemos observar las protecciones de los motores necesarios en estas máquinas y los contactores.

Se puede observar un transformador de 220 V a 24 V que es el que alimenta la maniobra.



*Figura 17: Cuadro tapadora
[Elaboración propia]*



*Figura 18: Cuadro llenadora
[Elaboración propia]*

El cuadro que se encuentra debajo de la llenadora se encuentra el PAC de la llenadora, las protecciones y el cuadro de electroválvulas de la máquina.

Podemos observar que no se dispone de preventa que es el encargado de controlar las pausas de emergencia, el pulsador de rearme va controlado por un relé, este es el que al pulsar rearme volverá a activar la señal.

También se observa la fuente de alimentación que es la que alimenta el PAC. El guarda motor para el accionamiento del agitador, y el control del sistema de limpieza de la máquina.

4.3.1 MODIFICACIÓ

Para homogeneizar toda la línea y tener más control, se pretende unir los dos cuadros, y ampliar el PAC para poder tener el control de toda la sección. Al eliminar los elementos de control de la tapadora, se puede suprimir el transformador. También se pretende controlar los elementos de emergencia a través de preventas.

Para mejorar la seguridad del sistema se instalarán relés de seguridad que, al activarse algún sistema de protección, darán la señal de alarma en el PAC. Se colocarán 3 distintos, uno para las setas de emergencia y uno para cada componente. Al activarse el relé de llenado, se cortará el aire de la máquina. Estos elementos requieren del rearme para desconectarse. [6]

Para el funcionamiento de estos elementos es necesaria una fuente de alimentación de 24V dc. [7]

También se muestran las protecciones para los botes del elevador de tapas y botes de 125, y de la cinta general.



*Figura 19: Cuadro modificación
[Elaboración propia]*

En la parte inferior se encuentra el variador de velocidad, servirá para poder cambiar la velocidad en la que va la máquina ya que según el ritmo en que entren los botes, en general, se desplacen, será la cinta principal. [3]

Al automatizar la tapadora también, hacían falta más entradas y salidas en el autómata, es por esta razón que se ha optado a coger una ampliación del autómata actual.

4.4 Estructura del programa del PAC

La mejora principal de la línea, es el cambio de programa del PAC, se pretende controlar toda la línea a través del mismo programa.

Con la misma pantalla, se desea controlar los distintos elementos, y poder modificar valores de tiempos y cantidades de cargas, así como los ciclos de limpieza necesarios. La pantalla usada es la ya existente en la línea una Weintek MT6070TV. [7]

El programa consta de tres grandes secciones, que serán la de limpieza, tapado y dosificación.

El PAC existente de la línea, es un OMRON de SYSMAC CP1L de 24 entradas y 16 salidas. Se ha usado el lenguaje en Ladder con el programa CX-Programmer. [8]

Más abajo se observa un diagrama GEMMA con los elementos principales del programa. Se ha tenido en cuenta la descripción de los apartados siguientes para realizarlo.

A continuación, se encuentra una breve descripción de cada apartado que es lo que describe, más abajo se puede observar el diagrama.

A1: Parada en estado inicial. Condiciones para que pueda empezar el ciclo automático.

[H0.0 0; W0.01; $\overline{W1.07}$; $\overline{W6.00}$; T0000; $\overline{T0024}$]

A2: Parada de final de ciclo. Como acaba la máquina al acabar el ciclo para poder volver a empezar con normalidad.

[1.04; 1.06; 1.01; 1.02; $\bar{}$]

A5: Preparación puesta en marcha después del defecto.

[1.02; $\overline{100.02}$; $\overline{100.03}$]

A6: Puesta sistema en el estado inicial

[1.01; 1.02; 1.04; 1.06; $\overline{100.06}$]

A7: Puesta sistema en un estado determinado. Cuando se finaliza el ciclo de limpieza, el pistón dosificador, acaba arriba del todo, de esta manera el pistón dosificador no acaba cargado con agua.

[1.00; 1.02; 1.04; 1.06]

D1: Parada de emergencia

Se considera parada de emergencia cuando se ha presionado una seta de emergencia. En este caso la máquina tiene que quedarse tal y como está, ya que puede ser una parada a cause de aplastamiento o un error que se necesite que quede tal y como está.

Al presionarse, las cintas se pararán, el ciclo de cada máquina también. En el caso de la máquina de llenado, se cerrarán las válvulas rotativas y las boquillas para evitar cualquier derrame.

D3: Parada emergencia de una de las partes, sigue funcionando

Cuando sólo se para una de las máquinas, se abre la puerta, la otra máquina sigue haciendo su ciclo normal.

En el caso de que la parada sea provocada por la llenadora, no es así, la tapadora también parará. Se ha considerado el peor de los casos, que en el llenado sería un derrame, es por eso que al abrir la puerta del llenado la cinta parará, y como consecuencia también lo hará la tapadora ya que uno de los requisitos para que funcione es que la cinta este activada.

Por otro lado, cuando la puerta que se ha abierto es la de la tapadora, la dosificación seguirá en funcionamiento hasta que llegue a la acumulación en la salida del llenado, en el momento que detecta acumulación, acaba el ciclo de dosificación y se para en posición para iniciar el ciclo. Cuando la tapadora vuelva a estar rearmada, y ya no haya acumulación, el llenado volverá a seguir los ciclos.

