



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SCADA INDUSTRIAL PARA LA
SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
ADITIVOS PARA COMBUSTIBLE”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

STALYN ADOLFO VERA ANGAMARCA
EDUARDO FELIPE GRANIZO JARA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

DEDICATORIAS

El presente proyecto se lo dedico a Dios. A mi familia por toda su comprensión.

Al MSc. David Vaca, MSc. Alberto Larco, y a la Ing. Ana Balladares por su cooperación y consejos para poder culminar con éxito nuestro proyecto.

Eduardo Felipe Granizo Jara

“Nada importa morir, pero no vivir es horrible”

Victor Hugo

Y es al margen de la frase de Victor Hugo, que, viviendo una vida de retos constantes, de muros que a momentos resultaron infranqueables he llegado a la conclusión de que, por la puerta de lo subliminal siempre aparecen seres que te imprimen la pasión y las ganas de progresar, de forjarte. Dichos seres mi familia, cada uno de ellos son los artífices de este logro. Razón por la cual les dedico no sólo este proyecto de culminación de carrera sino mi vida.

Stalyn Adolfo Vera Angamarca

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme la fortaleza para no rendirme y seguir adelante para poder cumplir mis objetivos propuestos.

A mi madre Piedad Granizo, por su apoyo y confianza que depositaba en mí día a día.

A mis abuelos Oswaldo Granizo y Blanca Jara por ser los pilares de mi vida.

A mis amigos que creyeron en mí y ayudaron a culminar esta meta propuesta.

Eduardo Felipe Granizo Jara

“Si se siente gratitud y no se la expresa es como envolver un regalo y no darlo”

William Arthur Ward

El amor de una familia es un vínculo irrompible es por ello que doy gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, ya que, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a su amor, a su inmensa bondad y apoyo la noche fue día en cada paso. A mi Madre Mariana Angamarca, a mis hermanos Sócrates y Evelyn Vera, y a mi Tía Isabel Angamarca, les digo, esto es por y para ustedes. Con mi corazón henchido de felicidad les digo “Muchas Gracias”.

“Un profesor trabaja para la eternidad: nadie puede decir dónde acaba su influencia”

Henry Brooks Adams

Y es con la frase de Henry Brooks Adams que expreso mis sinceros agradecimientos a la Ingeniera Ana Balladares Ocaña por su acuciosa y gentil bondad al momento guiarnos con su conocimiento, al Máster Damián Larco Gómez por plasmar con recomendaciones oportunas su experiencia en pro de nuestro desarrollo como profesionales y al Máster David Vaca Benavides por todo el asesoramiento y paciencia durante este largo caminar. “Muchas Gracias”.

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”

Nelson Mandela

La frase de Nelson Mandela es el preámbulo perfecto para agradecerle a mi amigo y compañero de proyecto Eduardo Granizo quien supo extenderme su mano cuando muchos me la negaron. El mejor que nadie sabe los efectos que pude llegar a tener una formación de calidad. Por ello te digo: “Muchas Gracias”

Stalyn Adolfo Vera Angamarca

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Stalyn Adolfo Vera Angamarca* y *Eduardo Felipe Granizo Jara* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

**Stalyn Adolfo Vera
Angamarca**

**Eduardo Felipe Granizo
Jara**

EVALUADORES

David Alejandro Vaca Benavides

PROFESOR DE LA MATERIA

Damián Alberto Larco Gómez

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta entre sus laboratorios con el de Automatización Industrial en el cual se desarrollará la solución a la problemática por la cual está atravesando la línea de producción de aditivos para combustible de la empresa SWISSOIL S.A.

Esta empresa no cuenta con una automatización adecuada de su línea de aditivos que les permita una producción acorde a las exigencias del mercado actual, en vista de que las mismas están formadas por subprocesos manuales que son cuellos de botella que generan pérdidas. Es por ello que surge la necesidad de automatizar la producción y por medio de ello contar con un sistema de supervisión, control y adquisición de datos SCADA.

Para la elaboración del sistema y el cumplimiento de los objetivos planteados se utilizó la tecnología de Allen-Bradley Rockwell Automation como guía, soporte estructural y tecnológico, combinando teorías de automatización industrial de procesos que poseen ambientes o áreas de trabajo explosivas que involucran normativas ATEX.

De esta manera se pudo concluir que, con la solución diseñada y simulada en el laboratorio, la línea de producción de aditivos para combustible tiene un mejor desempeño aspecto corroborado por el análisis de los indicadores de producción efectuados, por ejemplo, el OEE del proceso.

Palabras Clave: SCADA, ATEX, OEE.

ABSTRACT

The Faculty of Electrical and Computer Engineering of the ESPOL Polytechnic University has among its laboratories Industrial Automation in which the solution to the problem through which the production line of additives for fuel of the company SWISSOIL S.A.

This company does not have adequate automation of its line of fuel additives that allows production according to the demands of the current market, given that they are formed by manual subprocesses that are bottlenecks generating losses. That is why, the need arises to automate this production line. Additionally, a Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA will be developed.

To develop this system and the fulfillment of the proposed objectives, the Allen-Bradley Rockwell Automation technology was used as a guide, regarding structural and technological support, combining theories of industrial automation of processes that have explosive working environments or areas that involve ATEX regulations.

In this way it was possible to conclude that, with the solution designed and simulations performed in the laboratory, the production line of fuel additives has a better performance aspect corroborated by the analysis of the production indicators made, for example, the OEE of the process.

Keywords: SCADA, ATEX, OEE.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.	1
1.1 Descripción del Problema.	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.	3
1.3.1 Objetivo general.	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Marco Teórico.	3
1.4.1 Aditivos para combustible.....	3
1.4.2 Automatización de un proceso.	4
1.4.3 Controlador lógico programable.	6
1.4.4 Panel de interfaz hombre máquina.....	7
1.4.5 Sistema de interfaz hombre máquina.	8
1.4.6 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos.....	9
CAPÍTULO 2	11
1. Metodología.	11
2.1 Antecedentes.	11
2.2 Metodología de Trabajo.	15
2.2.1 Llenado.....	16

2.2.2 Tapado.....	18
2.2.3 Sellado.....	18
2.2.4 Encajado.....	19
CAPÍTULO 3	23
3. Resultados y Análisis.....	23
3.1 Abastecimiento de Botellas Vacías.....	23
3.2 Llenado de Botellas.....	24
3.2.1 Válvulas de asiento inclinado.....	24
3.2.2 Sensores de caudal.....	26
3.2.3 Sensor de proximidad capacitivo.....	27
3.2.4 Sensor de proximidad inductivo.....	28
3.3 Coronado de Botellas.....	29
3.4 Quemado de Foil.....	31
3.5 Encajado de Botellas.....	32
3.5.1 Motor de 1 [HP].....	33
3.5.2 Motor de ½ [HP].....	34
3.5.3 Variador de frecuencia.....	34
3.5.4 Sensor de proximidad capacitivo.....	35
3.5.5 Cilindro neumático redondo doble efecto.....	35
3.5.6 Cilindro neumático normalizado doble efecto.....	36
3.5.7 Actuador neumático lineal sin vástago.....	36
3.5.8 Cilindro neumático con sistema de posicionamiento.....	37
3.5.9 Sensor de proximidad inductivo.....	37
3.6 Encintado de Caja Llena.....	38
3.6 Sistema SCADA.....	39
3.6.1 Código en lenguaje Ladder.....	39
3.6.2 Software FactoryTalk View.....	41

