

RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO MECATRÓNICO
2. **TÍTULO:** diseño y desarrollo de sistemas de protección automática para la máquina de decoración strutz de botellas.
3. **AUTORES:** Julian David Giraldo, Karen Jazmín Pinilla.
4. **LUGAR:** Bogotá D.C
5. **FECHA:** Julio de 2011
6. **PALABRAS CLAVES:** strutz, pantalla, screen, vitrificable, pistón, sensor capacitivo, PLC.
7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** el objetivo principal de éste proyecto es diseñar, construir y poner en funcionamiento un sistema automático de control, que impide el accionamiento del pistón de la máquina strutz de decoración de botellas de la empresa OI Peldar; cuando, durante su funcionamiento el equipo se encuentre sin botellas, también se presentan todos los aspectos ingenieriles del diseño, programación y análisis de funcionalidad del proyecto en la empresa
8. **LINEAS DE INVESTIGACIÓN:** El proyecto está enfocado en el campo de automatización y control (empírico-analítica), que es uno de los principales objetivos de la mecatrónica, los procesos de decoración de envases de vidrio son principalmente deben ser operados por los procesos de control, es decir, el proceso lógico que debe seguir el circuito para que todos los elementos expuestos en la maquina funcionen eficientemente.
9. **FUENTES CONSULTADAS:** Strutz International
<<http://www.strutz.com/>>, Maquinas Decoradoras
<http://www.invenia.es/inveniaextensions:maquina_decoradora_manufacturados_ceramicos_forma_placa>, PLC Micrologix 1000. Descripción
<<http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/micrologix/index.html>>, Electroválvulas Mac. Descripción
<http://www.inning.cl/prontus_inning/site/artic/20070315/pags/20070315190421.html>, Base de datos empresa O-I Peldar.
10. **CONTENIDOS:** Los continuos avances tecnológicos en el campo de la automatización han hecho crecer las industrias reduciendo sus costos y haciendo más eficientes los procesos de producción. La empresa O-I PELDAR cuenta con maquinaria para la fabricación de productos hechos a base de vidrio como vidrio plano, envases de gaseosas, licores, farmacéuticos y cosmético. Con el fin de incrementar la productividad y competitividad se han implementado sistemas automáticos que permiten hacer mayor cantidad de envases en el mismo tiempo. La

condición de entrega de algunos productos; es que se encuentren decorados, por lo que hay una sección llamada DECORACIÓN en donde se cuenta con 5 máquinas que permiten decorar los envases con máximo 3 colores de pintura hasta en 2 partes de la botella.

Para decorar un envase se requiere una pantalla de malla metálica que se encuentra emulsionada y posteriormente revelada para permitir el paso de pintura por donde no hay emulsión, plasmando el arte en cada envase. Para generar dicha filtración de pintura se genera una presión medida con un manómetro ubicado en cada estación de decorado entre 15 y 20 PSI, la presión del sistema cae directamente en la pantalla siendo dicha presión soportada por la botella, por medio de un pistón que tiene una escobilla para remover la pintura a lo largo de la pantalla sobre la superficie de vidrio. Cuando se genera una falla por falta de alimentación de botella cae el pistón y esta fuerza rompe la pantalla ocasionando pérdidas de producción y de pantallas, para resolver éste problema se usó un controlador lógico programable (PLC) que permite o impide el paso de aire al pistón cuando hay un vacío en la máquina.

Algunas de las empresas con las que O-I peldar tiene negocios de envases decorados son: Postobón, Bavaria, Coca-Cola, Unilever, entre otros.

11. METODOLOGÍA: Con los recursos electrónicos y sistemáticos que existen en la actualidad se pudo resolver la situación que planteaba el proyecto

En primer lugar se hizo un estudio de la razón por la cual se perdía tiempo en las maquinas de decoración y se realizo una lista de los elementos que forman parte de la maquina implicados en el desarrollo del proyecto, a continuación se definirán los equipos que no estaban en la maquina y se debian adicionar, cuando este estudio estuvo listo y evaluado por los organismos correspondientes se consulto con proveedores y se adquirieron sensores, PLC, panel de operador, relés de control, electro válvulas, switch selectores y demás equipos que aun no habian sido definidos, para poder realizar el programa de control se asistio a capacitaciones de programación con software como ladder, rs links, rs logix 500 y panel view para así programar correctamente el PLC y realizar pruebas de señales y rutas de red.

Cuando todo el proceso anterior se realizo con éxito se cargaron los programas en los respectivos equipos y se puso en marcha el proyecto.

12. CONCLUSIONES: Después de estudiar a fondo algunos métodos para programar se encontró que para este caso es más favorable leer cada botella como un bit y no por tiempos, al inicio se planteó que el proyecto se pondría en marcha en tan solo una de las 5 máquinas que hay en O-I Peldar; gracias al éxito que este tuvo en la primera se implementó en las 4 máquinas restantes, la mecatrónica si tiene proporciona los elementos suficientes para automatizar la caída del pistón

dependiendo de la presencia de botella en las máquinas decoradoras STRUTZ, para implementar cualquier sistema de mejoramiento en un proceso de producción se deben estudiar las variables previas al proyecto para tener alcances claros y posibles, un PLC puede controlar de una manera eficiente los procesos en los que pueda trabajar con señales digitales, por motivos de trabajo la entrega del informe escrito se retrasó, sin embargo la puesta en marcha del proyecto se hizo a tiempo según el cronograma de actividades.

**DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICA
PARA LA MÁQUINA DE DECORACIÓN STRUTZ DE BOTELLAS.**

KAREN PINILLA ARROYAVE
Kajapi86@gmail.com
20051166019

JULIÁN DAVID GIRALDO
Gjulian50@hotmail.com
20051166066

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ

2010

- 4 -

**DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICA
PARA LA MÁQUINA DE DECORACIÓN STRUTZ DE BOTELLAS.**

KAREN PINILLA ARROYAVE
Kajapi86@gmail.com
20051166019

JULIÁN DAVID GIRALDO
Gjulian50@hotmail.com
20051166066

PROYECTO DE GRADO

INGENIERO EDUARDO BONILLA

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ

2010

- 5 -

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.3 JUSTIFICACIÓN	10
1.4 OBJETIVOS	11
1.4.1 Objetivo general	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	12
1.5.1 Alcances	12
1.5.2 Limitaciones	13
2. MARCO DE REFERENCIA	14
2.1 MARCO CONCEPTUAL	14
2.2 MARCO TEÓRICO	14
2.2.1 Tipos de máquinas para decoración de envases	14
3. METODOLOGÍA	16
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	16
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	16
3.3 HIPÓTESIS	16

	pág.
4. DESARROLLO INGENIERIL	17
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	17
4.1.1 Materias primas	17
4.1.2 Hornos	17
4.1.3 Alimentadores	17
4.1.4 Formación	17
4.1.5 Recocido	17
4.1.6 Inspección automática	17
4.1.7 Decoración	17
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA	19
4.3 CONSUMO DE PANTALLAS	21
4.3.1 Rotura y costos de pérdidas de pantalla	21
4.4 INSTRUMENTACIÓN	24
4.4.1 Elementos eléctricos	24
4.5 PROGRAMA DE CONTROL	24
4.5.1 Posibles controles con RS LOGIX	24
4.5.2 Estrategia de control	25
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	29
6. CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Estudio de rotura de pantalla en 1 semana.	9
Tabla 2. Estudio del comportamiento de pérdidas en el decorado de botellas en la empresa O-I Peldar.	10
Tabla 3. Tabla costos de pérdida de pantallas.	21
Tabla 4. Relación de instrumentos, proveedor y costos.	24
Tabla 5. Estudio de pérdidas y costos posterior a la implementación del proyecto.	29

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Pantalla rota.	11
Figura 2. Máquina automática de tampografía para porcelana.	15
Figura 3. Explicación de las partes que componen el soporte de la pantalla.	18
Figura 4. Pistón, pantalla y botella.	19
Figura 5. Monitoreo de Eficiencias.	20
Figura 6. Pantallas rotas por día antes de implementar el proyecto	22
Figura 7. Costo rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Antes de implementar el proyecto).	23
Figura 8. Cantidad de bits que debe contar el PLC cuando hay vacío.	25
Figura 9. Mapa del proceso.	27
Figura 10. Porcentaje rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Después de implementar el proyecto).	31
Figura 11. Costo rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Después de implementar el proyecto).	31
Figura 12. Porcentaje de tiempos perdidos ocasionados por rotura de pantalla a lo largo del desarrollo del proyecto.	32
Figura 13. Flujo de marcos en el proceso. (Cantidad de pantallas que se debe tener como stock para cada referencia).	32

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Muestra de decoración 2 partes de la botella.	35
Anexo 2. Recorrido de pistón a lo largo de la pantalla.	36
Anexo 3. Descripción de la máquina.	37
Anexo 4. Diagrama de flujo del programa.	38
Anexo 5. Diagrama de conexiones.	39
Anexo 6. Programa LADDER.	40
Anexo 7. Panel View.	48
Anexo 8. CD Videos funcionamiento de mecanismo a) antes de implementar control b) cambio de pantalla c) después de implementar control.	

INTRODUCCIÓN

Los continuos avances tecnológicos en el campo de la automatización han hecho crecer las industrias reduciendo sus costos y haciendo más eficientes los procesos de producción.

La empresa O-I PELDAR cuenta con maquinaria para la fabricación de productos hechos a base de vidrio como vidrio plano, envases de gaseosas, licores, farmacéuticos y cosmético. Con el fin de incrementar la productividad y competitividad se han implementado sistemas automáticos que permiten hacer mayor cantidad de envases en el mismo tiempo.

La condición de entrega de algunos productos; es que se encuentren decorados, por lo que hay una sección llamada DECORACIÓN en donde se cuenta con 5 máquinas que permiten decorar los envases con máximo 3 colores de pintura hasta en 2 partes de la botella como se muestra. ... Véase Anexo 1...

Para decorar un envase se requiere una pantalla de malla metálica que se encuentra emulsionada y posteriormente revelada para permitir el paso de pintura por donde no hay emulsión, plasmando el arte en cada envase. Para generar dicha filtración de pintura se genera una presión medida con un manómetro ubicado en cada estación de decorado entre 15 y 20 PSI, la presión del sistema cae directamente en la pantalla siendo dicha presión soportada por la botella, por medio de un pistón que tiene una escobilla para remover la pintura a lo largo de la pantalla sobre la superficie de vidrio como se muestra. ... Véase Anexo 2...

Cuando se genera una falla por falta de alimentación de botella cae el pistón y esta fuerza rompe la pantalla ocasionando pérdidas de producción y de pantallas, para resolver éste problema se usó un controlador lógico programable (PLC) que permite o impide el paso de aire al pistón cuando hay un vacío en la máquina.

Algunas de las empresas con las que O-I peldar tiene negocios de envases decorados son: Postobón, Bavaria, Coca-Cola, Unilever, entre otros.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Los procesos que intervienen en el posible rompimiento de la pantalla como: el recorrido que debe llevar el pistón, la presión de caída del pistón, la resistencia de la pantalla y la caída del pistón cuando no hay botella para ser decorada han generado investigaciones anteriores y según el estudio realizado durante una semana ...Véase Tabla 1... se ha demostrado que la causa de la rotura de la pantalla es la caída del pistón cuando no hay botella debajo que soporte la fuerza, razón por la cual se concluye que ninguno de los factores nombrados anteriormente es el causante de la rotura de la pantalla.

Tabla 1. Estudio de rotura de pantalla en 1 semana

Descripción	Número de eventos	Número de pantallas	Porcentaje
Recorrido de pistón	15	1	1,0%
Presión 20 PSI	7	0	0,0%
Presión 25 PSI	8	0	0,0%
Presión 30 PSI	10	0	0,0%
Pantalla 1 capa de emulsión.	4	0	0,0%
Caida de piston sin envase	100	100	99,0%

Fuente: Autores

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Después de realizar el estudio de las posibles causas que rompen la pantalla se ha concluido que, el procedimiento manual seguido para evitar que baje el pistón, en los casos que la máquina strutz de decoración de botellas de la empresa O-I PELDAR no tiene botellas para decorar, NO es el más adecuado y NO impide la totalidad de las rupturas de la pantalla; razón por la cual se plantea la pregunta, ¿de qué manera puede evitarse la ruptura de la pantalla? Este trabajo se enfoca en el diseño y la implementación de un sistema de funcionamiento automático que utilizando los recursos de la ingeniería mecatrónica pueda garantizar el funcionamiento de la máquina strutz evitando la ruptura de la pantalla de decoración.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto permite disminuir las pérdidas económicas causadas por la rotura de la pantalla; tal como se demuestra en un estudio de costos, ... Véase Tabla 2... se muestran tres defectos por decorado; decorado descuadrado, decorado mareado, decorado chorreado; siendo estos ocasionados por rompimiento de pantalla, cuando uno de estos se presenta, las unidades producidas son retenidas (producto NO CONFORME) y enviadas a reelección ocasionando un costo adicional de \$COL 50 por botella, cuando el producto es defectuoso, el envase se rompe y recicla, ocasionando pérdidas de \$COL 300 por envase. Se concluye que en 7 días de producción la pérdida es aproximadamente \$COL 5.257.700, por tanto, es conveniente aumentar los conocimientos y experiencias en la implementación de soluciones mecatrónicas para resolver este problema.