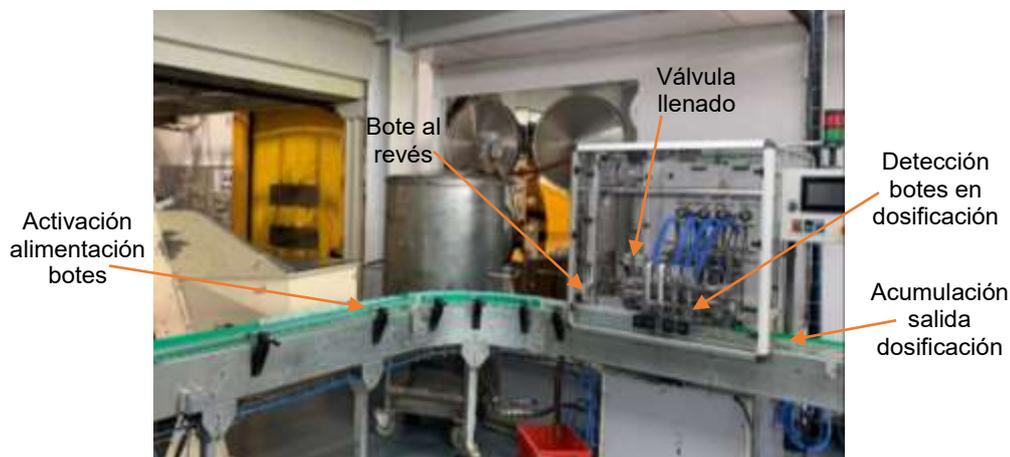
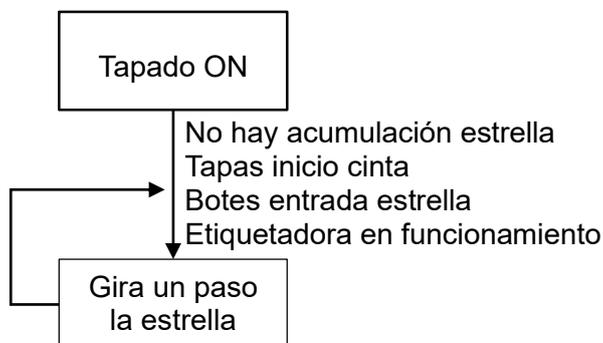


Figura 20: Sensores en llenado [Elaboración propia]

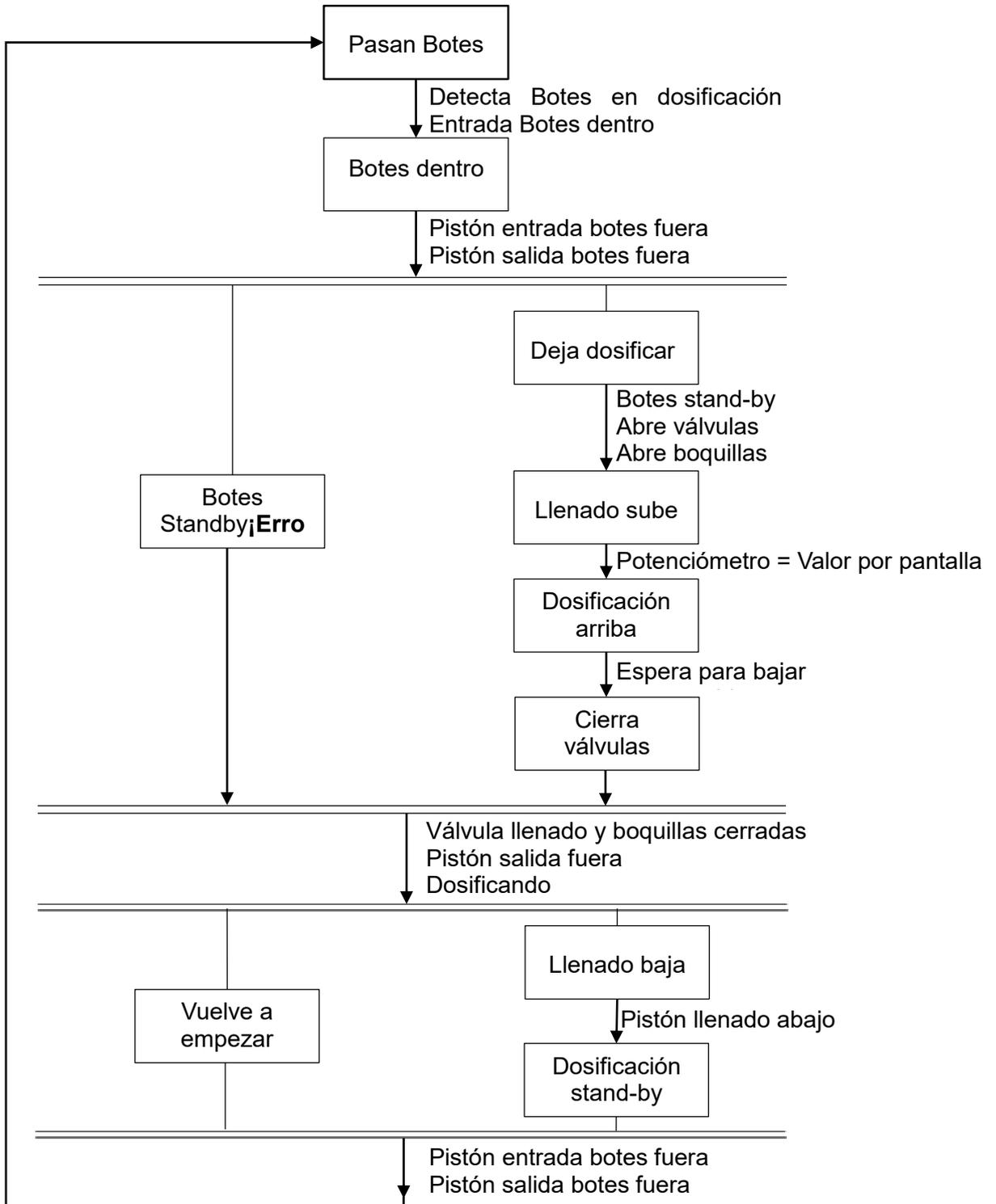


Figura 21: Sensores en tapado [Elaboración propia]

F1: Producción normal; se muestra el GRAFCET del llenado y del tapado por separado ya que son dos máquinas que el ciclo principal no influyen.