3.7	Indicadores de producción.....	46
3.8	Valores a Invertir en la Solución.....	48
	CAPÍTULO 4	51
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	51
4.1	Conclusiones.....	51
	APÉNDICES.....	55
	Apéndice 1: Unidad de Entrada/Salida de un PLC.....	56
A1.1	Módulos de Entradas del PLC.....	56
	57
A1.2	Módulos de Salidas del PLC.....	58
A1.2.1	Acondicionamiento utilizando relés.....	59
A.1.2.2	Acondicionamiento utilizando transistores.....	59
A.1.2.3	Acondicionamiento utilizando TRIACs.....	59
	Apéndice 2: Sistema SCADA.....	60
	Apéndice 3: Sección de Verificación del Nivel Dentro de Botellas.....	61
	62
	Apéndice 4: Imágenes de los Módulos de Expansión Requeridos Para el PLC Micro850.....	64
	Módulo de Entradas/Salidas Digitales [37].....	64
	Módulo de Entradas Analógicas [38].....	64
	Módulo de Salidas Analógicas [39].....	65
	Apéndice 5: Programación en Lenguaje Ladder Desarrollada en CCW versión 11.....	66
	Apéndice 6: Imágenes de las Pantallas de la Aplicación Desarrolladas Para el Panel de Operario.....	73
	Apéndice 7: Pantallas de la Aplicación Desarrolladas en FactoryTalk View SE.....	79
	REFERENCIAS.....	1

ABREVIATURAS

AC	Alternating Current.
CCW	Connected Components Workbench.
DC	Direct Current.
FTV	FactoryTalk View.
FTV ME	FactoryTalk View Machine Edition.
FTV SE	FactoryTalk View Site Edition.
FTVP	FactoryTalk View Point.
HMI	Human Machine Interface.
MTU	Master Terminal Unit.
PLC	Programmable Logic Controller.
pág.	Página.
págs.	Páginas.
PAE	Tabla de entrada de imagen del procesador.
PAA	Tabla de salida de imagen del procesador.
PC	Personal Computer.
RTU	Remote Terminal Unit.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition.
TRIAC	Triode for Alternating Current.
VFD	Variable Frequency Drive.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Aditivo Mejorador de Octanaje [1]	4
Figura 1-2. Sistema Automatizado para el Control de Variables en la Industria de la Bebida y Alimentos [3].	5
Figura 1-3. Partes Constitutivas de un PLC Compacto [5].	6
Figura 1-4. Organización Modular del PLC S7-300 [6].	7
Figura 1-5. Paneles Táctiles de la Marca Siemens [7].	8
Figura 1-6. Interoperabilidad y Versatilidad de Comunicación del HMI con Controladores, Sensores y Actuadores en un Proceso de Producción [8].	8
Figura 1-7. Disposición General del Sistema SCADA [9].	9
Figura 2-1. Arquitectura de Control Actual.	13
Figura 2-2. Siglas de la Arquitectura de Control Actual.	14
Figura 2-3. Diagrama de Fuerza de la Línea de Producción.	14
Figura 2-4. Fases de la Producción de Aditivos para Combustibles.....	16
Figura 2-5. Simbología Utilizada en el Diagrama P&ID.	17
Figura 2-6. Diagrama P&ID del Sistema Automatizado.....	18
Figura 2-7. Calentador de inducción para sellar el foil.....	19
Figura 2-8. Proceso de Armado de Matriz de Botellas 2x6.	20
Figura 2-9. Sistema de Cilindros Neumáticos para el Encajado de la Matriz de 2x6 de Botellas.....	20
Figura 2-10. Ubicación de sensores y actuadores neumáticos en la banda transportadora de cajas vacías del área de encajado.	21
Figura 2-11. Ubicación de Sensores y Actuadores Neumáticos en la Máquina Encintadora de Cajas.	22
Figura 3-1. Plato Giratorio que Abastece de Botellas Vacías a la Línea de Producción.	23
Figura 3-2. Válvula de Asiento Inclinado tipo Neumática [12].....	25
Figura 3-3. Sección de Llenado de las Botellas.....	25
Figura 3-4. Sensor de Caudal Marca FESTO [15].....	26
Figura 3-5. Imagen que Muestra Donde Colocar el Sensor SFAW Marca FESTO.	27
Figura 3-6. Sensor de Proximidad Capacitivo Marca SICK [16].	28

Figura 3-7. Sección de Llenado de Botellas.	28
Figura 3-8. Sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO [18].....	29
Figura 3-9. Punto de Ubicación del sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO.....	29
Figura 3-10. Ejemplo de Máquina Coronadora con estrella Rotativa de Nylon [19].	30
Figura 3-11. Sección de Tapado Manual.....	31
Figura 3-12. Sección de Quemado de Foil de la Línea de Producción.....	31
Figura 3-13. Proceso de Encajado de Botellas.....	32
Figura 3-14. Motor Marca BALDOR de 1 [HP] Seleccionado para la Banda Transportadora de Armado de la Matriz de Botellas [21].	33
Figura 3-15. Motor de ½ [HP] Marca BALDOR Seleccionado para la Banda Transportadora de Cajas Vacías [22].	34
Figura 3-16. Variador de Frecuencia PowerFlex 4M de la Marca Allen-Bradley [23]. ...	35
Figura 3-17. Cilindro Neumático Redondo Marca FESTO con Normativa ATEX [24]. ...	35
Figura 3-18. Cilindro Neumático Marca FESTO, DSBF-C-L-32-1000- -PPV A [26]. ...	36
Figura 3-19. Actuador Lineal Neumático sin Vástago Marca FESTO [27].	37
Figura 3-20. Cilindro con Sistema de Medición de Recorrido y Unidad de Bloqueo Marca FESTO [28].	37
Figura 3-21. Sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO Para Ranura en T [29]....	38
Figura 3-22. Sistema Para Cerrar las Gualetas Mediante Cilindro y Sensor de Detección de Cajas Dentro de la Máquina Encintadora.	38
Figura 3-23. PLC Micro850 que Forma Parte de los Tableros del Laboratorio de Automatización Industrial.....	39
Figura 3-24. PLC Micro850 Instalado en la Línea de Producción.....	40
Figura 3-25. Bloque Para Módulos y Entradas Disponibles.	40
Figura 3-25. Interfaz Principal del Software Connected Components Workbench Version 11.	41
Figura 3-26. Interfaz Inicial del Software FactoryTalk View.....	42
Figura 3-27. Pantalla Principal de la Aplicación Para el Panel de Operador.	43
Figura 3-29. Pantalla Post Ingreso de un Operador a la Aplicación.	45
Figura 3-28. Secciones del Proceso de Producción Accesibles Para un Supervisor. ...	44
Figura 3-30. Pantalla de Acceso a la Aplicación Desarrollada en FactoryTalk View Site Edition.	46
Figura 3-31. Pantalla de Supervisión y Control de la Línea Completa de Producción...	48