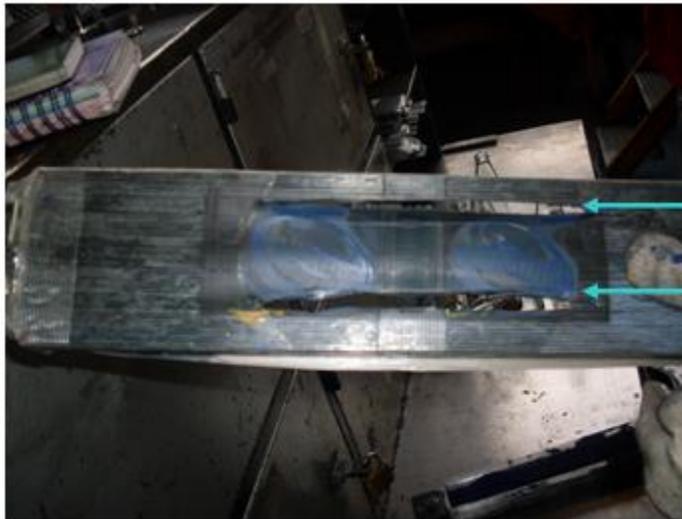
Tabla 2. Estudio del comportamiento de pérdidas en el decorado de botellas en la empresa O-I Peldar

Defectos	Unidades retenidas	Costo reelección (\$)	Costo por rotura(\$)	Costo Total (\$)
Decorado descuadrado	7728	386400	2318400	
Decorado mareado	3080	154000	924000	
Decorado chorreado	4214	210700	1264200	
Total	15022	751100	4506600	5257700

Fuente: Autores

Cuando se genera un vacío en la máquina (vacío en la entrada), cae el pistón y daña la malla al no haber una botella que soporte la presión. ... Véase figura 1...

Figura 1. Pantalla rota



*rotura de pantalla por caída de
pistón sin botella.*

Fuente: Autores

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general. Diseñar, construir y poner en funcionamiento un sistema automático de control, que impide el accionamiento del pistón de la máquina strutz de decoración de botellas de la empresa OI Peldar; cuando, durante su funcionamiento el equipo se encuentre sin botellas.

1.4.2 Objetivos específicos. El diseño comprende: los planos de las conexiones, la selección de los elementos, el programa de operación del PLC y la construcción del proyecto poniéndolo en marcha en por lo menos una de las 5 máquinas strutz de decoración:

- Seleccionar el tipo de control que se le va a aplicar al proceso.
- Seleccionar sensores capaces de detectar la presencia de vidrio.
- Diseñar el programa de control que guarde registros (programación LADDER).
- Crear la interfaz hombre máquina donde se visualicen las diferentes variables.

- Seleccionar el PLC que sirva para diferentes aplicaciones, permitiendo así el uso del mismo en el futuro si se desea automatizar los demás procesos.
- Determinar las fallas que se presentan en la máquina ocasionando tiempos perdidos de la producción.
- Seleccionar los elementos que se requieren para la implementación del proyecto.
- Desarrollar el programa de control con diferente software (ladder, rs links, rs logix, panel view).
- Montar los elementos en las máquinas.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Poner en marcha el proyecto.
- Entregar planos actualizados de la máquina.
- Realizar el SOP (procedimiento estándar de operación).

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances. Con este proyecto, utilizando los recursos de la ingeniería mecatrónica, se minimiza la pérdida de producción, que actualmente se causan por las roturas de la pantalla en el proceso de decorado de botellas en la máquina strutz de la empresa I-O PELDAR, con lo cual se reduce en gran parte las pérdidas en el área de decoración.

Al finalizar el proyecto se entrega: el diseño de programas, planos de conexiones, tipo de elementos, e interface, la selección de los elementos, el programa de operación del PLC, las pruebas de funcionamiento de este diseño, la construcción y su implementación en por lo menos una de las máquinas strutz de decoración.

1.5.2 Limitaciones. Teniendo en cuenta que este proyecto será desarrollado para implementarlo en una máquina que mantiene en continuo uso y que las paradas de funcionamiento deben ser programadas y reducidas lo menos posible, es necesario programar el montaje y además seleccionar los elementos que garanticen el cumplimiento de los objetivos planteados. También se hace importante resaltar que el proyecto es patrocinado por la empresa O-I PELDAR, debido a esto los materiales que se usan son los suministrados por la empresa y los cálculos que se realizan es en base a estos mismos. Solo se puede programar en rs logix debido a que es la licencia que la empresa adquirió.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este proyecto es necesario seguir el proceso mediante el cual se tenga la certeza del cumplimiento de los objetivos propuestos, este proceso requiere mediciones, elección, desarrollo del programa, montaje del PLC prueba de funcionamiento del programa, desarrollo de la ruta de red, interfaz VNC y otros puntos que se irán conociendo a medida que el proyecto se desarrolla.

Se debe tener en cuenta que este proyecto estará al alcance de muchas personas, por esta razón se debe generar una entrada segura, y asegurarse que los operadores implicados en el uso de la máquina decoradora no tendrán accidentes a causa del desarrollo del proyecto

2.2 MARCO TEÓRICO

Las máquinas que se usan para la decoración en la empresa O-I PELDAR se llaman strutz estas poseen un funcionamiento patentado y en la actualidad este procedimiento se ha automatizado, la máquina tiene un proceso que se explicara a continuación:

Por una banda transportadora llegan las botellas para alimentar la máquina decoradora, estas están de pie y son adaptadas a unos llevadores que sitúan horizontalmente la botella y giran con respecto a un eje siendo sostenidas por los mismos llevadores durante todo el proceso. El movimiento se detiene para que la botella sea decorada con el primer color que se dispone para el decorado posteriormente se repite el proceso hasta acabar el decorado requerido, con el mismo sistema con el que entra la botella sale de la máquina para ser transportada hasta el archa en la que se genera la curva de temperatura correspondiente y darle brillo y duración a la pintura.

2.2.1 Tipos de máquinas para decoración de envases. Máquina para el decorado de envases que comprende un eje de impulsión, estaciones de transporte conectadas para rotar conjuntamente con dicho eje, medios de apoyo para transportar simultáneamente dos artículos y una pantalla de decorado por cada estación de transporte; y un método para el decorado de envases.

Máquina para decorar envases o artículos similares que tiene un soporte y una flecha de impulsión acoplada a el que se hace rotar sobre su propio eje con un movimiento intermitente y una pluralidad de estaciones de transporte conectadas para rotar conjuntamente con la flecha de impulsión y apoyos para transportar simultáneamente, por lo menos, dos artículos o envases desde una posición de recepción a otra de entrega, y dispositivos conectados a la flecha de impulsión para hacerla rotar conjuntamente con los diversos elementos de transporte, y una pantalla de decorado para cada una de las estaciones de transporte ubicadas sobre la superficie de los artículos para poderlos decorar simultáneamente con al menos dos pantallas diferentes. El método consiste en el uso de la máquina descrita, pudiendo dividirse la pantalla de decorado en secciones y aplicar

simultáneamente por cada estación y pantalla diferentes patrones y colores de impresión en diferentes partes del artículo que está siendo decorado.

Figura 2. Máquina automática de tampografía para porcelana



Fuente: Autores

Este es uno de los desarrollos más recientes en el terreno de la decoración de vidrio, porcelana y cerámica (con y/o sin barniz) diseñado para imprimir grandes series con un diámetro de hasta 320 mm.

GALAXY es una máquina tampográfica completamente automática con cinta transportadora & carga automática, reconocimiento óptico y posicionamiento de los objetos, unidad para imprimir la parte trasera, tintero cerrado con calentador, expulsión automática de objetos defectuosos, registración automática de los colores, posibilidad de imprimir hasta 12 colores y toma automática de la decoración. El cambio de color o de grabado es muy fácil y se hace rápidamente.

Gracias al registro de colores perfecto y a la tinta termoplástica, esta máquina de impresión alcanza una resolución de 200 lpi.

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Con los recursos electrónicos y sistemáticos que existen en la actualidad se puede resolver la situación que plantea el proyecto

En primer lugar se ha hecho un estudio de la razón por la cual se pierde tiempo en las máquinas de decoración y se está realizando una lista de los elementos que forman parte de la máquina implicados en el desarrollo del proyecto, a continuación se definirán los equipos que no están actualmente en la máquina y se deberán adicionar, cuando este estudio esté listo y evaluado por los organismos correspondientes se consultara con proveedores y se adquirirán, sensores, PLC, panel de operador, relés de control, electro válvulas, switch selectores y demás equipos que aún no han sido definidos, para poder realizar el programa de control se asistirá a capacitaciones de programación con software como ladder, rs links, rs logix 500 y panel view para así programar correctamente el PLC y realizar pruebas de señales y rutas de red.

Cuando todo el proceso anterior se realice con éxito se cargaran los programas en los respectivos equipos y se pondrá en marcha el proyecto.

3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto está enfocado en el campo de la automatización, el cual está comprendido en el campo de la investigación de automatización de procesos y pertenece a la facultad de ingeniería bajo la sublínea de investigación de tecnologías actuales, a su vez es uno de los principales objetivos de la mecatrónica, los procesos de decoración de envases de vidrio son principalmente operados por los procesos de control, es decir, el proceso lógico que debe seguir el circuito para que todos los elementos expuestos en la máquina funcionen eficientemente.

3.3 HIPÓTESIS

La mecatrónica proporciona los recursos suficientes para resolver el problema que en este proyecto se plantea, detener el accionamiento del pistón de la máquina strutz de decoración de botellas de la empresa O-I PELDAR, cuando no haya una botella, razón por la cual se causa la ruptura de la pantalla al accionar el pistón; lo cual se logra con un control que impide el accionamiento del pistón cuando no hay botella. De esta forma se asegura que automatizar el proceso es la mejor solución y no la adquisición de nuevas máquinas.

4. DESARROLLO INGENIERIL

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación de envases de vidrio está compuesto por:

4.1.1 Materias primas. El vidrio está compuesto 40% de vidrio reciclado, 40% de arena, 20% de componentes menores. Dependiendo del color que necesite el vidrio según las exigencias del cliente se programa determinada formula, y con silos se mezcla por peso.

4.1.2 Hornos. Cuando la mezcla esta lista, se lleva a través de unas bandas transportadoras hasta un horno, en donde se alcanza una temperatura de 1550°C, con el fin de fundir los componentes de la mezcla.

4.1.3 Alimentadores. De cada horno se alimentan varias máquinas de formación, la mezcla fundida se transporta desde el horno hasta un alimentador por máquina, donde se acondiciona la temperatura y por gravedad fluye el vidrio hasta la máquina formadora.

4.1.4 Formación. El vidrio se convierte en una gota, que es transporta por medio de dos llevadores hasta el molde donde con un soplo; el vidrio adopta la forma del molde y se fabrica el envase.

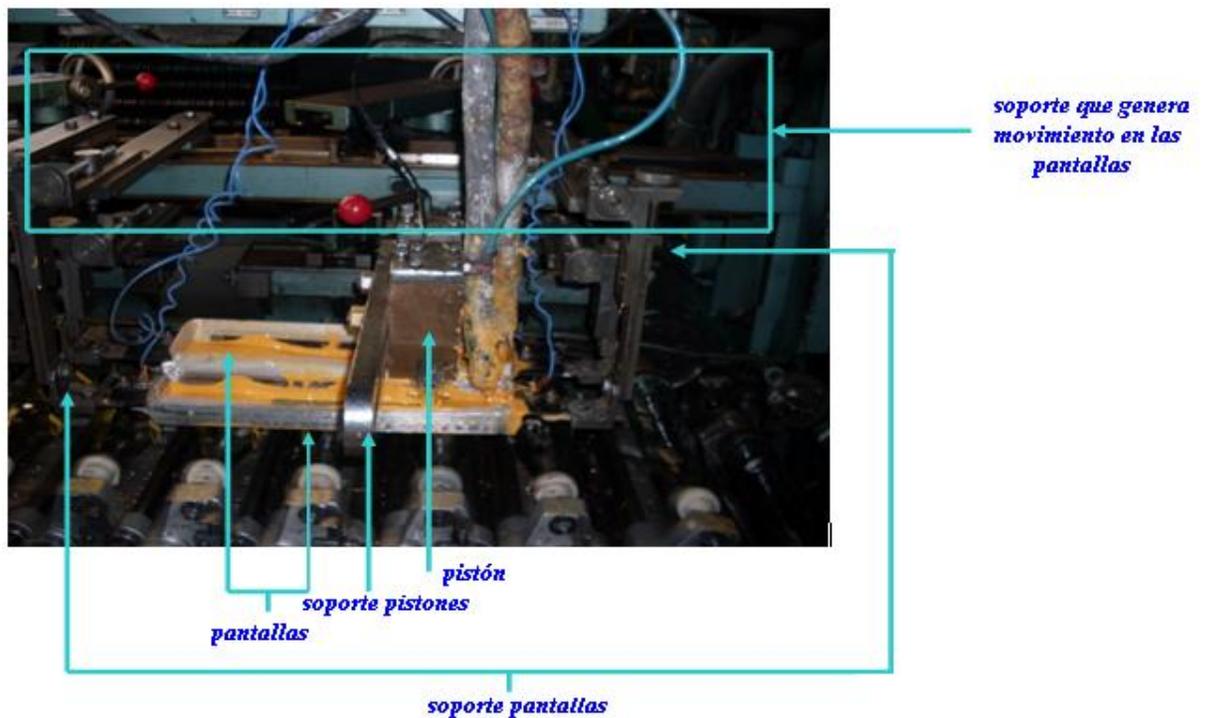
4.1.5 Recocido. El choque térmico generado por la diferencia de temperatura entre el interior del envase y el exterior (contacto con T° ambiente), se elimina acondicionando térmicamente la producción. Las botellas se transportan hasta el horno donde se calienta la producción a 650°C, y se enfría con una velocidad de 25°C/min hasta alcanzar 125°C.