Gráfica 3: GRAFCET Tapado [Elaboración propia]

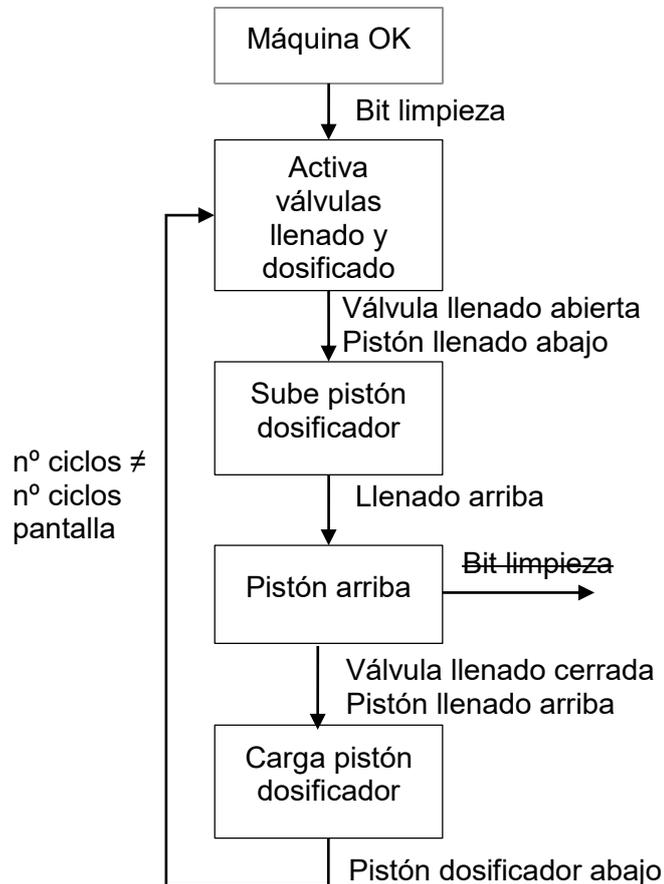


Gráfica 4: GRAFCET Llenado [Elaboración propia]

F2: Marcha de preparación, limpieza de máquina

El ciclo de limpieza es similar al de la dosificación, pero el final de ciclo se encuentra cuando el pistón dosificador está arriba.

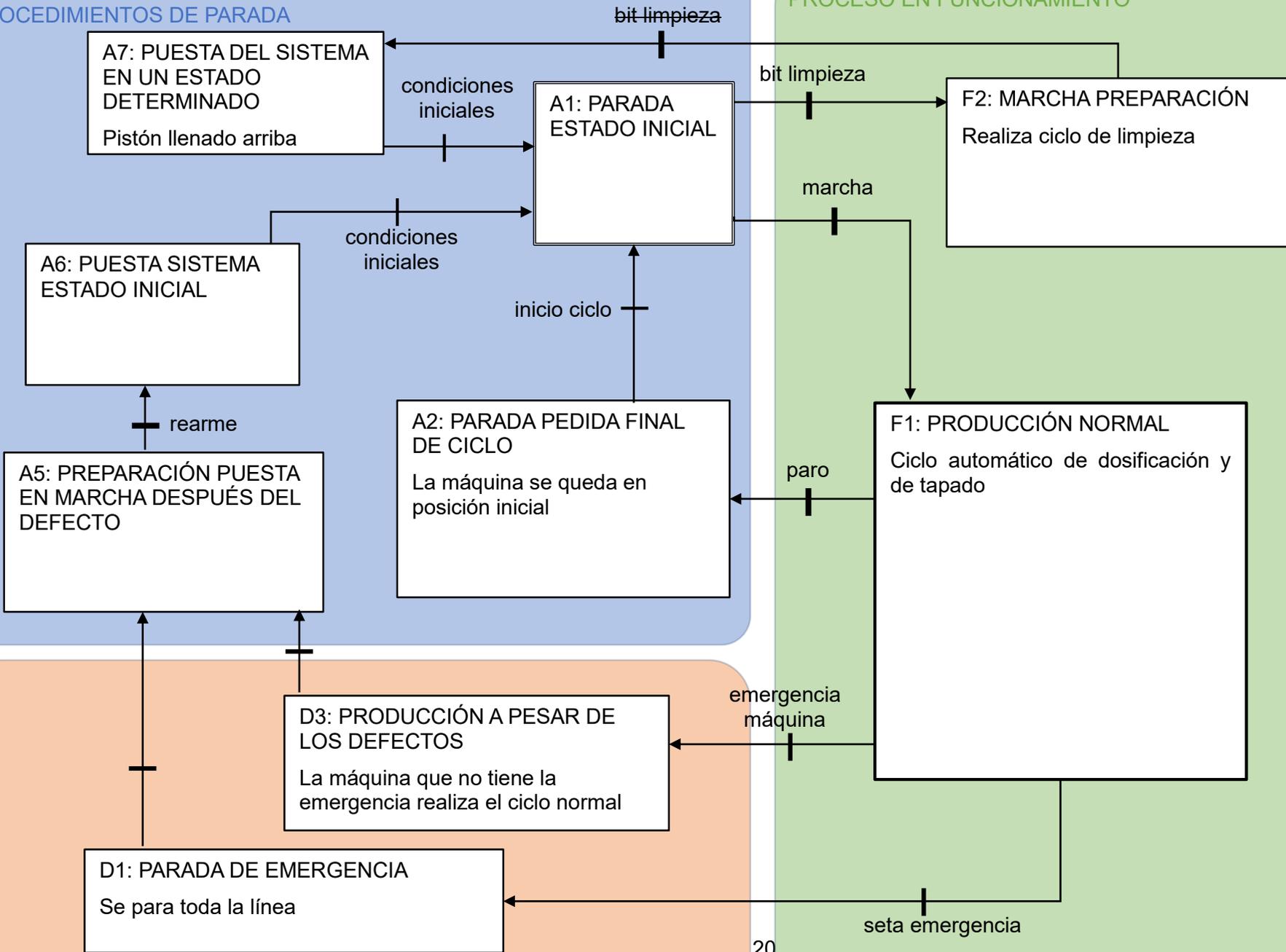
El pistón en vez de guiarse por el potenciómetro, hace todo el recorrido.