Figura A1-1. Principios Básicos del PLC. Módulos de Entradas Salidas de un PLC Modular [33].	56
Figura A1-2. Ejemplificación del Canal de Entradas del PLC y los Niveles de Voltaje que Puede Manejar.	57
Figura A1-3. Dispositivo de Entrada Trabajando Bajo el Concepto de Fuente.	57
Figura A1-4. Dispositivo de Entrada Trabajando Bajo el Concepto de Sumidero.	58
Figura A1-5. Ejemplificación del Módulo de Salidas del PLC y los Niveles de Voltaje que Puede Entregar.	58
Figura A3-1. Cilindro Neumático con Guías [34].	61
Figura A3-2. Sensor de Distancia Láser [35].	62
Figura A3-3. Sensor de Contraste Láser [36].	62
Figura A3-4. Pantalla de Control y Supervisión del Nivel de Llenado de Botellas.	63
Figura A7-1. Interfaz Grafica de Control y Supervisión de la Sección de Llenado de Botellas.	79
Figura A7-2. Interfaz grafica de Control y Supervisión de la Sección de Encajado de Botellas.	79
Figura A7-3. Interfaz Gráfica de Control y Supervisión de la Sección de Recirculación de Producto y Llenado del Tanque Dosificador.	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Comparativa de los Tiempos de Producción.....	47
Tabla 3-2. Horas Hombre Ganadas.....	47
Tabla 3-3. Cotización de los Actuadores y Sensores.	49

CAPÍTULO 1

1. Introducción.

Los aditivos son compuestos formulados para mejorar la calidad y eficiencia de los combustibles. Los fabricantes de los combustibles suelen incorporar dichos compuestos durante la fabricación de los mismos, pero en la mayoría de las situaciones, es necesario adquirir y adicionar estos productos de forma externa y así mejorar el desempeño del motor de los vehículos. Entre los beneficios más comunes que se obtiene gracias al uso de aditivos para combustible están el ahorro de gasolina de forma considerable y con ello dinero [1]. Las emisiones contaminantes se reducen. La capacidad de respuesta del vehículo y la distribución de potencia en el mismo se incrementan.

En vista de que a nivel nacional la demanda de estos aditivos y potenciadores de combustible está en aumento, las empresas dedicadas a este nicho de mercado han decidido mejorar sus sistemas de producción, ya sea implementando nuevos sistemas tecnológicos o potenciando los ya existentes. Ya que, es la única manera de crear o mejorar un superávit económico.

Por otra parte, la automatización de procesos de producción en función de las características de este, en función de sensores y actuadores debidamente seleccionados, que sea económicamente viable, que posea interfaces interactivas para poder gestionar de forma eficaz y eficiente eventos y fallos, desde cualquier sitio, dentro y fuera de la empresa son baluartes que hacen que una empresa se vuelva altamente competitiva.

Es por lo expuesto anteriormente que, en este capítulo se desarrolla una breve descripción de la problemática por la cual está atravesando la empresa SWISSOIL S.A. ubicada al sur de la ciudad de Guayaquil dedicada al sector de los lubricantes. También, se detallará las características técnicas de los equipos y las teorías de ingeniería mediante las cuales se diseñó la solución para el proceso de producción de las líneas menores de aditivos para combustibles.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con la tecnología tanto en equipos como en software para la automatización de procesos los cuales son de la familia Allen-Bradley Rockwell Automation, y es con esta tecnología en los laboratorios de Automatización Industrial que se desarrollará la solución a dicha problemática.

1.1 Descripción del Problema.

En la industria los tiempos de producción son de vital importancia, es por ello que para lograr este objetivo se recurre a procesos con una alta tecnología que promueva una mayor vida útil de los equipos, una producción de mayor calidad, pero a su vez garantizando la misma o una mayor cantidad de productos finalizados. Los procesos que se realizan de manera manual representan un enorme atraso en toda la línea de producción. Por lo tanto, este es el aspecto a solucionar utilizando ingeniería.

La empresa SWISSOIL S.A. desea automatizar una de sus líneas de producción de aditivos para combustible. La cual consta de subprocesos tales como, abastecimiento de los envases, llenado de los envases, tapado, etiquetado y empaquetado. Hay que aclarar también que, en esta línea se elaboran dos tipos de productos cada uno con volúmenes y fines diferentes. Línea que en un gran porcentaje requiere de mano de obra, desde el suministro de los envases vacíos hasta el empaquetado de los mismo. Además, de que se requieren de 30 minutos en promedio para calibrar las boquillas dosificadoras del producto de la sección de llenado de los envases, un tiempo muy considerable.

Esto hace que sea casi imposible contar con un sistema fiable de monitorización de las variables de interés del proceso, sistema de alarmas que permita a los técnicos resolver cualquier eventualidad que se presente durante la producción, y demás prestaciones que un sistema automatizado proveería. Todo esto se traduce en tiempos muertos indeseables en la producción, incumplimiento de los objetivos propuestos por la organización y pérdidas económicas cuantiosas.

1.2 Justificación.

Teniendo en cuenta que, en una industria donde se realizan procesos manuales, la mejor opción para reducir los tiempos de producción y mejorar sus indicadores de calidad es el emplear soluciones de automatización en sus líneas de procesos, a fin de que estas operen de manera autónoma siendo capaces de realizar reportes de fallas en tiempo real, tal que, los ingenieros y técnicos encargados puedan actuar no solo en el menor tiempo posible sino de manera eficaz, ya que, el propio sistema alertaría del origen del fallo.

Como en la actualidad, la empresa SWISSOIL S.A. se encuentra interesada en aumentar su capacidad de producción, se ha propuesto desarrollar la solución a fin de que la línea de producción de aditivos para combustibles en presentación de 125 ml y

355 ml presente una mejora sustancial de sus indicadores de producción y que sus costos se reduzcan de forma significativa. La línea de producción mencionada no está completamente automatizada por lo que se necesita de 3 personas que laboran en otras líneas para que el proceso de la línea de aditivos se lleve a cabo.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema SCADA para monitorear y controlar la línea de producción de lubricantes en presentación de litro de la empresa SWISSOIL mediante la utilización de equipos y software para automatización.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar un interfaz HMI que permita visualizar y monitorear las variables de interés en el proceso de envasado de aditivos de combustibles de la línea de producción de 125 ml y 355 ml en SWISSOIL.
- Mostrar gráficamente la secuencia del proceso de producción en mención.
- Dimensionar los actuadores y sensores a ser utilizados para el proceso automatizado.
- Analizar los costos involucrados en la implementación de este sistema para su posterior implementación por parte de la empresa involucrada.

1.4 Marco Teórico.

1.4.1 Aditivos para combustible.

Después de la segunda guerra mundial sucedieron muchos avances tanto en el área científica como industrial. Entonces se descubre que, si a la gasolina se le agrega cierto compuesto químico, esta mejora sustancialmente su octanaje. Gracias a estos compuestos se podía utilizar gasolina económica y obtener un desarrollo del motor más que aceptable. Y es de aquí que toman el nombre de aditivos para combustible. La utilización de este tipo de compuestos junto con la gasolina, pueden mantener la relación aire-combustible dentro del motor y/o estimular la combustión.

Entre los que promueven el primer aspecto están los detergentes, anticongelantes, dispersantes, inhibidores de oxidación y corrosión. Mientras que los antihumo, antiestáticos, biocidas, emulsificantes y mejoradores de octanaje son los que promueven el segundo aspecto. La Figura 1-1 [2], muestra un aditivo mejorador de octanaje de la marca MOTOREX.