4.1.6 Inspección automática. Cada envase se inspecciona automáticamente, comparando la imagen patrón con las fotos de 360 ° que se toma de cada envase, si la tolerancia no permite el defecto detectado el envase se rechaza y transporta hasta el llamado casco o vidrio de reciclaje.

4.1.7 Decoración. El área de decoración está conformada por 5 máquinas cada una decora a base de pintura en tres estaciones de decorado y 2 máquinas que decoran a base de etiquetas, las máquinas decoradoras de pintura pintan hasta 3 colores realizando la impresión de 1 color por estación incluso en dos partes de la botella, a su vez requieren para su funcionamiento una continua alimentación de botellas, por lo cual antes de entrar a ser decoradas existe un mecanismo que obstaculiza el paso de las mismas ocasionando así el

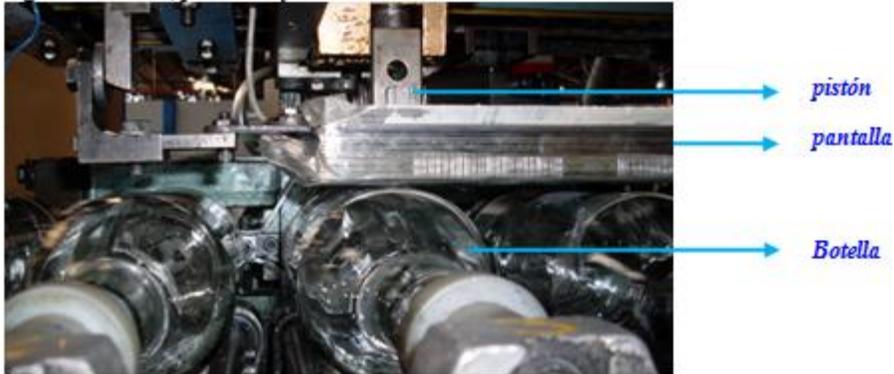
apresamiento de botellas para que se alimente continuamente la máquina; la botella es tomada por unas ventosas que la mantienen fija y la giran 90 grados para así transportarla por debajo de las estaciones de decorado; cada estación comprende hasta 2 pantallas, 1 para el cuerpo y la segunda para el hombro ... Véase Anexo 1... y ... Véase Figura 3 y 4... En el momento en que llega la botella, un pistón cae y barre la pintura que se almacena en la pantalla, repitiendo el proceso en las siguientes 2 estaciones hasta la salida de la botella. Cuando ocurría una falla en la alimentación de la botella a la máquina, esta no poseía el control necesario para que el pistón se mantuviera arriba y de esta forma se impedía el daño que ocasionaba la fuerte caída del pistón sobre la pantalla sin una botella que lo soportara.

Figura 3. Explicación de las partes que componen el soporte de la pantalla



Fuente: Autores

Figura 4. Pistón, pantalla y botella



Fuente: Autores

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

La máquina que deseamos automatizar consta de... Véase Anexo 3... Véase Figura 3...

- 3 Tanques de aire para regular presión.
- 3 Regulador de presión.
- 3 Válvula 5/2 de activación manual (automation products group Fluid power OMNI 375-06-001-01).
- 3 lubricadores aceite aire.
- 3 Tanque de aceite.
- 6 pistones simple efecto con retorno por resorte.
- 6 Pantallas.
- 6 Escobillas.
- 3 sistemas de control manual.
- 3 soportes Piston.

El proceso consta de una línea de aire que llega hasta un tanque acumulador de aire, este tanque tiene dos salidas, una que es en la que se regula la presión, y la otra que es la que va a llevar el aire hasta el pistón que permite el contacto del objeto que genera el recorrido de la pintura, la salida del tanque va conectada a una válvula de activación manual que permite el control manual de la caída del pistón impidiendo el paso de aire al pistón, la salida de esta válvula se conecta después a un lubricador, en donde se genera una mezcla de aceite y aire, para entrar al pistón lubricándolo y permitiendo que el aire empuje el pistón y caiga la escobilla.

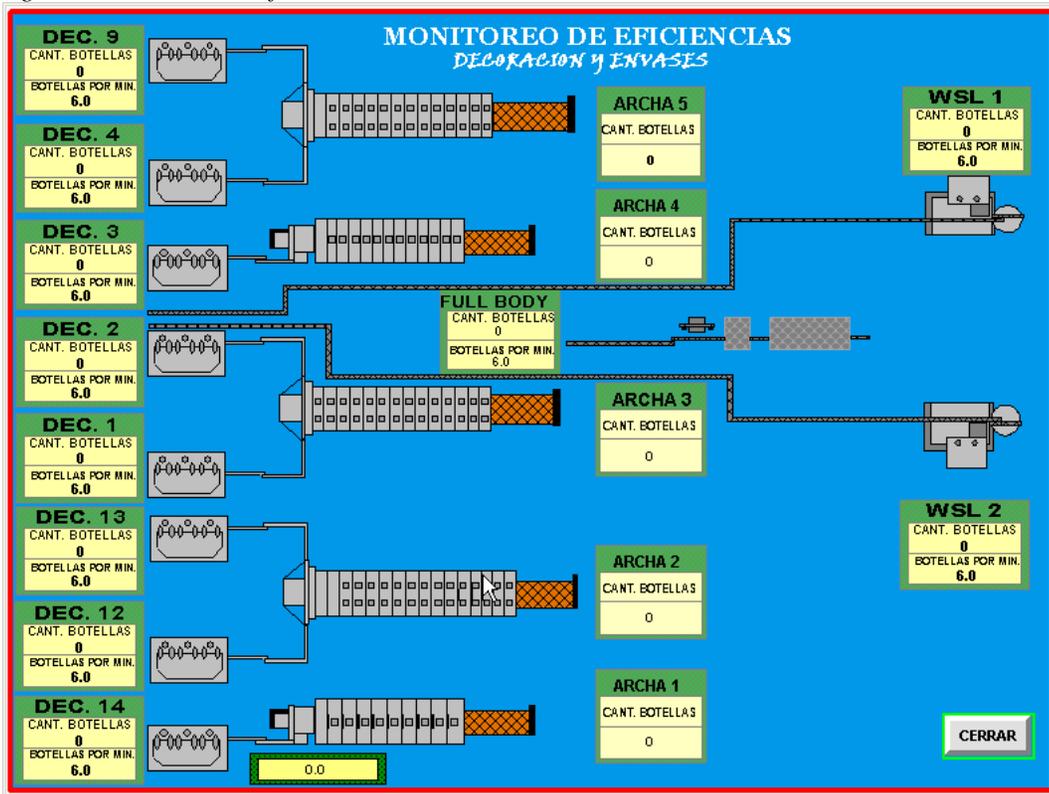
En cada máquina hay tres estaciones y en cada estación puede haber hasta dos pantallas, cada pantalla tiene pistón y escobilla, por ende pueden haber hasta 6 pistones en la máquina.

El pistón cae, y la pantalla tiene un soporte que va conectado a las reglillas posteriores de la máquina en donde se gradúa el movimiento que estas deben tener dependiendo del

perímetro de la botella, mientras que la botella también gira y se logra así que la pintura caiga alrededor y no en un solo punto de la superficie.

En una mañana de trabajo, se rompen en promedio 4 pantallas por caída de pistón sin botella que soporte la presión, este problema debe ser solucionado pues las pérdidas económicas están alrededor de 80000 por pantalla rota, en el cambio de una pantalla se pueden generar paradas hasta de 8 minutos, y teniendo en cuenta que la máquina decora 150 botellas por minuto, en el tiempo perdido se dejan de decorar 1200 botellas aproximadamente.

Figura 5. Monitoreo de Eficiencias



Fuente: O-I Peldar

4.3 CONSUMO DE PANTALLAS.

4.3.1 Rotura y costos de pérdidas de pantalla.

Tabla 3. Tabla costos de pérdida de pantallas

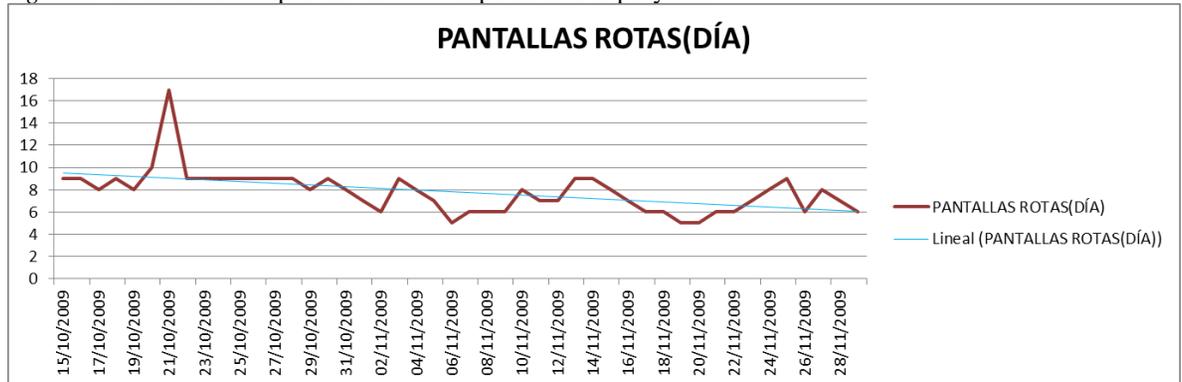
FECHA	TURNO	PANTALLAS ROTAS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
15/10/2009	1	5	80000	400000
15/10/2009	2	3	80000	240000
15/10/2009	3	1	80000	80000
16/10/2009	1	4	80000	320000
16/10/2009	2	3	80000	240000
16/10/2009	3	2	80000	160000
17/10/2009	1	3	80000	240000
17/10/2009	2	3	80000	240000
17/10/2009	3	2	80000	160000
18/10/2009	1	4	80000	320000
18/10/2009	2	2	80000	160000
18/10/2009	3	3	80000	240000
19/10/2009	1	1	80000	80000
19/10/2009	2	2	80000	160000
19/10/2009	3	5	80000	400000
20/10/2009	1	6	80000	480000
20/10/2009	2	3	80000	240000
20/10/2009	3	1	80000	80000
21/10/2009	1	8	80000	640000
21/10/2009	2	7	80000	560000
21/10/2009	3	2	80000	160000
22/10/2009	1	2	80000	160000
22/10/2009	2	4	80000	320000
22/10/2009	3	3	80000	240000
23/10/2009	1	5	80000	400000
23/10/2009	2	4	80000	320000
23/10/2009	3	0	80000	0

Tabla 3. (Continuación)

24/10/2009	1	3	80000	240000
24/10/2009	2	2	80000	160000
24/10/2009	3	4	80000	320000
25/10/2009	1	1	80000	80000
25/10/2009	2	3	80000	240000
25/10/2009	3	5	80000	400000
26/10/2009	1	6	80000	480000
26/10/2009	2	2	80000	160000
26/10/2009	3	1	80000	80000
27/10/2009	1	7	80000	560000
27/10/2009	2	1	80000	80000
27/10/2009	3	1	80000	80000
28/10/2009	1	4	80000	320000
28/10/2009	2	3	80000	240000
28/10/2009	3	2	80000	160000
29/10/2009	1	1	80000	80000
29/10/2009	2	4	80000	320000
29/10/2009	3	3	80000	240000
PROMEDIO		4		250666,6667

Fuente: Autores

Figura 6. Pantallas rotas por día antes de implementar el proyecto.

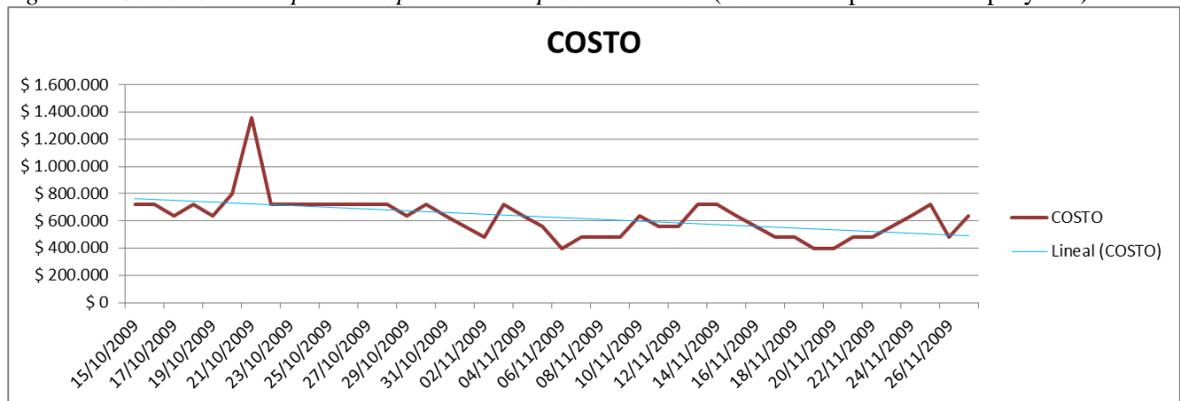


Fuente: Autores

Análisis:

1. El día 21/10/2009 se estaba decorando la referencia G3145 (*bretaña 296 ml no retornable*), que tiene alto relieve en vidrio, por lo que se incrementó el número de pantallas rotas promedio en 8.
2. En promedio se rompen 9 pantallas día porque hay un vacío en la máquina.
3. El número de pantallas rotas tienden a mantenerse estables.