Gráfica 5: GRAFCET Limpieza [Elaboración propia]

PROCEDIMIENTOS DE PARADA

PROCESO EN FUNCIONAMIENTO



Gráfica 6: Diagrama GEMMA [Elaboración propia]

4.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Para la parte de funcionamiento, el PAC está dividido con diferentes secciones dentro del programa, cada sección dispone de varias etapas que irán entrelazadas con los otros comandos.

4.4.1.1 LLENADO

Pistones de botes

Esta sección es la que controla que haya botes en la zona de dosificación al empezar el ciclo, y quede vacía al acabarlo.

La posición de reposo son los dos pistones hacia fuera, cuando se inicia el ciclo pulsando el MARCHA (**0.07**), activamos la señal de botes entrada (**100.04**) que se mantendrá activada hasta que detecte todos los botes en la zona de dosificación (0.01-0.04 en formato de 125 cc y **0.02**, **0.03** en 500)

Una vez haya detectado todos los botes, cancelará la señal de pistón entrada dentro y esperará a que empiece la dosificación. Cuando el ciclo de dosificación esté acabado, dejará salir los botes llenos activando la señal de salida botes (**100.05**); después de asegurarse que no hay botes, volverá a la posición de reposo.

Cuando los botes están en la zona de dosificación preparada para ser dosificados, se activa la sección de dosificación

Dosificación

Esta sección se activa cuando hay botes en zona de dosificación **W2.02** y los elementos de la dosificación están en posición inicial, válvulas de llenado cerradas y pistón dosificador abajo.

Una vez se cumplen los parámetros anteriores, se activan las boquillas (**100.03**) y la válvula de llenado (**100.02**), seguidamente se da la señal para que el pistón dosificador suba (**100.01**). A través del potenciómetro (valor modificable por pantalla) se controla cuando la dosificación está acabada **W5.03**.

Una vez recibe la señal de bote lleno, espera unos segundos ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. en abrir las electroválvulas de anti-retorno (;) y después de ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. dar la señal de bajada del pistón dosificador (**100.00**).

Una vez el pistón llega al punto inferior (**1.01**) la sección se queda en stand-by hasta volver a recibir la señal de inicio dosificación.

Limpieza

Para poder activar esta sección, por pantalla tenemos que ir a *limpieza y purgado* y presionar la marcha de la pantalla que activará el bit de limpieza del programa **W6.00**.

La posición de reposo del sistema de limpieza es con el pistón dosificador en la parte superior, de esta manera nos aseguramos que, al acabar los ciclos, el pistón no quede cargado con agua, y así disminuir los purgados al cambiar de color.

Una vez se ha activado el *bit de limpieza*, se activarán las válvulas de llenado y de dosificación de la máquina (**100.02** y **100.03**), al estar abiertas, el pistón de dosificación (**100.01**) también subirá hasta que detecte que está arriba (**1.00**), una vez arriba, desconecta las señales de dejar pasar pintura, y activa las electroválvulas anti-retorno (;) después de un pequeño retardo da la señal baja el pistón (**100.00**) para poder empezar el siguiente ciclo.

Cuando se desactiva el bit de limpieza o ya se han realizado todos los ciclos predeterminados, el sistema queda en reposo, con las válvulas de dosificación cerradas, y el pistón arriba (**1.00**).

4.4.1.2 TAPADO

Como la relación entre los elementos de la tapadora va controlada mecánicamente por el motor, a través del PAC se controlan los retrasos para activar el movimiento principal del sistema, y la relación entre la cinta de tapas y la estrella.

La tapadora funcionará siempre y cuando no haya una alarma de la etiquetadora **H2.11** y que tanto la cinta de tapas **W3.06** como la cinta de botes **H5.00** estén activadas.

Una vez se cumplan todos los requisitos anteriores, se da la señal para que la estrella se mueva y ocurra el tapado.

4.4.2 CONTROL DE PARADAS

Al haber comunicación entre distintas máquinas, uno de los aspectos que se ha tenido en cuenta son las paradas.

Se ha distinguido entre las de emergencia, que son las que ocurren por algo imprevisto, en este tipo de paradas se tiene que parar tal y como esté la máquina, ya que puede que el error sea por algún aplastamiento, o algún fallo que sea necesario una parada. Este tipo de paradas vienen controlados a través de las preventas, es por eso que una vez se haya solucionado el problema hará falta un rearme de la máquina.

Por otro lado, las paradas controladas, son aquellas que, a través de pulsadores o elementos del sistema, damos la señal de paro. En este caso, podemos acabar el ciclo que se estaba realizando, y la pausa de los elementos puede ser controlada y de manera que el sistema acabe a punto para volver a empezar el ciclo.