Figura 1-1. Aditivo Mejorador de Octanaje [2]

1.4.2 Automatización de un proceso.

Los procesos que poseen un sistema de producción manual o convencional, tienen una alta probabilidad de errores, baja calidad, y altos costos de producción. La causa de todo esto son las perturbaciones a las que está expuesto el proceso, mismas que pueden ser de toda índole. En contraste a todo lo antes mencionado, un proceso automatizado es aquel que utiliza una combinación de elementos computarizados, mecánicos, electromecánicos, neumáticos, electroneumáticos, en otras palabras la automatización es una disciplina que abarca varias especialidades y que, por lo tanto, recurre a conocimientos y métodos de diversas ciencias de ingeniería, para formar sistemas que permitan una mejor calidad, una mayor cantidad de productos terminados, menor fatiga física de los trabajadores y menor costo de producción. Cabe aclarar que la automatización nunca debe ser motivo para reducir personal.

Todavía se debe señalar que “la norma DIN 19223 define un autómeta como un sistema artificial que se comporta de determinadas maneras relacionando comandos de entrada con estados del sistema, con el fin de obtener las salidas necesarias para solucionar tareas” [3, p. 15].

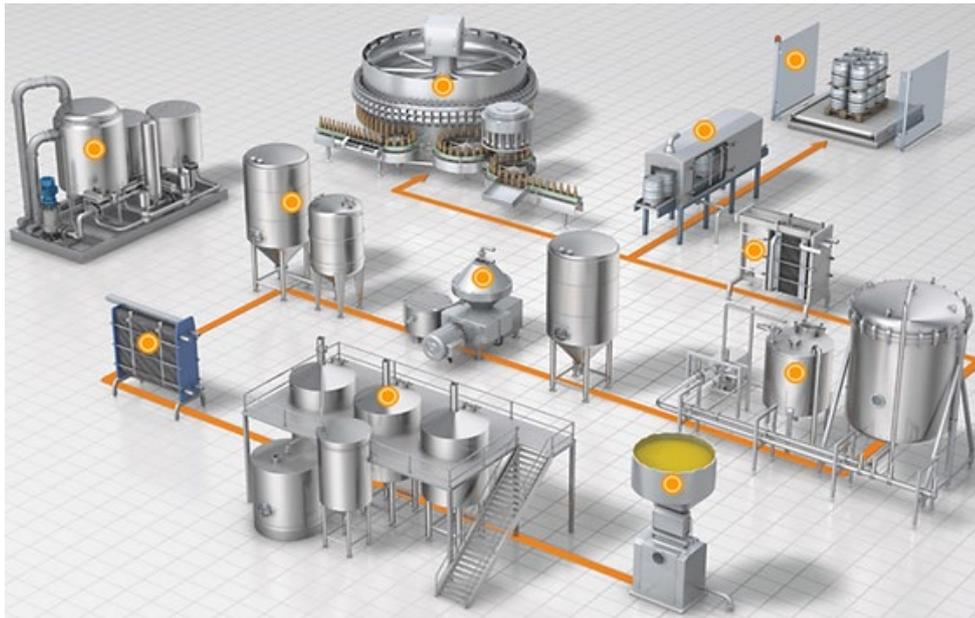


Figura 1-2. Sistema Automatizado para el Control de Variables en la Industria de la Bebida y Alimentos [4].

Cuando se automatiza un proceso de producción las operaciones que se llevan a cabo en una planta tienden a ser diferenciadas por secciones para de esta forma tener un control más detallado de lo que ocurre en cada etapa de la línea de producción. Esto precisamente es lo que muestra la Figura 1-2 [4].

1.4.3 Controlador lógico programable.

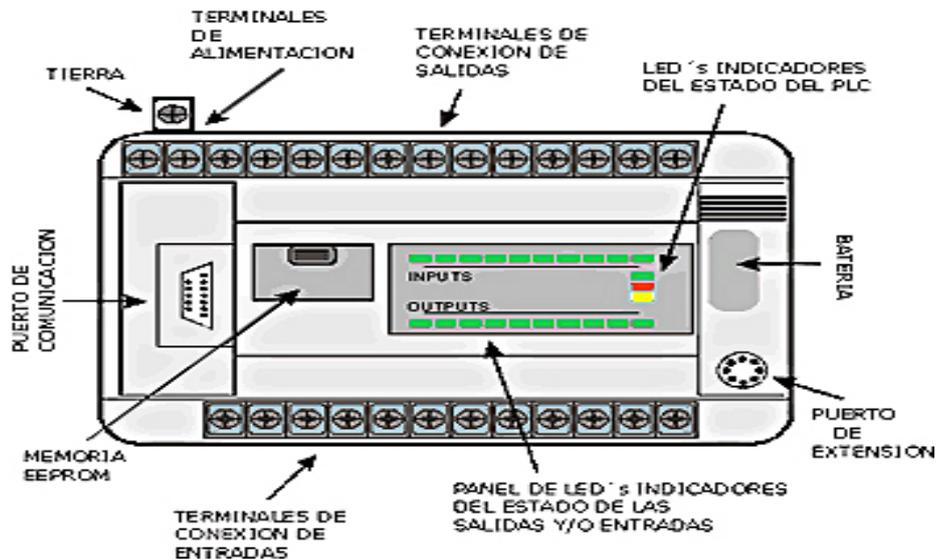


Figura 1-3. Partes Constitutivas de un PLC Compacto [6].

Una de la maneras más eficientes y eficaces de solucionar tareas a nivel industrial es emplear un controlador lógico programable (PLC del inglés Programmable Logic Controller). Emplear este tipo de equipos no establece la solución a la problemática en sí misma, pero si lo hace el programa que se desarrolle y que se instaure en dicho equipo. Un PLC procesa señales digitales y analógicas, y un sin número de tipo de datos, por medio de un hardware con capacidad de conectarse de forma directa a las señales de campo como, por ejemplo, niveles de tensión y corrientes que sean compatibles con los sensores y actuadores. Para esto se requiere de módulos de entradas y salidas (Ver Apéndice 1).

Las decisiones tomadas y desempeñadas por el PLC para cumplir con una tarea específica están ligadas a la programación que exista en él. Consecuencia de todos los aspectos mencionados se tienen ventajas tales como:

- Facilidad para realizar modificaciones al programa en menor tiempo y con menores recursos.
- Localización del origen de los fallos de forma sencilla.
- Debido a la utilización en gran medida de relés, los bloques lógicos de programa y el cableado se reducen.

Una vez programado, el PLC trabaja de forma cíclica. Este lee los valores que existen en las entradas, específicamente sus estados, memorizándolos en el área de imagen de proceso de las entradas. Con la información obtenida se ejecuta el programa de control y, de acuerdo a la lógica desarrollada, se van modificando las señales de salida por medio del área de memoria conocida como imagen del proceso de las salidas. Una vez concluido con esto todo el proceso empieza de nuevo.

La figura 1-3 [6], muestra las partes constitutivas de un PLC compacto, mientras que la Figura 1-4 [7], muestra un PLC modular. Las prestaciones de los mismos al igual que su apariencia cambia radicalmente.