Figura 7. Costo rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Antes de implementar el proyecto)



Fuente: Autores

Análisis:

En promedio se pierden diariamente \$752000 generados por rotura de pantallas, lo que ocasiona pérdidas mensuales de \$COL 22.560.000

4.4 INSTRUMENTACIÓN.

4.4.1 Elementos eléctricos. A continuación se presenta una tabla relacionando el instrumento, la elección, el posible proveedor y el costo.

Tabla 4. Relación de instrumentos, proveedor y costos.

INSTRUMENTO	ELECCIÓN	PROVEEDOR	COSTO	CANTIDAD MONTAJE	razón: lectura de envases color flint.
Sensor de presencia de botella	sensor capacitivo	R&U Melexa instrumatic	400000	1	Recurso otorgado por la empresa O-I Peldar
PLC	micrologix 1000	Melexa	1200000	1	
conectores					
borneras de control					
minibreacker de protección					

Fuente: Autores

4.5 PROGRAMA DE CONTROL

Como se planteó en las limitaciones del proyecto, una de las condiciones para implementar el desarrollo en la empresa O-I Peldar es que se debe programar en RS LOGIX.

... Véase numeral 1.5.2...

Cuando se hizo el análisis de cómo se podía controlar el proceso se tomaron varias alternativas, una de las cuales fue realizar el proceso con tiempo pero se llegó a la conclusión que si llegaban dos espacios seguidos a la máquina esta no iba a realizar correctamente el proceso, y además se requerirían más elementos para el control.

Así pues se encontró la posibilidad de leer cada botella como un bit de entrada al PLC, sabiendo cuantos bits hay entre el sensor y cada una de las estaciones, y controlando la caída de pistón diciendo en el programa que si el sensor no detecta botella en la entrada de la máquina se envía la señal a los pistones de no caer cuando pase por el sensor el número de bits correspondientes a cada pistón.

4.5.1 Posibles controles con RS LOGIX.

4.5.1.1 Por Tiempo

Descripción: Cada vez que se lea un bit se debe temporizar hasta que el vacío se encuentre en la posición de la pantalla.

Ventaja: Se garantiza la caída del pistón cada determinado tiempo, dejando poco lugar a equivocaciones.

Desventaja: Cuando se varía la velocidad de la máquina no se va a mantener constante el tiempo en que se debe interrumpir la caída del pistón generando fallas.

4.5.1.2 Por No Bits

Ventajas:

- No interfiere la velocidad de la máquina para impedir la caída de los 3 pistones.
- Pueden llegar dos espacios seguidos sin interferir en el control.

Desventaja: Cuando se desacomoda el sensor se pierde la lectura.

Para cambiar el proceso actual, requerimos de diferentes elementos que puedan enviar y recibir señales digitales, dentro los cuales ya hemos evaluado:

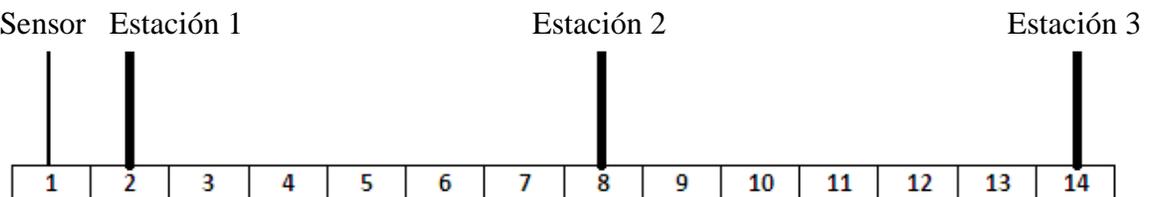
Electroválvulas que con un pulso del PLC puedan impedir el paso de aire al pistón para que este se mantenga arriba, 3 de estas válvulas son otorgadas por la empresa con la siguiente referencia:

8.5 watts, 24 Vdc, 3/2, modelo 113B-611JB marca MAC

El PLC que la empresa puede prestar es el micrologix 1000, este no tiene entradas analógicas, pero permite la adquisición de datos de sensores y salidas digitales

El sensor capacitivo, se ubicara en la entrada de las botellas a la máquina enviando una señal al PLC de si hay o no botella para iniciar el proceso.

Figura 8. Cantidad de bits que debe contar el PLC cuando hay vacío



Fuente: Autores

4.5.2 Estrategia de control.

1. Detectar la presencia de envase.
2. Detectar movimiento de los llevadores con un sensor inductivo.
3. Contar cada lectura sensor inductivo del sensor inductivo como 1 bit.
4. Sumar el número de bits desde que se detecta vacío de envase en uno de los llevadores.

5. Asignar a cada estación de decorado un número de bits.
6. Acondicionar el programa para que se genere señal a electroválvula que interrumpa el paso de aire al sensor cuando el vacío llegue al número del bit asignado en el LADDER.

4.5.3 Diagrama de flujo. ... Véase Anexo 4...

Entradas:

- Sensor de presencia, S_1

Salidas:

- Electroválvula 1ra Estación, E_1
- Electroválvula 2da Estación, E_2
- Electroválvula 3ra Estación, E_3

4.5.4 Programa LADDER. ... Véase Anexo 6...

4.5.5 Diagrama de conexiones. ... Véase Anexo 5...

4.5.6 Panel View. ... Véase Anexo 7...

4.6. Mapa del proceso.

Figura 9. Mapa del proceso.

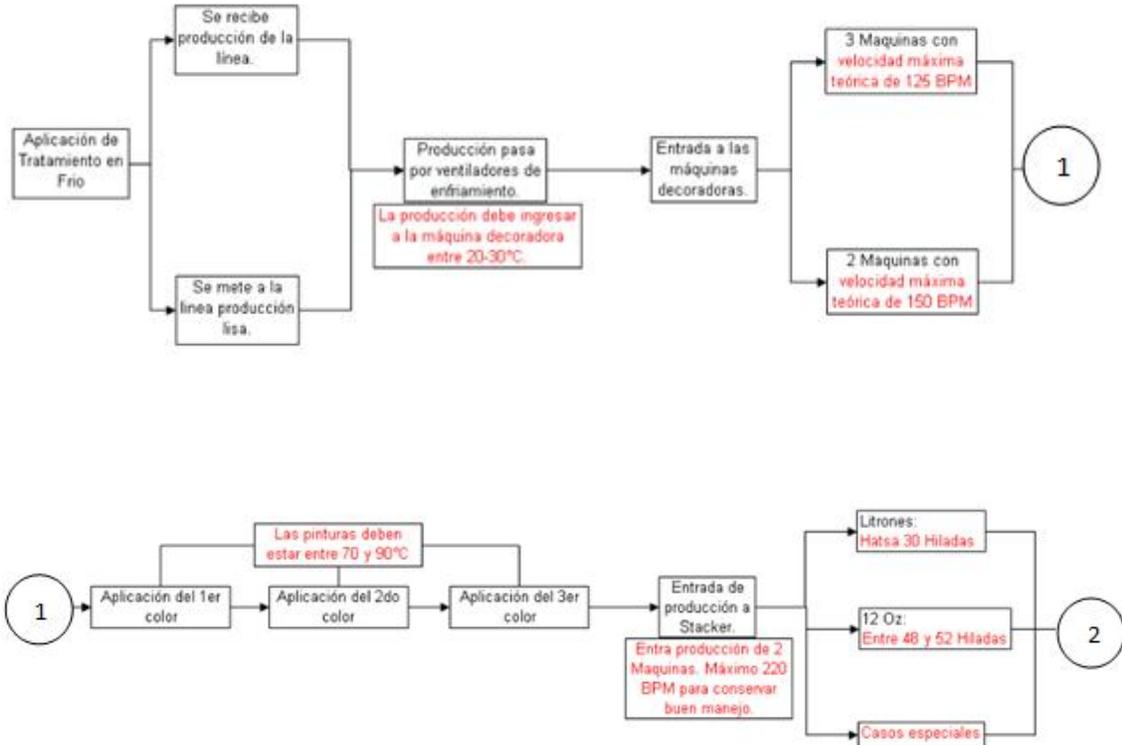
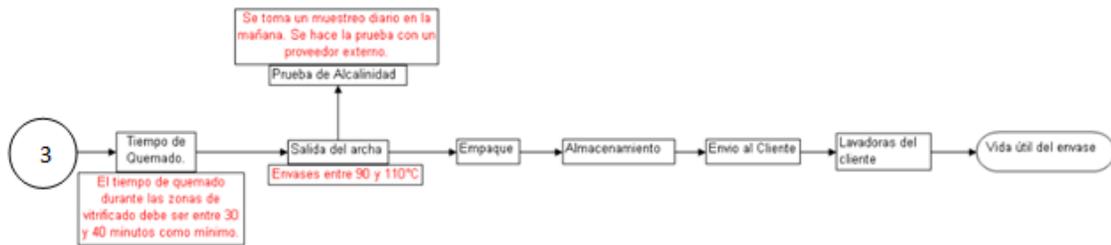


Figura 9. (continuación).



Fuente: Autores

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Como se puede observar, ...Véase Tabla 5... el último día de funcionamiento de la máquina strutz de decoración de botellas antes de implementar el proyecto fue el 29 de noviembre de 2009 ya que para ese mismo día se programó cambio de referencia e implementación del proyecto es decir, que a partir del 30 de noviembre de 2009 la máquina fue puesta a prueba hasta el día 17 de diciembre.

Tabla 5. Estudio de pérdidas y costos posterior a la implementación del proyecto

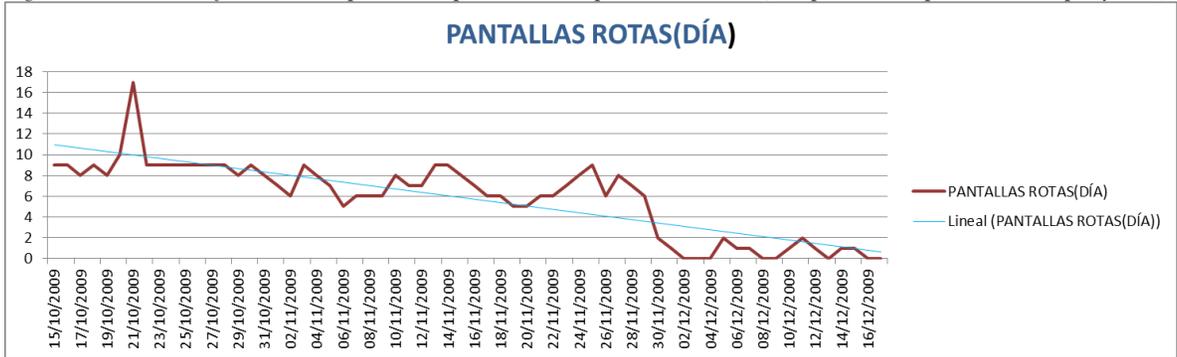
FECHA	PANTALLAS ROTAS(DÍA)	COSTO	Tp [horas]	% Tp	flujo de marcos	cinta para forrar pantallas [cm]	costo cinta
15/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
16/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
17/10/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
18/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
19/10/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
20/10/2009	10	\$ 800.000	1,666666667	6,94%	20	800	4000
21/10/2009	17	\$ 1.360.000	2,833333333	11,81%	34	1360	6800
22/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
23/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
24/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
25/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
26/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
27/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
28/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
29/10/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
30/10/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
31/10/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
01/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
02/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
03/11/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
04/11/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
05/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
06/11/2009	5	\$ 400.000	0,833333333	3,47%	10	400	2000
07/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
08/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400

Tabla 5. (Continuación)

09/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
10/11/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
11/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
12/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
13/11/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
14/11/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
15/11/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
16/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
17/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
18/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
19/11/2009	5	\$ 400.000	0,833333333	3,47%	10	400	2000
20/11/2009	5	\$ 400.000	0,833333333	3,47%	10	400	2000
21/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
22/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
23/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
24/11/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
25/11/2009	9	\$ 720.000	1,5	6,25%	18	720	3600
26/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
27/11/2009	8	\$ 640.000	1,333333333	5,56%	16	640	3200
28/11/2009	7	\$ 560.000	1,166666667	4,86%	14	560	2800
29/11/2009	6	\$ 480.000	1	4,17%	12	480	2400
30/11/2009	2	\$ 160.000	0,333333333	1,39%	4	160	800
01/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
02/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
03/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
04/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
05/12/2009	2	\$ 160.000	0,333333333	1,39%	4	160	800
06/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
07/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
08/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
09/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
10/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
11/12/2009	2	\$ 160.000	0,333333333	1,39%	4	160	800
12/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
13/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
14/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
15/12/2009	1	\$ 80.000	0,166666667	0,69%	2	80	400
16/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0
17/12/2009	0	\$ 0	0	0,00%	0	0	0

Fuente: Autores.