Anomalia	Reacció	Comentaris
EMERGENCIAS		
Parada Emergencia General	Parada de toda la línea. Si al parar estaba en medio de la dosificación, cerramos válvulas dosificadoras. Al rearmar la máquina dejamos el pistón cargado, condiciones iniciales	
Apertura de Puerta Llenado	Parada de la cinta por si es por derrame de llenado, cierre de válvulas dosificadoras.	Sólo se para la llenadora, la línea seguirá tapando y etiquetando para sacar la acumulación
Apertura de Puerta Tapado	Para la estrella, cinta sigue en funcionamiento para poder seguir dosificando, y la etiquetadora se para	Creamos acumulación en la tapadora, el llenado se parará cuando haya acumulación en la salida.
Fallo en la Etiquetadora	Parada de la tapadora.	Provocará acumulación inicio estrella hasta que también pare llenado.
PARO CONTROLADO		
Paro Línea	Paramos la cinta. Acaba el ciclo de dosificado y paramos controladamente de la línea para que quede en condiciones iniciales de inicio ciclo. Paro la estrella, para que no haya tapado, y con temporizador paro la cinta.	
Paro Llenado	Acaba el ciclo, deja la llenadora a punto para empezar de nuevo otro ciclo. Zona de dosificado limpia y los dos pistones fuera.	
Paro Tapado	Paramos la estrella. Sacamos la posible acumulación que pueda haber en la etiquetadora, paramos de dosificar.	
Paro Etiquetadora	Paro la tapadora, para no generar acumulación en la etiquetadora que es la que ha pedido el paro controlado y genero acumulación en la tapadora	

Tabla 3: Análisis funcional [Elaboración propia]

4.5 Pantalla de control

Se usará la pantalla ya existente en la línea, pantalla de la marca Weintek. Para su diseño se ha usado el programa EasyBuilder Pro. [7]



Figura 22: Pantalla en la línea [Elaboración propia]

A través de esta pantalla se podrá controlar tanto el llenado como el tapado. La etiquetadora dispone de su propia pantalla.

4.5.1 PANTALLA PRINCIPAL

Es la pantalla inicial del sistema, se pueden observar los distintos contadores (botes dosificados por día, turno y olla).

Des de esta pantalla, se puede acceder a las demás. Como se puede observar, en la parte superior izquierda de la pantalla se muestra el modelo que se ha seleccionado para producir, de este dependerán los valores que se pueden modificar por pantalla.

La parte derecha de la pantalla está dispuesto un bit luminoso que se activa cuando el contador de botes dosificados por olla llega a 3000 en el caso de 125 y 900 en el de 500. También se observa las señales de alarma, se activará un bit rojo cuando salte la alarma de solo una de las máquinas, y también se podrá ver si la máquina está en paro controlado con la luz amarilla.

En la parte inferior los dos pulsadores dan acceso a la pantalla de ajustes y a la botonera para activar y desactivar los distintos elementos de la línea.



Figura 23: Pantalla principal [Elaboración propia]

4.5.2 BOTONERA

Se tiene el control de los distintos elementos por separado por la pantalla, se pueden activar las distintas partes de la línea, también nos muestra si está activado o no.



Figura 24: Control de los elementos [Elaboración propia]

4.5.3 AJUSTES:

A través de esta hay acceso a los elementos modificables del programa y también al estado de las señales del programa.



Figura 25: Ajustes [Elaboración propia]

4.5.4 MODELO:

Sirve para elegir el modelo que se quiere dosificar, cuando se seleccione, los valores de este modelo son los que se van a mostrar.



Figura 26: Elección modelo [Elaboración propia]

4.5.5 VALOR POTENCIÓMETRO LLENADO PISTÓN

Ajuste para el valor del potenciómetro, el que dará la señal de bote lleno en el ciclo de dosificación.



Figura 27: Ajuste dosificación [Elaboración propia]

4.5.6 LIMPIEZA Y PURGADO

Se tiene el control de los ciclos de limpieza. Se activa el bit de limpieza por pantalla para poder empezar a realizar los ciclos. Se muestra el ciclo actual de las veces que tiene que realizar la dosificación.



Figura 28: Modo limpieza [Elaboración propia]

4.5.7 AGITADOR

Para que no haya pasta que se solidifique más, o que la viscosidad aumente y que la bomba tenga que sufrir, está colocado un agitador dentro de la olla, se enchufa en un enchufe trifásico y por la pantalla se puede activar o desactivar.



Figura 29: Agitador [Elaboración propia]

4.5.8 TIEMPOS

Se puede modificar los valores de espera de los temporizadores, se modifican los valores del modelo seleccionado. Los tiempos están distribuidos entre si son de la tapadora o de la llenadora.

Para poder acceder a la pantalla de tiempos, hace falta contraseña.

Entre corchetes se observa el número de temporizador usado en el programa.

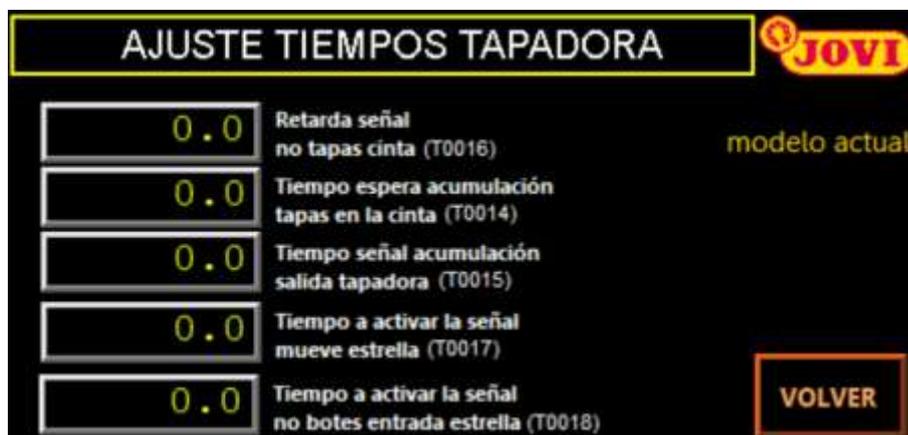


Figura 30: Ajustes tiempos tapadora [Elaboración propia]