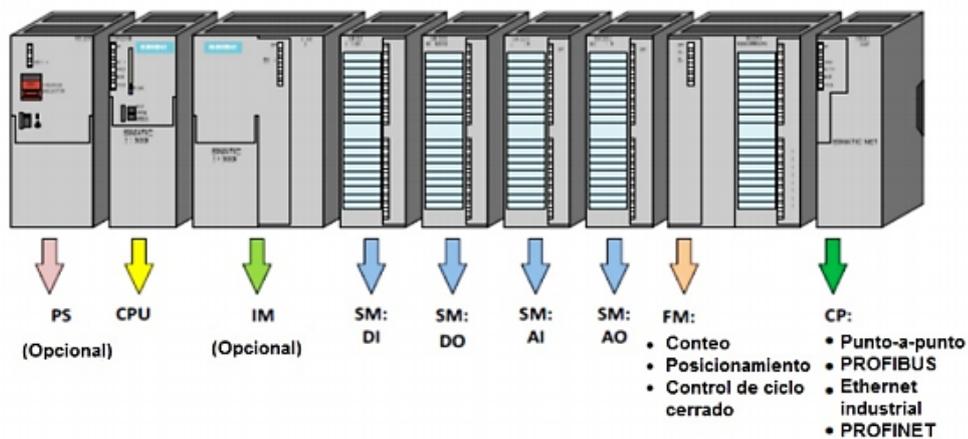


Figura 1-4. Organización Modular del PLC S7-300 [7].

1.4.4 Panel de interfaz hombre máquina.

Es una herramienta fundamental, un panel que tenga inmerso una interfaz hombre máquina (HMI: Human Machine Interface) situado junto a los equipos que están siendo operados por el personal de planta es vital para poder supervisar y controlar de primera mano la producción. Esto le permite al operador ir más allá del simple manejo de una máquina y poder observar el estado de ciertos aspectos que intervienen en el proceso. En la actualidad es posible encontrar, y contar, con sistemas de interfaz hombre máquina muy poderosos y eficaces, además, de medios de conexión sencillos y económicos al proceso. La Figura 1-5 [8], muestra una variedad de paneles táctiles, de la marca Siemens.



Figura 1-5. Paneles Táctiles de la Marca Siemens [8].

1.4.5 Sistema de interfaz hombre máquina.

Un sistema de interfaz hombre máquina es en sí un sistema interactivo ya sea a nivel de software o hardware, lo más importante de este tipo de sistemas es que suministra información de forma constante y le permite controlar el proceso al usuario del mismo, aspectos vitales en entornos de producción competitivos. La interfaz hombre máquina es utilizada tanto en un panel de operador como en un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition: SCADA) y con este la integración de la planta con los demás procesos se vuelve una realidad.

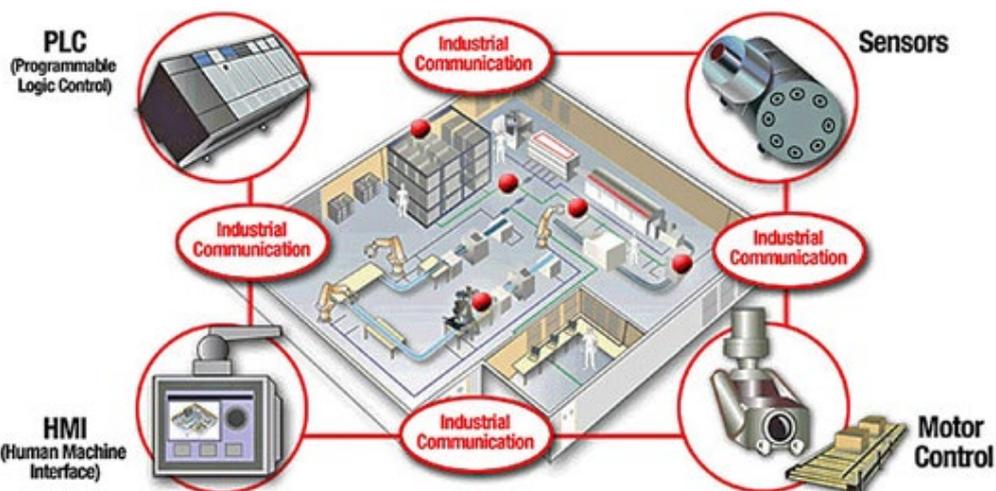


Figura 1-6. Interoperabilidad y Versatilidad de Comunicación del HMI con Controladores, Sensores y Actuadores en un Proceso de Producción [9].

Entre las ventajas que brinda un sistema de interfaz hombre máquina están el poder tomar decisiones en tiempo real, en vista de que es una herramienta muy flexible el

tiempo de toma de decisiones y el de emprender la acción respectiva se reduce considerablemente. Habría que mencionar también que la estandarización de productos y procesos se logra con este tipo de sistemas, y que una arquitectura a nivel de cliente/servidor redundante forman parte de la seguridad con la que se puede contar para la operación continua y fiable de un sistema HMI.

La Figura 1-6 [9], muestra como la interfaz hombre máquina puede comunicarse con cada sector de la planta y de esta manera poder acceder a las variables de interés por parte del operador de una forma simple.

1.4.6 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos.

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos que por sus siglas en ingles se los conoce por SCADA se utilizan para controlar activos dispersos donde la adquisición de datos centralizada es tan importante como el control. Estos sistemas se utilizan en sistemas de distribución como los sistemas de distribución de agua y de recolección de aguas residuales, en oleoductos y gasoductos, en sistemas de transmisión y distribución de servicios eléctricos, en los sistemas ferroviarios, entre otros.

Los sistemas SCADA junto con sistemas de adquisición de datos, sistemas de transmisión de datos y software HMI proporcionan un fácil monitoreo y control centralizado para numerosas entradas y salidas de procesos. Es por esta razón que imperiosamente hardware y software están estrechamente ligados en este tipo de sistemas.

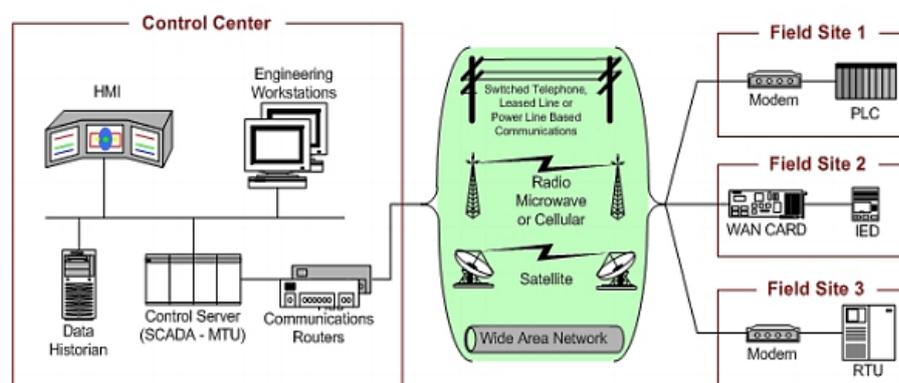


Figura 1-7. Disposición General del Sistema SCADA [10].

De allí que, entre las características más importantes de un sistema de esta índole es que están generalmente diseñados para ser sistemas tolerantes a fallas con una

redundancia significativa e integrada en la arquitectura del sistema. La figura 1-7 [10], muestra los componentes y la configuración general de un sistema SCADA. En ella se puede observar el centro de control el cual contiene una unidad terminal maestra (MTU: Master Terminal Unit) y los enrutadores de comunicación (Ver Apéndice 2).