Figura 10. Porcentaje rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Después de implementar el proyecto)

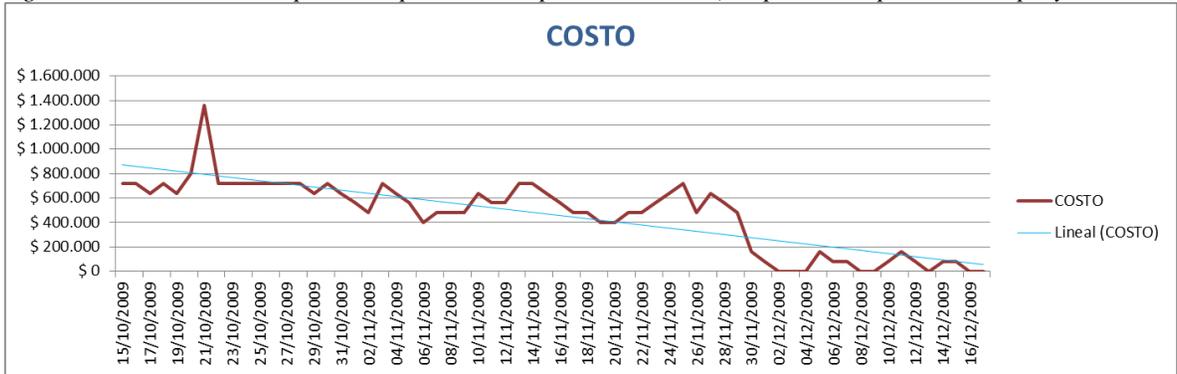


Fuente: Autores

Análisis:

1. el proyecto no suprimió en el 100% la rotura de pantallas, afectados principalmente por la ubicación que debe tener el sensor en el chasis de la máquina.

Figura 11. Costo rotura de pantallas por caída de pistón en vacío. (Después de implementar el proyecto)



Fuente: Autores

Análisis:

1. El proyecto permitió disminuir el costo diario de pérdidas por rotura de pantallas en \$564.830.

Figura 12. Porcentaje de tiempos perdidos ocasionados por rotura de pantalla a lo largo del desarrollo del proyecto.

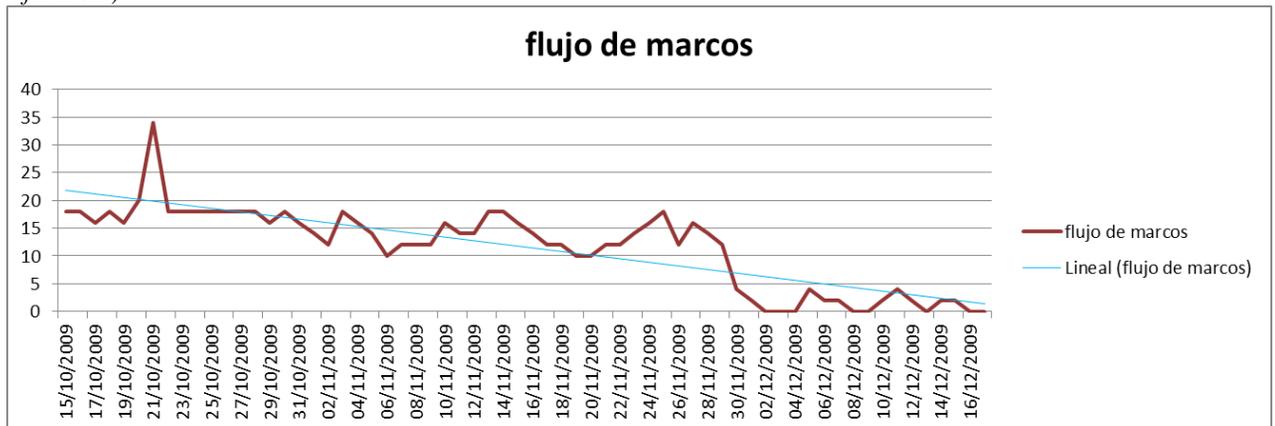


Fuente: Autores.

Análisis:

1. Los tiempos perdidos promedio antes de implementar el proyecto son 5.40% (1.2 horas día), después de implementar el proyecto se disminuyeron a 0.5 % (0.12 horas).
2. evitando los tiempos perdidos se decoran en promedio 7920 botellas más de las que se decoraban antes de implementar el proyecto.
3. los tiempos perdidos tienden a 0.5%.

Figura 13 . Flujo de marcos en el proceso. (Cantidad de pantallas que se debe tener como stock para cada referencia)



Fuente: Autores

Análisis:

1. para cada pantalla rota se necesita 1 pantalla de respaldo lista, antes de implementar el proyecto se requerían mínimo 18 pantallas por color, después de implementar el proyecto se necesitan 2 pantallas listas por color.

6. CONCLUSIONES

- Después de estudiar a fondo algunos métodos para programar se encontró que para este caso es más favorable leer cada botella como un bit y no por tiempos.
- Al inicio se planteó que el proyecto se pondría en marcha en tan solo una de las 5 máquinas que hay en O-I Peldar; gracias al éxito que este tuvo en la primera se implementó en las 4 máquinas restantes.
- La mecatrónica si tiene proporciona los elementos suficientes para automatizar la caída del pistón dependiendo de la presencia de botella en las máquinas decoradoras STRUTZ.
- Para implementar cualquier sistema de mejoramiento en un proceso de producción se deben estudiar las variables previas al proyecto para tener alcances claros y posibles.
- Un PLC puede controlar de una manera eficiente los procesos en los que pueda trabajar con señales digitales.
- Por motivos de trabajo la entrega del informe escrito se retrasó, sin embargo la puesta en marcha del proyecto se hizo a tiempo según el cronograma de actividades.

BIBLIOGRAFÍA

Strutz International

<<http://www.strutz.com/>>

Maquinas Decoradoras

<http://www.invenia.es/inveniaextensions:maquina_decoradora_manufacturados_ceramicos_forma_placa>

PLC Micrologix 1000. Descripción

<<http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/micrologix/index.htmlb>>

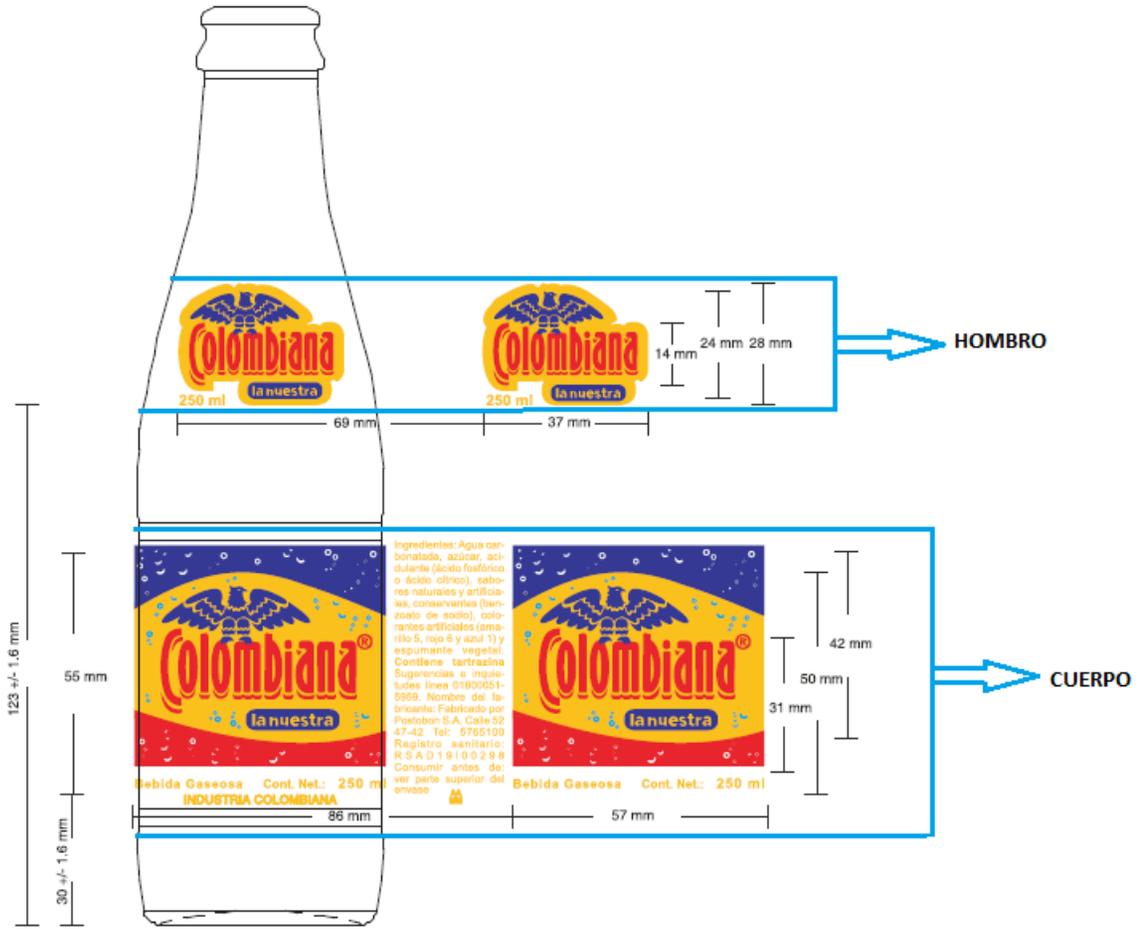
Electroválvulas Mac. Descripción

<http://www.inning.cl/prontus_inning/site/artic/20070315/pags/20070315190421.html>

Base de datos empresa O-I Peldar

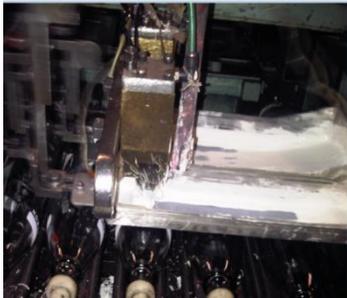
ANEXOS

Anexo 1. Muestra de decoración 2 partes de la botella



Fuente: O-I Peldar

Anexo 2. Recorrido de pistón a lo largo de la pantalla.



Posición 3 pistón; final de recorrido del pistón.



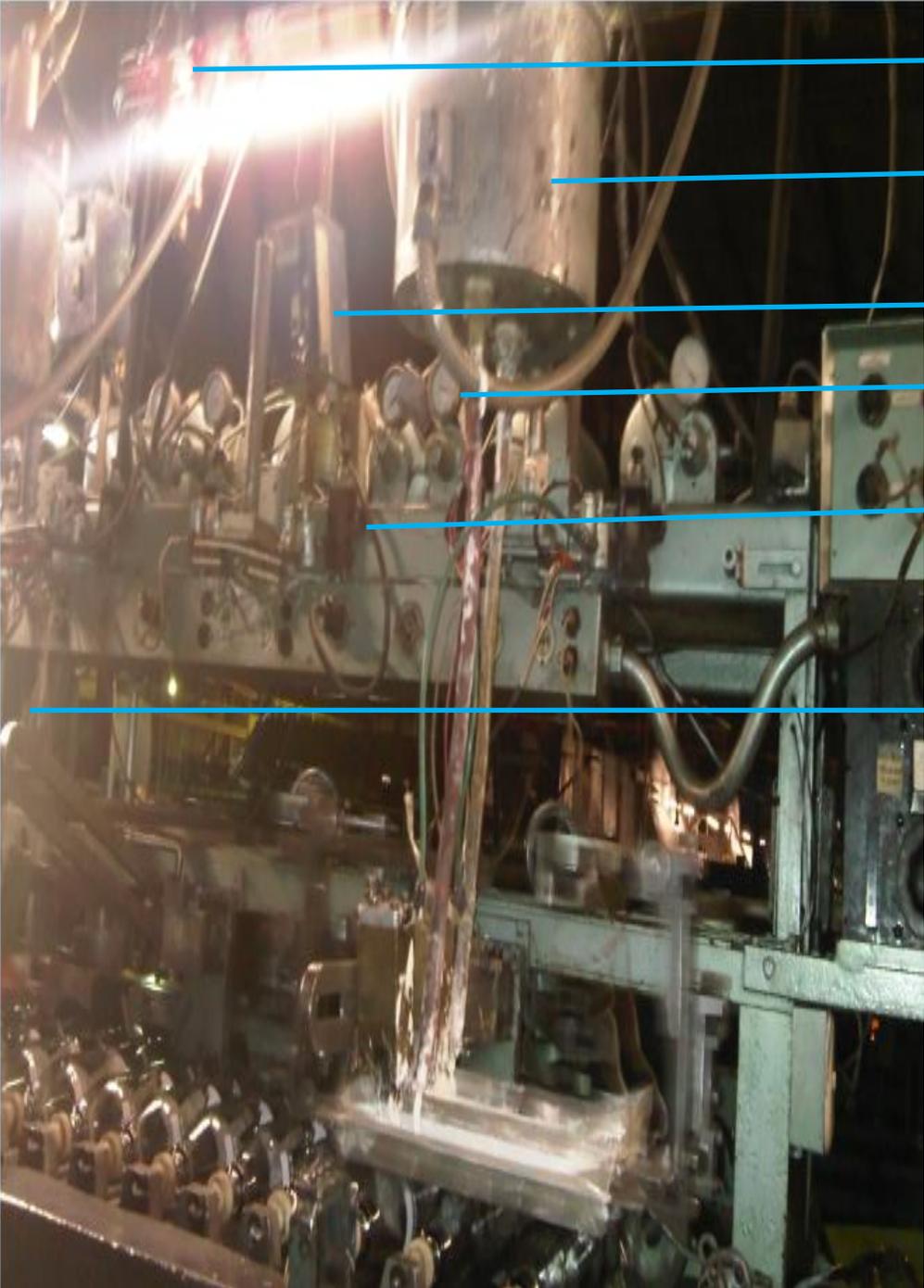
Posición 2 pistón; recorrido de pistón a lo largo de la pantalla.