Figura 31: Ajustes tiempos llenado 1 [Elaboración propia]

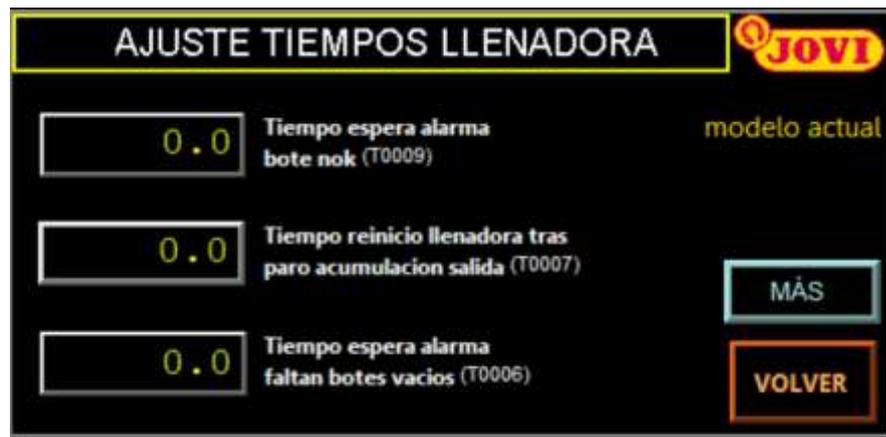


Figura 32: Ajustes tiempos llenado 2 [Elaboración propia]

4.5.9 ENTRADAS Y SALIDA PAC

Indica que señales están activas en ese momento.

Las señales activas se muestran en color verde, y las desactivadas en rojo.



Figura 33: Entradas PAC botes llenado y tapado [Elaboración propia]



Figura 34: Entradas PAC llenado [Elaboración propia]



Figura 35: Salidas PAC [Elaboración propia]

5 Resultados del proyecto

En este apartado se pretende mostrar un pequeño resumen de cómo han afectado las modificaciones realizadas en la línea una vez implementadas.

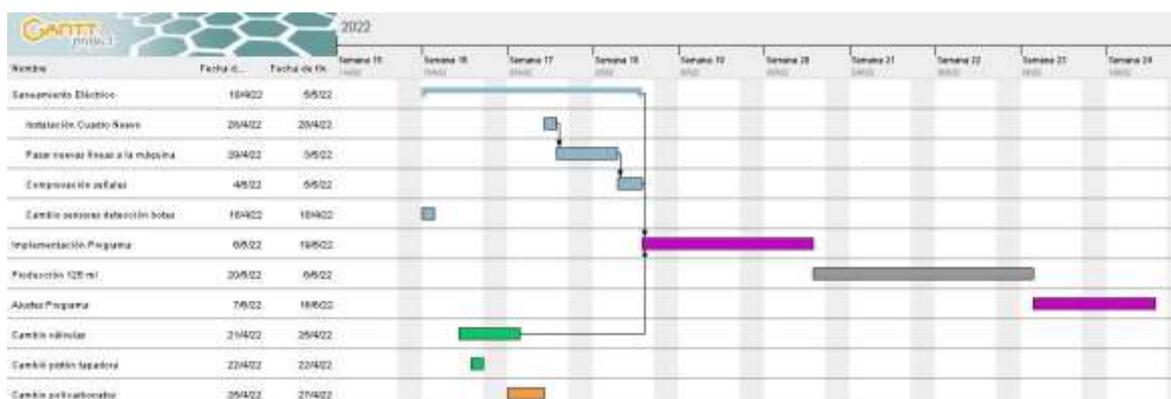
Se debe tener en cuenta que a la hora de presentar este proyecto aún se están acabando de realizar pruebas para asegurar el correcto funcionamiento, y que como ya se ha presentado anteriormente, estos procesos siempre están en constante evolución.

Como consecuencia no se tienen datos exactos de la mejora del rendimiento de la línea actualmente, lo que se va a mostrar es las mejoras ya observadas después de haber llevado a la práctica el programa y los consiguientes ajustes en la zona.

5.1 Diagrama de Gantt de la implementación en línea

En la gráfica inferior se muestran cuáles han sido las tareas que se han realizado para que la línea vuelva a producir.

Se puede observar que entre la implementación del programa y los ajustes del programa hay un periodo de dos semanas en las que ha habido producción, en este transcurso se ha usado el nuevo programa, ya que la tapadora va por programa, y antes de la modificación todo el control iba a partir de controladores físicos (sensores y relés) que al cambiarlo se han eliminado, igual que la necesidad de que las válvulas estuvieran instaladas.



Gráfica 7: Gantt de la implementación [Elaboración propia]

Se ha clasificado entre saneamiento eléctrico (azul), modificaciones mecánicas (verde), cambio de protecciones (naranja), implementación del programa (violeta) y periodo de producción (gris).

Como se puede observar, para poder implementar el programa es necesario que se hayan colocado las válvulas de membrana, ya que van controladas por programa, cosa que con las anteriores no ocurría.

En este Gantt de la implementación sólo se ha probado la producción con modelo de 125ml. Durante estas pruebas el modelo de 500 ml, los elementos necesarios para producir en este formato, como ya se ha mencionado anteriormente, se usan también en otra sección y no ha sido posible hacer el cambio de formato en la línea.

Durante el periodo de producción, se ha estado en la línea para poder hacer modificaciones en el programa para mejorar su funcionamiento. Una vez ha acabado la producción, se han ajustado los aspectos relacionados con las paradas controladas. Ya que es un aspecto que no se podía probar durante la producción ya que no es posible realizar una producción continuada.