CAPÍTULO 2

2. Metodología.

En este capítulo se presenta el estado actual de la línea de producción y a su vez los respectivos diseños y equipos de mejora para la misma.

2.1 Antecedentes.

En el año 2015 la empresa de lubricantes SWISSOIL S.A implementó una máquina para su línea de producción de aditivos de combustible, la cual fue fabricada por la empresa ecuatoriana SEOR S.A., esta máquina consiste en el llenado de diez botellas con el respectivo producto líquido, los envases varían según el volumen del contenido.

Actualmente la máquina tiene tres tableros, el primero es el tablero de control, este contiene todos los elementos correspondientes a la alimentación y control de esta, el segundo tablero tiene un PanelView de marca Allen Bradley que es la interfaz entre el operador y la máquina, y el tercero es solamente de equipos neumáticos como son las electroválvulas.

El controlador principal de la máquina es un PLC Micro850 2080-LC50-24QWB de la familia Allen Bradley el cual por el momento controla la sección de llenado, es decir a los equipos neumáticos, y demás bandas transportadoras de la línea de producción, esta máquina no tiene ningún tipo de sensores, todos sus actuadores neumáticos están sincronizados por tiempo según el volumen del producto ingresado por el operador por medio del PanelView.

Antes de que inicie la producción se realizan las pruebas de calibración, lo cual consiste en la verificación del nivel del producto líquido para ello se tomaba un tiempo de aproximadamente 30 minutos, haciendo que ingresen los envases vacíos y luego del llenado frenar la producción para pesarlos en una balanza, si uno de los envases no cumple con el volumen requerido, la respectiva boquilla dosificadora de la máquina es modificada con anillos de nylon para regular la cantidad de producto.

Una vez realizada la prueba se inicia la producción, en esta línea trabajan 6 operadores, un operador coloca los envases vacíos en la mesa rotativa para que luego ingresen por medio de una banda transportadora a la sección de llenado, cuando haya transcurrido un tiempo aproximado de 5.5 segundos un cilindro neumático detiene las

botellas y otro cilindro actúa en la parte final de los envases para estabilizarlos, una canaleta de residuos o bandeja recolectora que se encuentra justo encima de ellas es retirada hacia atrás y las boquillas bajan hasta los envases, el tiempo de llenado es de 2.7 segundos y luego las boquillas, la canaleta de residuos y los cilindros de paradas volverán a su posición inicial, la banda transportadora se encenderá haciendo que los envases con el producto salgan de la sección de llenado.

En la misma banda transportadora dos operadores son encargados de realizar el tapado de los envases ya con el producto, uno se encarga de colocar las tapas mientras que el otro las enrosca por medio de una tapadora neumática y las ubica en la segunda banda transportadora hacia la máquina selladora de foil y la codificadora, ambos son equipos totalmente separados del controlador ya que tienen su propio panel y su alimentación.

Al final de la segunda banda transportadora se encuentra una mesa que es donde llegan todos los envases listos para ser encajado, es ahí que dos operadores se encargan de ello, uno ubica el producto final dentro de las cajas y el otro cierra la caja y la cinta para luego pasarla al palé, el operador responsable de la producción monitorea los procesos desde que los envases vacíos son colocados en la mesa rotativa hasta que el producto final esté listo, y también se encarga de pasar las cajas vacías desde el punto inicial de la producción hasta la mesa en donde se la requiere para el encajado.

En la Figura 2-1 se muestra la arquitectura de control actual de la línea de producción, en donde se puede notar como se encuentran las conexiones de cada uno de los equipos que constituyen toda la máquina y el calibre del conductor de ellos, los tres variadores de frecuencia (VFD: Variable Frequency Drive) son para los motores existentes en la producción, la mesa rotativa, banda transportadora 1, banda transportadora 2, de ½ [HP], 1[HP] y 1 [HP] respectivamente, junto a esto un breaker de 2P-20A para cada uno de ellos.

En la Figura 2-2 se puede observar las siglas referentes a la arquitectura de control. Mientras que, en la Figura 2-3 adjunta se muestra el diagrama de fuerza de la máquina de producción.

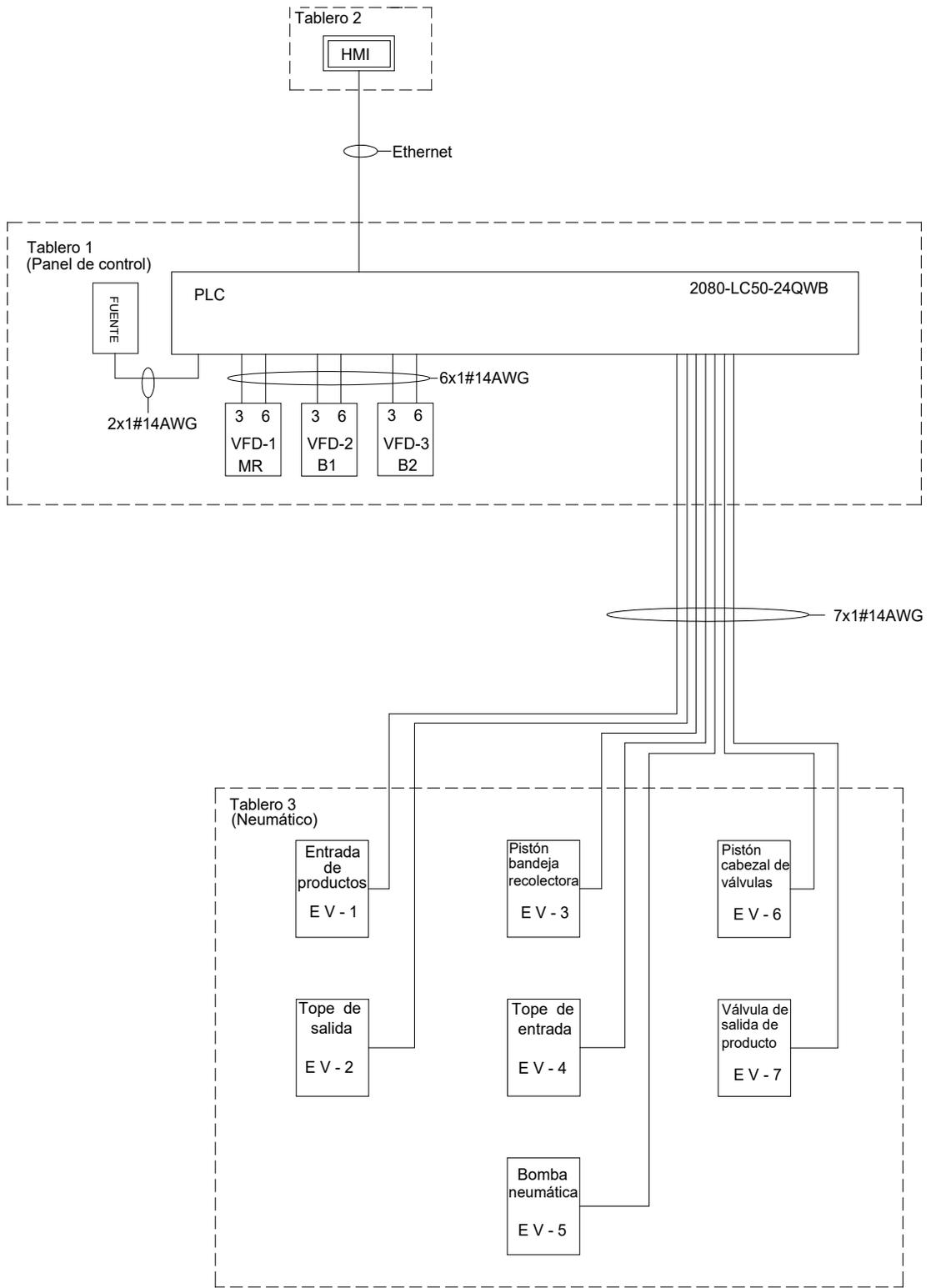


Figura 2-1. Arquitectura de Control Actual.