Posición 1 pistón: inicio de recorrido del pistón.

Fuente: O-I Peldar

Anexo 3. Descripción de la máquina



Tanque de aire

**Olla
dispensadora
de pintura**

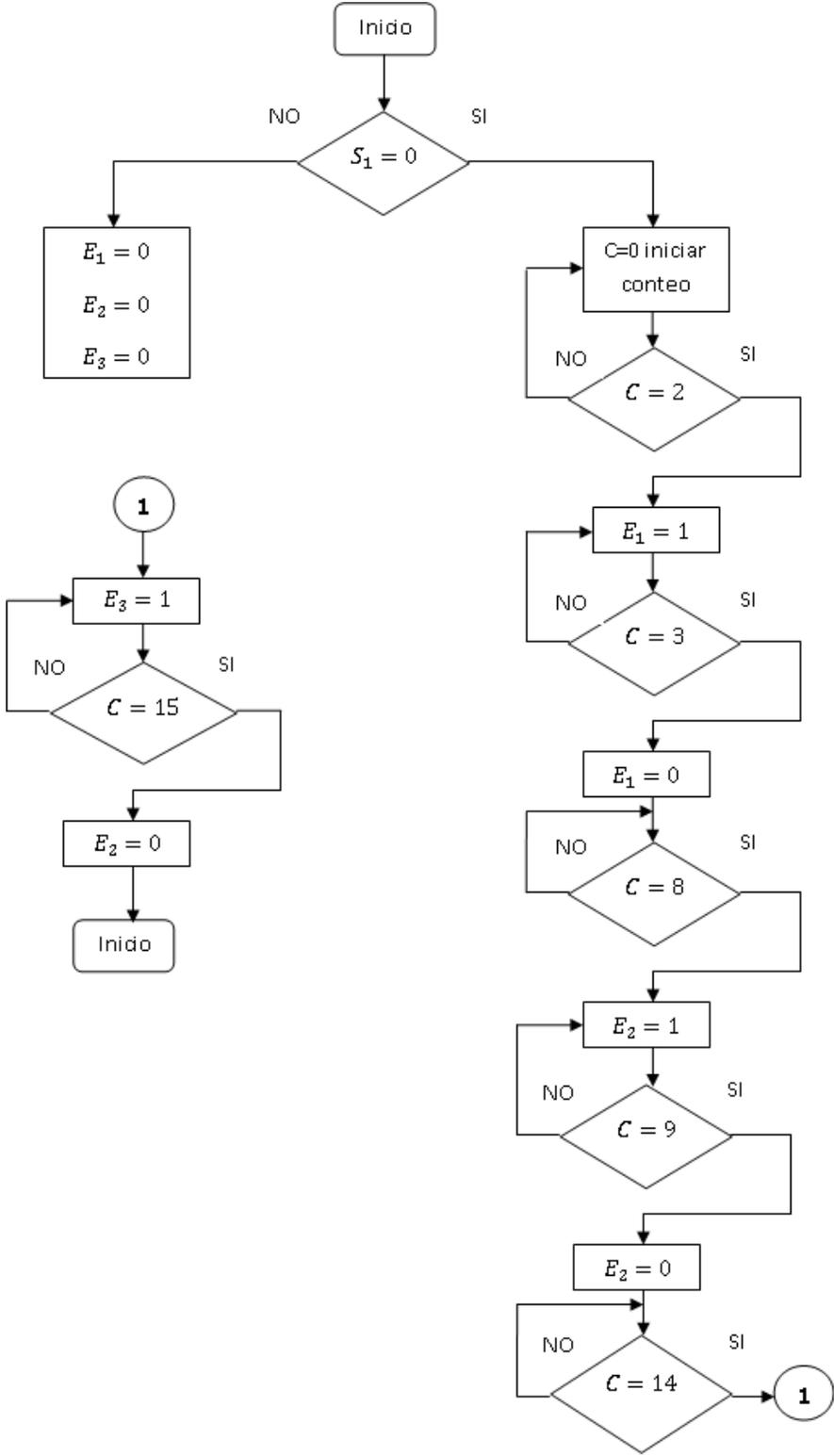
**Control
temperatura.**

Manómetro

**Electroválvula
de activación
manual**

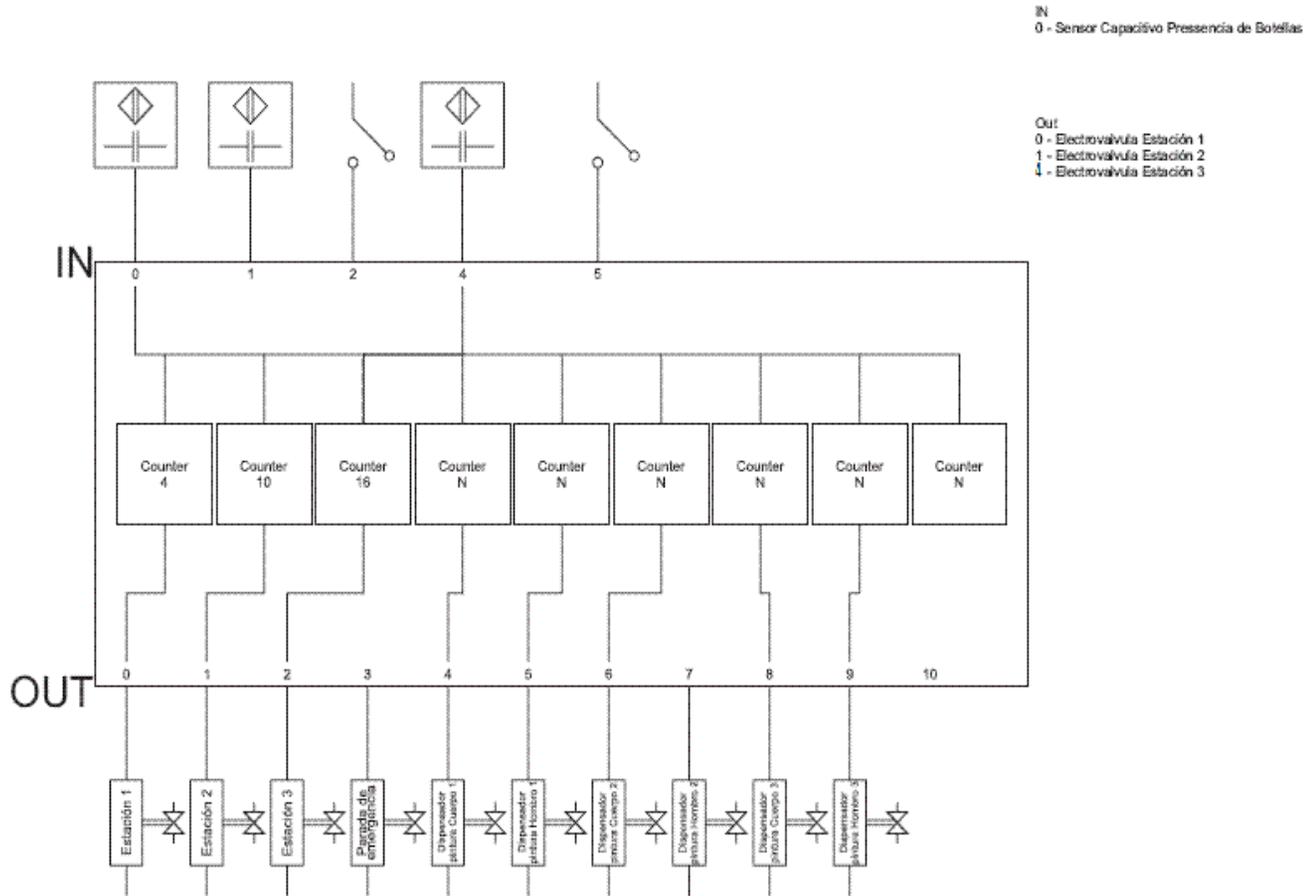
Fuente: O-I Peldar

Anexo 4. Diagrama de flujo del programa



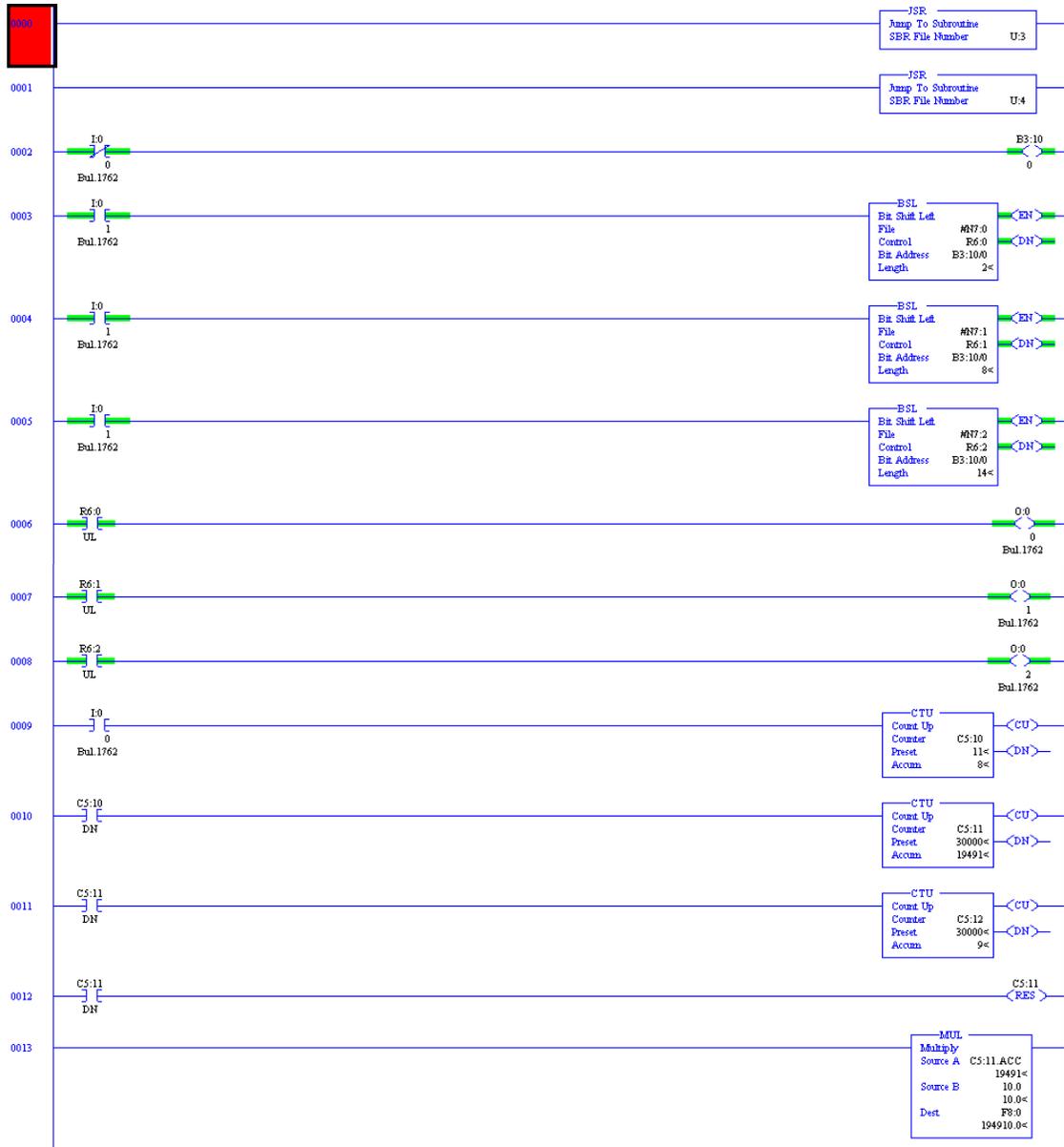
Fuente: Autores

Anexo 5. Diagrama de conexiones.