5.2 Resultados de las mejoras

Después de implementar el programa en la línea, se ha notado una considerable mejora por lo que hace las micro paradas.

A lo que respecta el lay out, la modificación de la mesa ha mejorado al trasvase de botes del final de cinta de la etiquetadora a la mesa. Este avance ha provocado que al tener que hacer tascas en la sección, el operario no se le acumulen botes al final de la etiquetadora y provoque problemas en el etiquetado, ya que la acumulación se produce al final de los rodillos.

5.2.1 Mecánicas

Con la implementación de las válvulas de membrana, se ha eliminado el lavado constante que se realizaba desde mantenimiento cuando había una boquilla que goteaba, este acontecimiento generaba una parada de la OF, y por lo tanto una disminución en el rendimiento de la línea cuando se estaba produciendo. Además, el hecho que se lleve el control por programa, ha adquirido el control de este elemento que antes no lo había.

Por lo que hace a las válvulas de llenado, se ha notado una disminución del goteo a la hora de parar, y una mejor dosificación, no hay tanta diferencia entre el dosificado de cada bote dentro del mismo ciclo.

Al haber cambiado la bomba por una con las características correspondientes para el producto usado, se puede ver que no tendrá tanto desgaste ya que las características de la actual van acordes con la viscosidad en la que se trabaja.

5.2.2 Eléctricas

Al tener sensores de barrera, ya no aparecen las micro paradas causadas por los detectores recogiendo la lectura errónea de si hay recipiente o no, este hecho y la mejor calibración del bote mal posicionado ha provocado una importante mejora a lo que concierne la dosificación y las paradas que bajaban el rendimiento de la línea.

Como se dispone de control de toda la línea, se pueden gestionar las paradas de los elementos según el tipo, y ya no se tiene que ir parando elemento por elemento cuando ocurre. Por ejemplo, a lo que respecta el derrame en el llenado, se ha podido observar una disminución de los tiempos en los que la máquina está parada para solucionar este imprevisto, al quedar la cinta parada la zona que se debe limpiar de cinta con pintura es menor.

A través de la pantalla se realiza el control de la línea y se puede saber el estado actual de los elementos. Al tener separadas las emergencias, en el momento que ocurre alguna, en la pantalla principal se muestra en que elemento ha ocurrido la anomalía y es más práctico para solucionarlo ya que el operario puede ir directamente a la sección donde ha ocurrido el error.

La colocación de la botonera al final de línea con el paro controlado de cada sección, ayuda a poder parar controladamente cualquier elemento sin la necesidad de posteriormente tener que rearmar la línea.

5.3 Futuras mejoras

Como se ha comentado, esta modificación no es algo finito, sino que es una ejecución en la que siempre se pueden encontrar mejoras, y se pueden realizar modificaciones que aporten un avance a la hora de producir con más eficiencia.

Puesto que en este proyecto no está centrado en la producción del modelo de 500ml, uno de las primeras transformaciones que se debería tener en cuenta sería el cambio para la dosificadora de botes de este formato, debido a la falta de controladores para poder detectar en qué posición está el bote en el momento del soplado. El arreglo de este aspecto

llevaría a una considerable reducción del tiempo cuando la máquina no puede dosificar porque no llegan botes en la zona de dosificación, también se podría introducir alguna señalización para que al operario se le avise cuando el bote está encallado en el soplado.

Por lo que concierne a los elementos tratados en el proyecto, uno de los aspectos que se debería considerar en el futuro sería la automatización de la tapadora, los automatismos usados actualmente son escasos. Estaría bien tener un sensor al final de la cinta de tapas, antes de colocarla, para comprobar que la tapa se encuentra correctamente posicionada para su colocación y evitar una colocación incorrecta de la tapa, hecho que provoca que, al llegar a la siguiente estación de tapado, la tapa sea presionada hacia dentro y genera una parada para limpiar la tapadora, ya que el pistón queda con pintura y se ensucian los siguientes botes a presionar.

Para acabar de controlar la línea de forma íntegra sería interesante poder controlar la alimentación de tapas de 125 ml, ya que actualmente funciona siempre. Al dar tensión, el vibrador empieza a funcionar y no para hasta que se quita tensión. Con esto, se saturan las tapas en la salida del vibrador si la tapadora no está en funcionamiento, al quedar apiladas, cuando vuelve a arrancar el ciclo no llegan las tapas porque están encalladas. La jirafa de la llenadora, en cambio, tiene controlada la vibración a partir de un sensor en medio de la cinta antes de llegar a la zona de dosificación.

6 Resumen del presupuesto

Al tratarse de un proyecto realizado a través de una empresa, el presupuesto del que se dispone viene acotado por la propia empresa. Para este proyecto se dispone de 100.000€ para la compra de todos los elementos.

Una vez puestas en consideración todas las ofertas recibidas de los distintos elementos, se ha elegido primero entre si estaba dentro del presupuesto o no. Es por eso, que después de recibir las ofertas para poder realizar un cambio de todas las máquinas se ha desestimado esta opción.

Cuando se ha observado que la elección para poder continuar con el proyecto era la modificación de las máquinas actuales y cambiar la etiquetadora se pone en consideración cuáles eran los aspectos más importantes a cambiar en la sección.

Se observa que el coste total de realizar esta implementación ha sido de 69.628,87€. Queda un valor por debajo del presupuesto inicial.

7 Conclusiones

Este proyecto surge tras observar que la producción en la línea de envasado de botes de 125 ml y 500 ml de pintura de témpera tenía unos valores de rendimiento por debajo del 50%, este hecho suponía un aumento del coste de producción del producto ya que para producir los pedidos se necesitaban más horas de fabricación y como consecuencia más horas que el operario tenía que estar en la sección.