PLC - Programmable Logic Controller/Controlador Lógico Programable

VDF - Variable Frequency Drive / Variador Frec.

HMI - Human Machine Interface/Interfaz Humano - Máquina

EV - Electroválvula

MR - Mesa Rotativa

B1 - Llenadora

B2 - Transportador Inducción

Figura 2-2. Siglas de la Arquitectura de Control Actual.

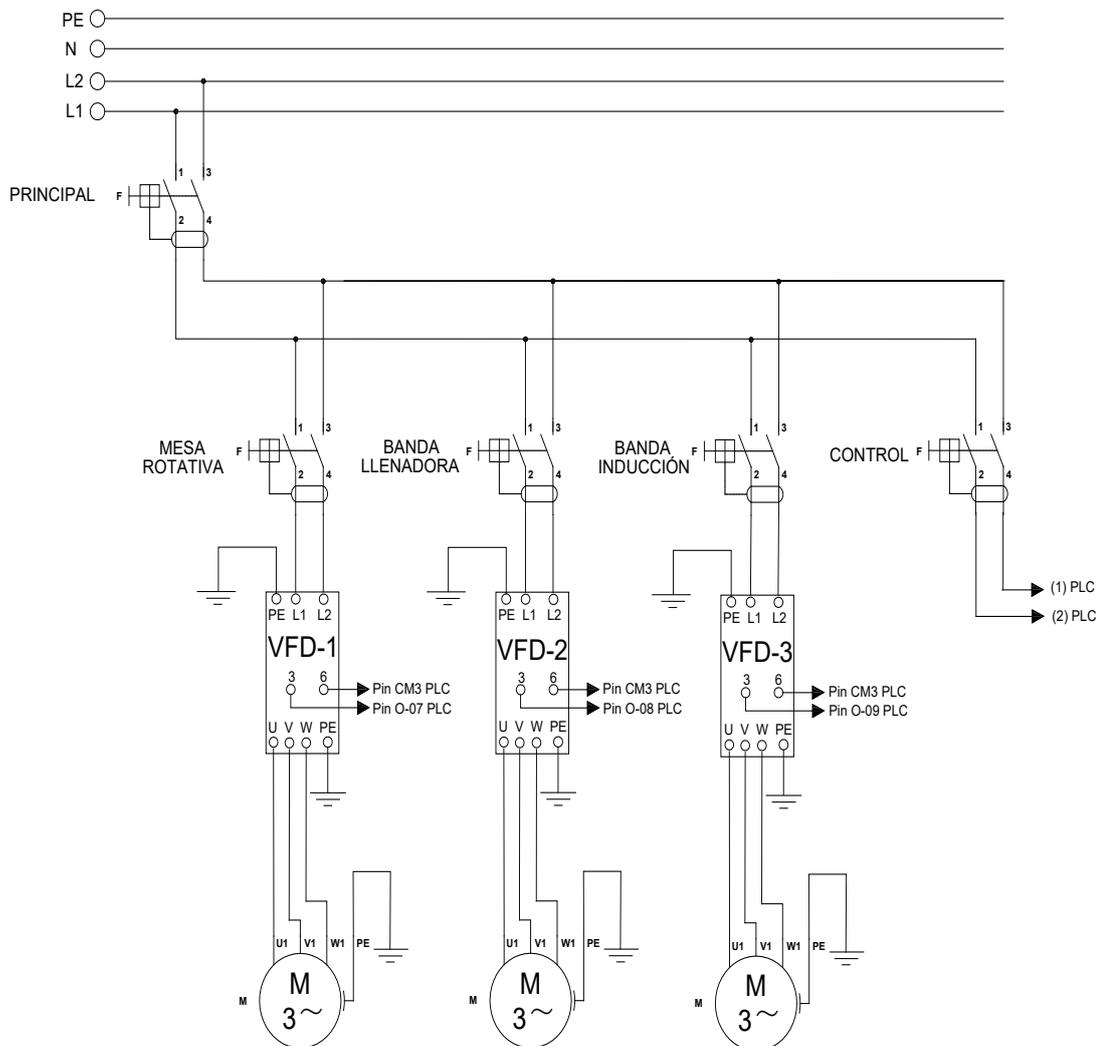


Figura 2-3. Diagrama de Fuerza de la Línea de Producción.

2.2 Metodología de Trabajo.

Una vez identificado el problema se realizó el respectivo levantamiento eléctrico de la máquina que se utiliza en la línea de producción de aditivos para poder tener un conocimiento más amplio de la instalación, alimentación y ubicación de los equipos, en donde se pudo notar que esta contiene un PLC de la familia Allen Bradley y gran parte del proceso contiene actuadores neumáticos ya que el ambiente en el que se trabaja es inflamable, características contempladas en la normativa ATEX (Normativa para Atmósferas Explosivas).

Para la solución a este problema la mejor alternativa fue automatizar todos los procesos que aún son manuales de la línea de aditivos de combustibles, para lo cual se realizó el diseño SCADA para así poder tener un mejor control de cada fase de producción, y para que la línea opere de manera autónoma se añadieron líneas de programación al PLC y se aumentaron más ventanas al HMI, el sistema incluye un reporte de fallas en tiempo real tal que los ingenieros o técnicos encargados del proceso puedan actuar de manera rápida sobre el equipo que provocó la alarma.

Se inició con un bosquejo de la línea de producción para seguir un orden y una secuencia de los sensores y actuadores, una vez realizado esto se llevó a cabo la programación y para que esta tenga una estructura clara, la producción fue separada en 5 fases, para ello se ha utilizado el software de connected component workbench y se programó en lenguaje escalera (ladder) para que el usuario pueda comprender todo el proceso, un punto importante que hay que tener en cuenta son los tipos de sensores a utilizar y la ubicación respectiva de cada uno de ellos ya que tienen una función importante para la producción efectiva del producto, como conocimiento previo del contexto de la empresa que se dedica a la elaboración de lubricantes para automóviles, en donde un 30% son líquidos catalogados como inflamables, se ha optado por elegir equipos que cumplan con la Normativa ATEX ya que se encuentran en contacto con el producto, en la Figura 2-4 se muestra cada una de las fases para llevar a cabo la producción de aditivos, los procesos o secciones automatizadas fueron las siguientes: llenado, tapado y encajado.