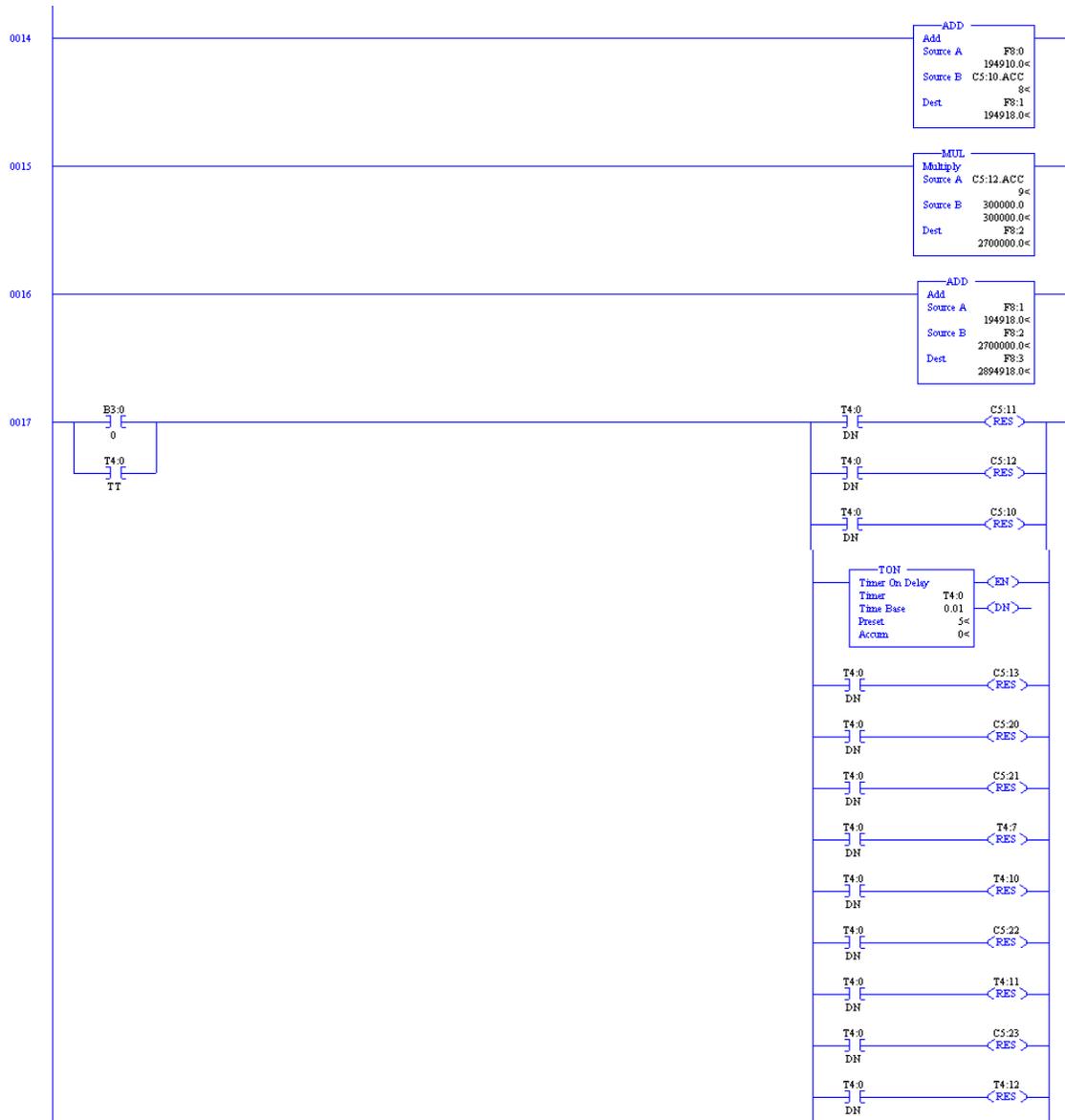


Fuente: Autores

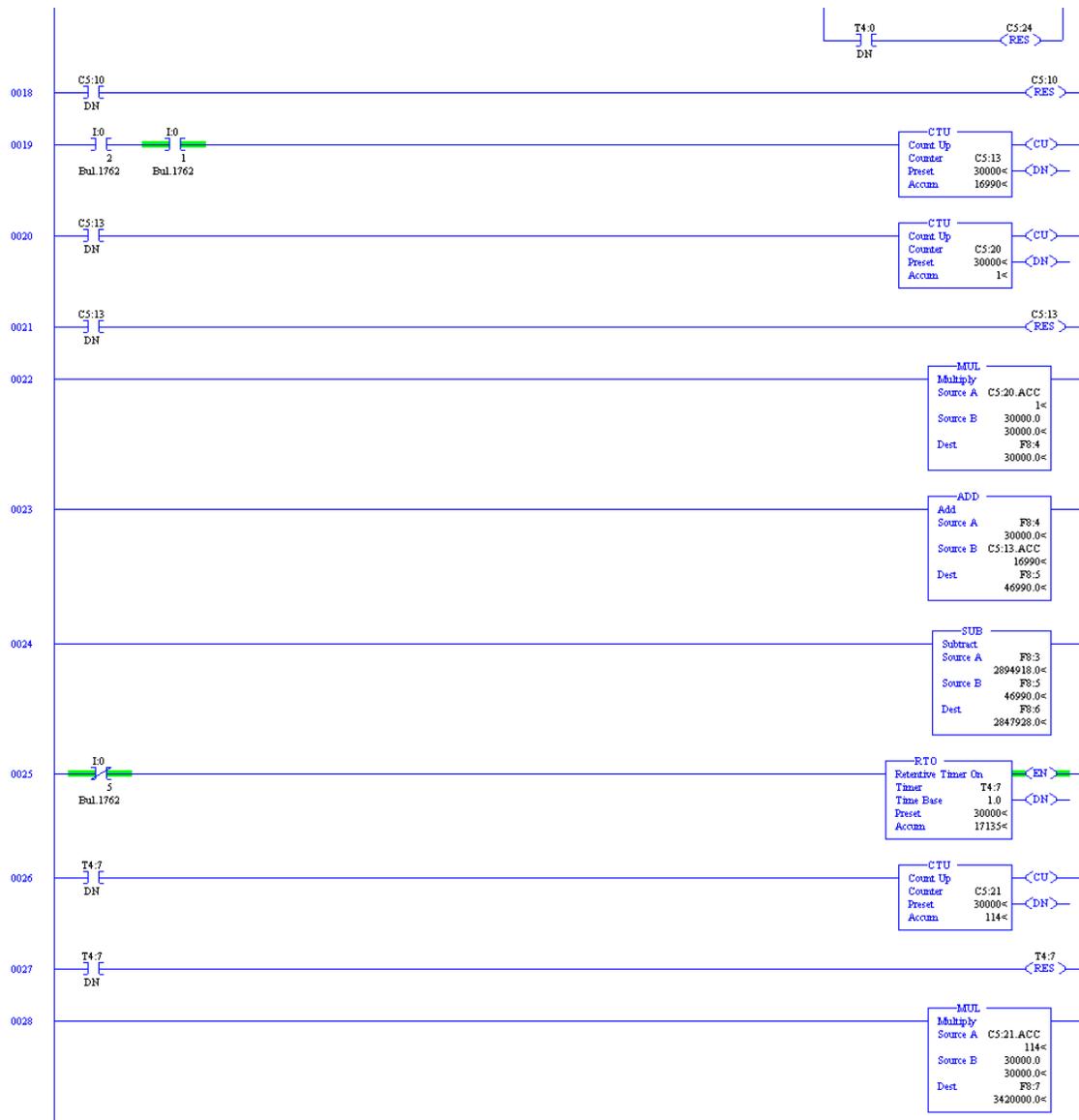
Anexo 6. Programa LADDER de control



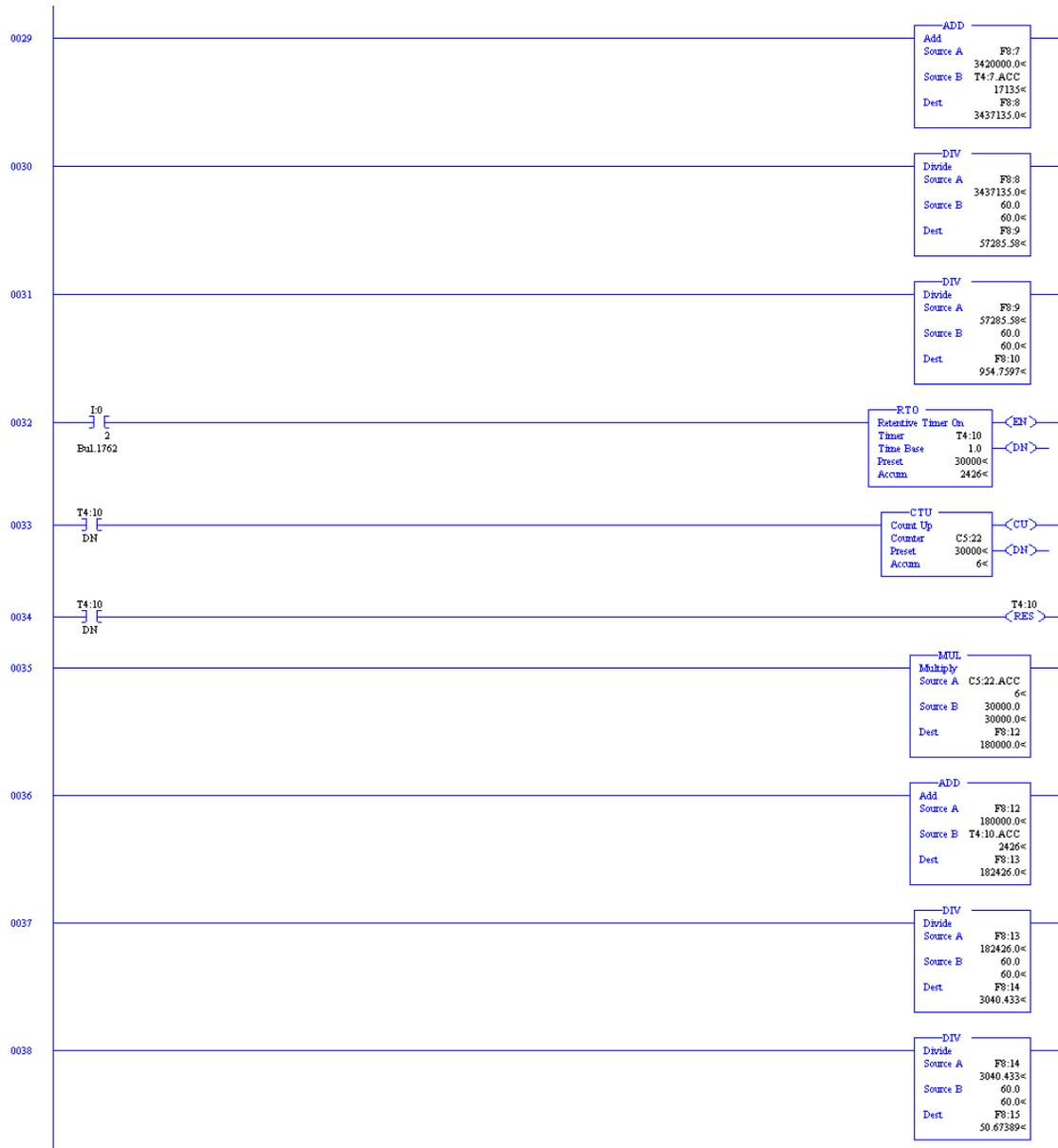
Anexo 6. (Continuación)



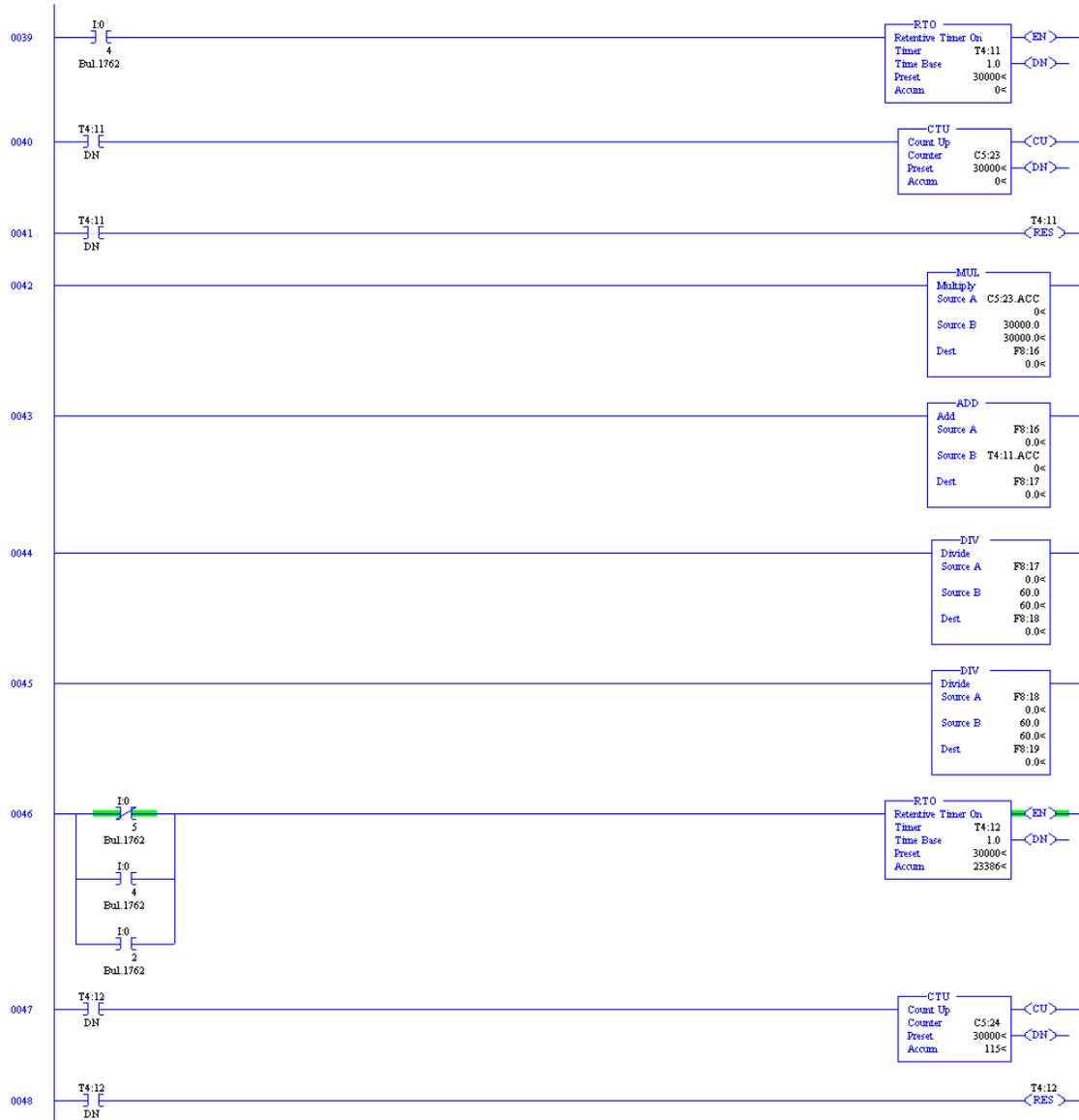
Anexo 6. (Continuación)