Para poder resolver este asunto, se ha realizado un estudio previo de la situación actual de la línea y se han presentado los puntos críticos de esta. Se han recogido datos del rendimiento en los últimos años para poder observar la evolución de la línea.

Una vez expuestos los datos recogidos, se ha hecho un desglose de la línea máquina por máquina para poder encontrar los puntos críticos de cada una y saber cuáles son los cambios imprescindibles que se tendrían que realizar para aumentar el rendimiento de la línea. Gracias a este análisis, se han buscado las diferentes opciones para llevar a cabo el proyecto; se ha escogido la opción que estaba dentro del presupuesto acordado con la empresa.

Al no disponer de suficiente presupuesto para cambiar todos los elementos de la línea, se ha optado por reemplazar la etiquetadora por una de nueva, y mejorar el resto de elementos de la línea ya existentes.

El objetivo de las mejoras de las máquinas es tener el control máximo de la línea para poder facilitar el trabajo del operario. La línea, mayoritariamente automatizada, pero la falta de comunicación con las máquinas que forman parte de la misma, producía el bajo rendimiento la línea.

Otro aspecto que se ha visto ha sido en la tapadora, el control que tenía este era a través de elementos físicos, es por esta razón que se ha decidido unir la tapadora y la máquina de llenado en el mismo sistema de control PAC, de esta manera se puede tener mejor control a la hora de realizar las distintas paradas en la línea, tanto de emergencia como controladas.

Principalmente, el proyecto se basa en la realización del programa en Ladder de la línea. Se ha observado el ciclo principal de la línea que estaba implementado y se han recogido cuáles eran los aspectos más importantes para poder hacer un buen uso de los distintos elementos.

Posteriormente se ha realizado el programa de nuevo con la ayuda de un Diagrama GEMMA y de esquemas GRAFCET de la línea. A parte de estos elementos, también se han anotado los posibles casos de paradas, tanto de emergencia como de paradas controladas.

Cuando ha estado el programa acabado, se ha pedido disponibilidad de la línea para poder hacer todas las modificaciones necesarias, que han sido:

- Saneamiento de las líneas eléctricas, se ha pasado de cuadros eléctricos independientes a uno solo.
- Cambio de elementos mecánicos para eliminar los goteos en la dosificación.
- Cambio de las seguridades de las máquinas, policarbonatos.
- Implementación del nuevo programa de control de la línea.

Una vez realizados estos cambios, se han realizado las pruebas del nuevo programa en máquina, con el programa nuevo implementado, se ha aprovechado una tirada de producción para hacer las pruebas con pintura, y una vez asegurado el ciclo automático es cuando se han hecho las pruebas y los ajustes de las paradas controladas.

Como conclusiones de este proyecto, se observa que, modificando elementos ya disponibles en la línea de trabajo se puede mejorar considerablemente el rendimiento, aunque no se haya podido obtener un número exacto de lo que ha supuesto esta mejora a



la productividad, se ha observado en el momento de las pruebas que las paradas que tenía que solucionar el operario se han visto reducidas significativamente.

También se ha observado la importancia de mantener un buen mantenimiento de los elementos para mejorar su utilidad, y la importancia de saber dimensionar bien las piezas.

A nivel personal, este proyecto me ha ayudado a comprender como se realiza un proyecto dentro de una empresa, tener que cuadrar los tiempos y los aspectos con producción y siempre tener en consideración todas las casuísticas posibles, aunque se crea que nunca va a parar.

He podido implementar conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera con sistemas que no había trabajado nunca.

Me ha dado cuenta de la importancia de tener un trabajo previo bien hecho, para poder tener en cuenta el máximo de imprevistos posibles.

8 Referencias

- [1] «Keyence,» [En línea]. Available: https://www.keyence.com.mx/download/download/confirmation/?dlSeriesId=WS_SR47072&dlModelId=PM_009N10&dlSiteId=12&dlLangId=es-MX&dlLangType=es-MX&ad_local=modeldsbtm&wl=1.
- [2] «Detector botes en dosificación,» [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/mykeyence/?ptn=001&dlLangId=&dlLangType=en-GB>.
- [3] «Variador,» [En línea]. Available: https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v11/i113e_mx2-series_variable_frequency_drives_datasheet_es.pdf.
- [4] «Válvula dosificación,» [En línea]. Available: <https://www.burkert.es/es/products/valvulas-de-proceso-y-de-control/higienico-farma-valvulas-de-proceso-especificas/valvulas-de-diafragma/neumatica/348276>.
- [5] «Wilden,» [En línea]. Available: <http://www.wildenpump.es/images/CatalogoWilden.pdf>.
- [6] «fuente alimentación,» [En línea]. Available: <https://docs.rs-online.com/a255/0900766b81621f96.pdf>.
- [7] «pantalla,» [En línea]. Available: https://dl.weintek.com/public/EBPro/UserManual/eng/EasyBuilderPro_V60501_UserManual_eng.pdf.
- [8] «plc,» [En línea]. Available: https://assets.omron.eu/downloads/manual/es/v2/w461_cp1e_cp1l_getting_started_guide_es.pdf.
- [9] «planta JOVI,» [En línea]. Available: <https://www.jovi.es/es/13/jovi-historia>.

9 Bibliografía

- Boix, O. (s. f.). Descripción de la guía GEMMA. recursos citcae upc. <https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/gemma/descrip.html>
- Historia de JOVI. (s. f.). Historia de JOVI. Recuperado marzo de 2022, de <https://www.jovi.es/es/13/jovi-historia>
- Jovi Sa | Empresite. (s. f.). Empresite España - Buscador de Empresas y Negocios de España. Recuperado marzo de 2022, de <https://empresite.eleconomista.es/JOVI-BARCELONA.html>