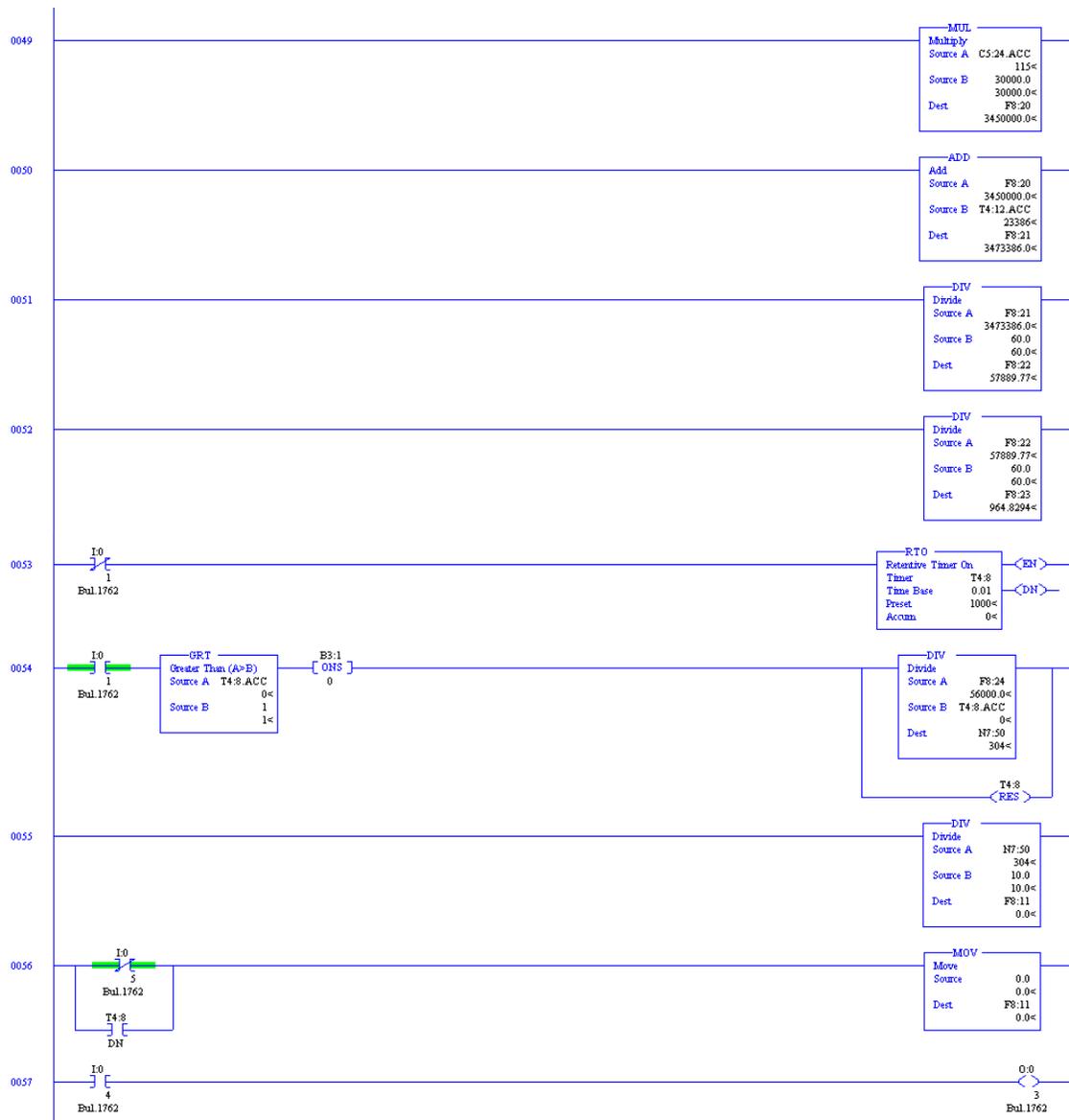
Anexo 6. (Continuación)



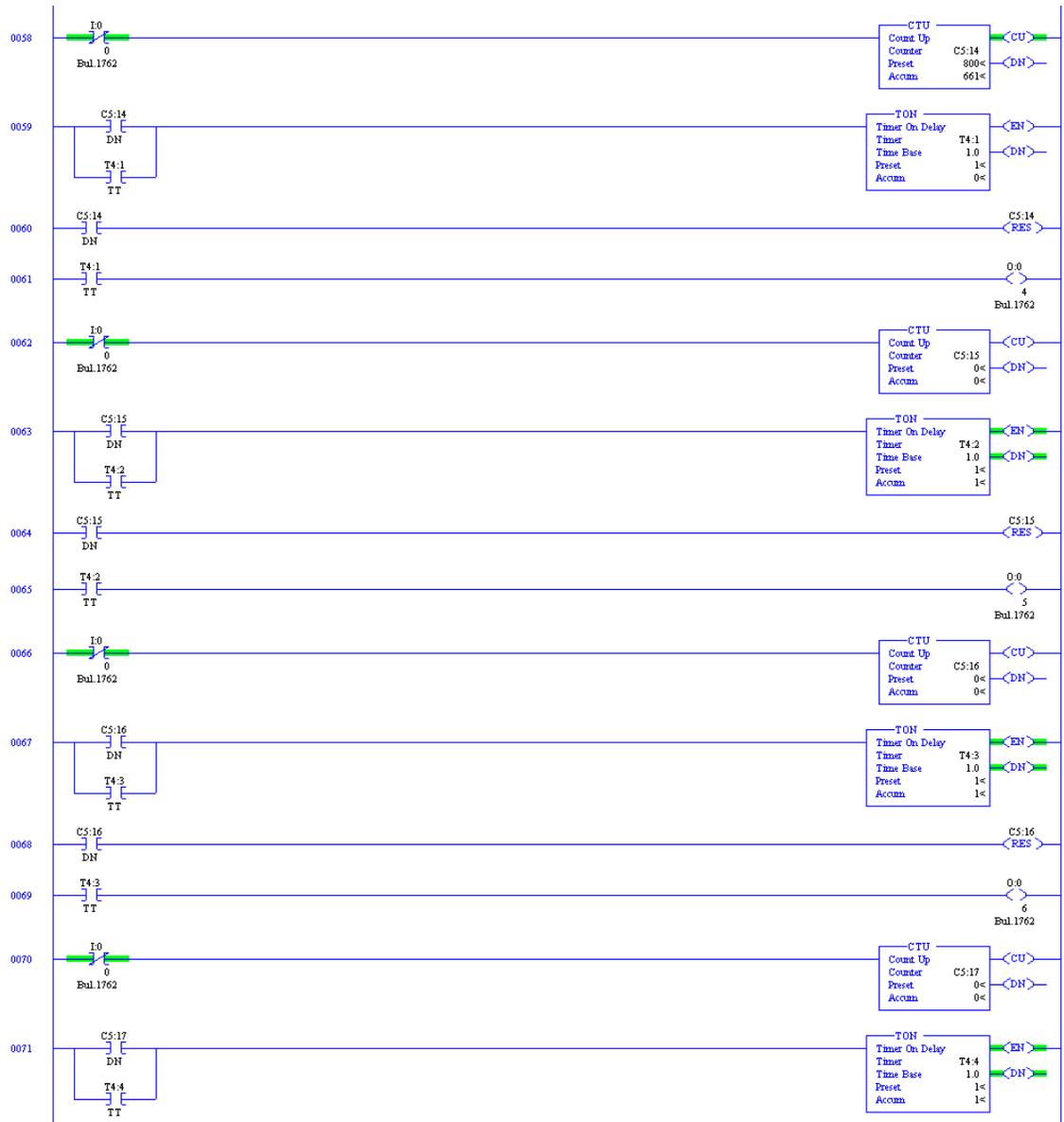
Anexo 6. (Continuación)



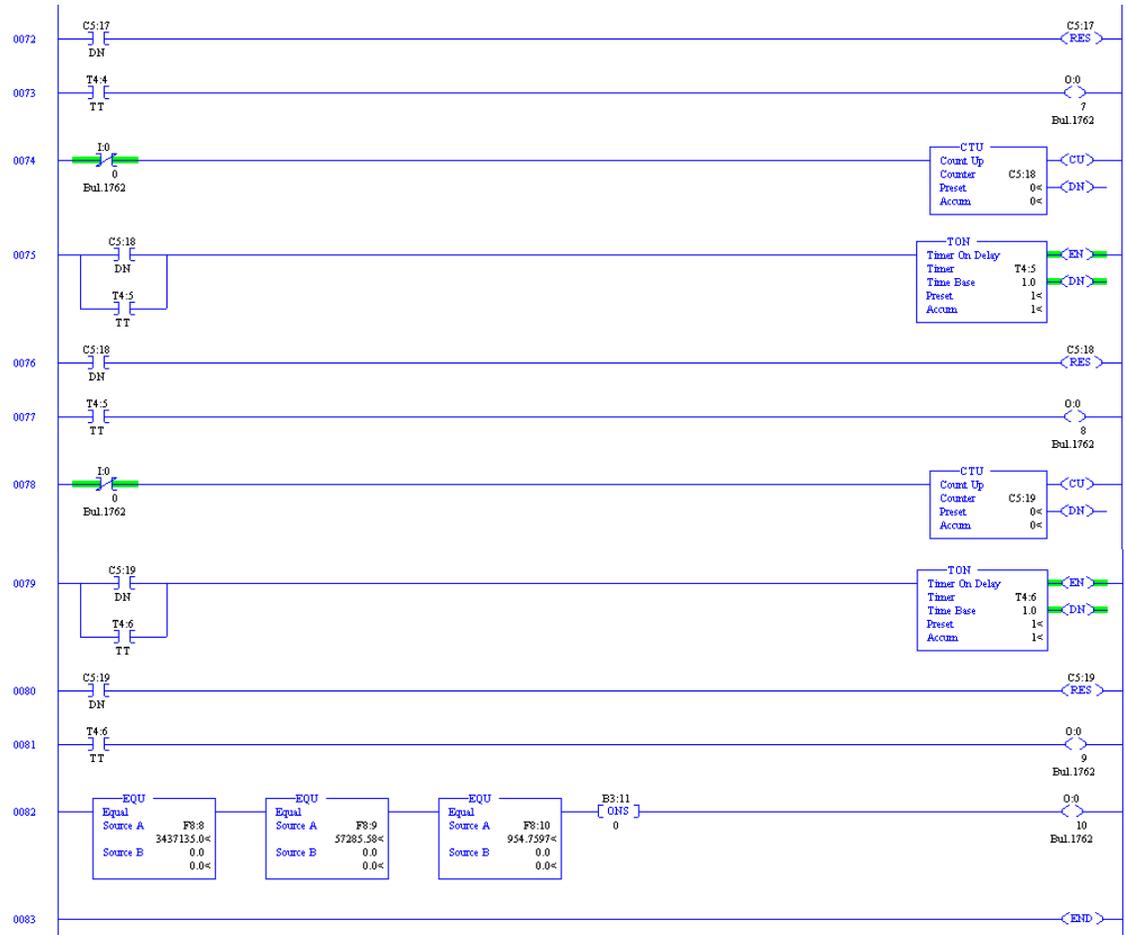
Anexo 6. (Continuación)



Anexo 6. (Continuación)



Anexo 6. (Continuación)



Fuente: Autores

Anexo 7. Panel view