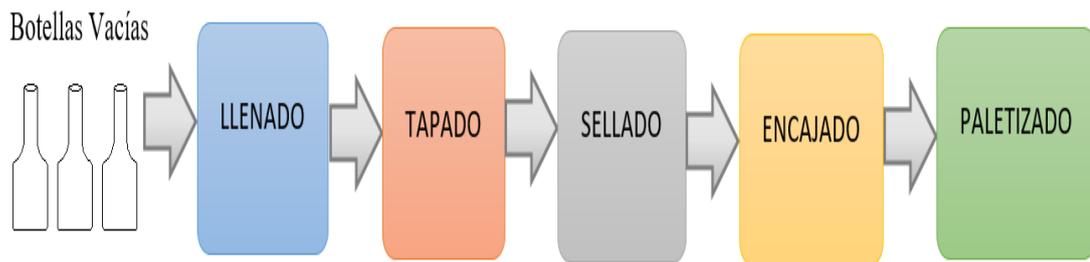


Figura 2-4. Fases de la Producción de Aditivos para Combustibles.

2.2.1 Llenado.

Una vez que las botellas vacías son colocadas de manera manual sobre la mesa rotativa, éstas por medio de una banda transportadora ingresan a la siguiente fase que es el área de llenado. En el inicio de esta área se ha colocado un sensor capacitivo (SICK, CM30-25NNP-EW1) que detecte la presencia del paso de 10 botellas, cuando se contabiliza la décima botella la banda transportadora se detiene y dos cilindros de parada actúan manteniéndolas fijas para que sean llenadas por medio de unas boquillas que son desplazadas hacia abajo por un cilindro de doble efecto.

El producto líquido caerá por efecto de la gravedad por tuberías de plásticos directamente del contenedor principal que se encuentra por encima de la máquina, cada una de estas tuberías tendrán colocados en serie un caudalímetro (FESTO, SFAW-32T T-G12-E-PNLK PNVBA M12) y una válvula neumática (FESTO, Válvula de asiento inclinado VZA).

Las válvulas de asiento se encuentran cerradas, estas se abren cuando las boquillas se encuentran en la posición final, el caudalímetro mide la cantidad de fluido que pasa por él y según el volumen seleccionado por el operador desde el HMI, es decir 125ml o 355ml, envía una señal al PLC haciendo que éste energice una electroválvula (EV) que permitirá el paso de aire cerrando la válvula de asiento, si existiera goteo por parte de las boquillas, una canaleta se coloca justamente debajo de ellas para que los residuos vayan a un tanque para luego ser succionados por una bomba neumática llevándolos nuevamente hacia el contenedor principal, esta bomba en modo automático se encenderá siempre y cuando el sensor tipo boya ubicado en el reservorio sea activado. Cuando las botellas terminan de llenarse, los cilindros de parada regresan a su posición inicial y se activa la banda transportadora llevando las botellas con aditivo hacia el área de tapado.

En modo manual el operador podrá encenderla cuando se la requiera, el ingreso del producto se lo hace por medio de una válvula neumática la cual trae el fluido desde el tanque de almacenamiento y mezcla que se encuentra ubicado a dos metros de distancia de la línea, en las Figura 2-5, y Figura 2-6, se muestra la simbología utilizada y el Diagrama P&ID del sistema automatizado, respectivamente.

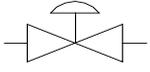
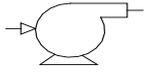
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	Flujómetro
	Válvula de control
	Válvula manual
	Bomba neumática
	Controlador Lógico Programable
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Tubería principal
	Línea menor

Figura 2-5. Simbología Utilizada en el Diagrama P&ID.

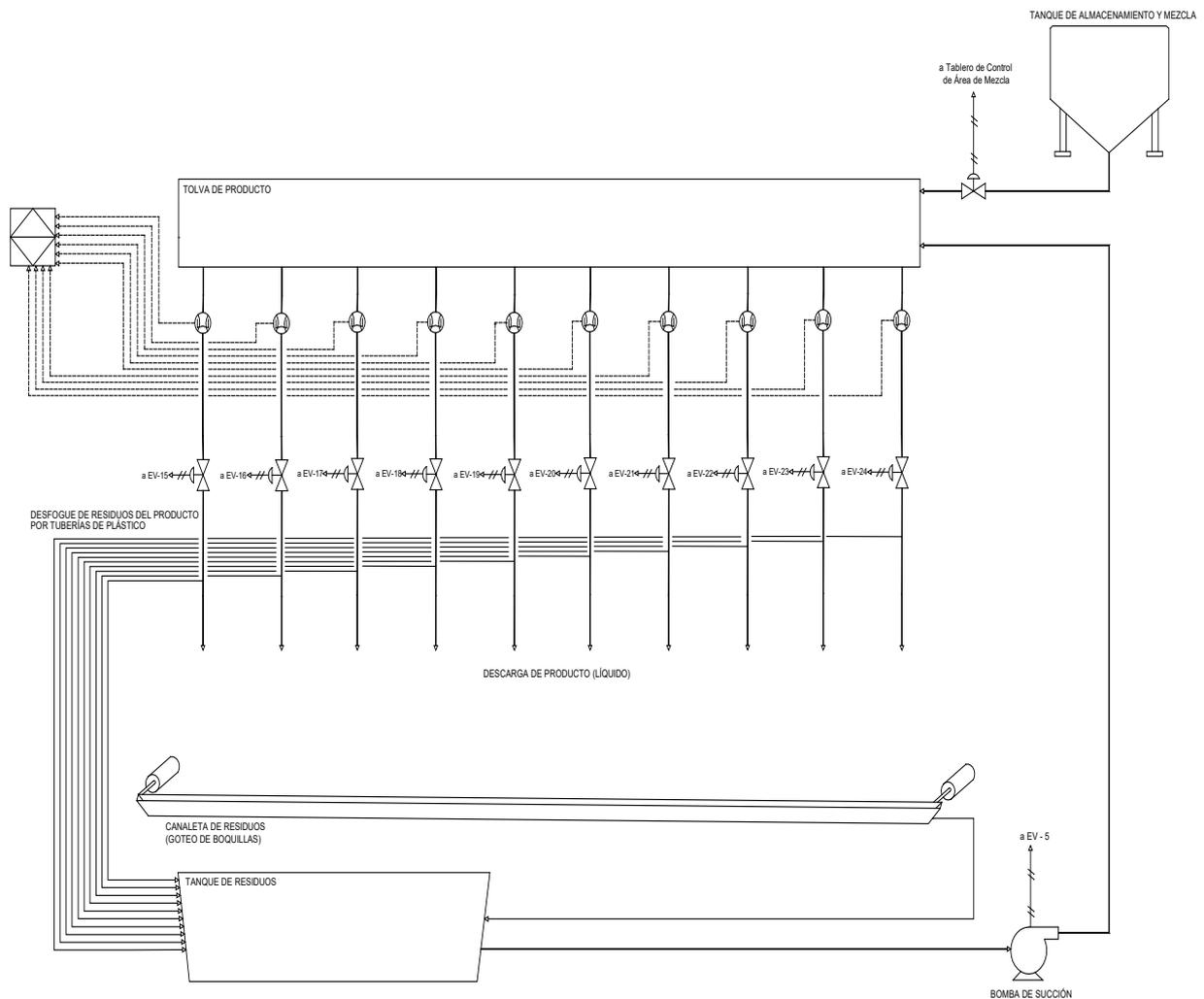


Figura 2-6. Diagrama P&ID del Sistema Automatizado.

2.2.2 Tapado.

En esta sección se ubicará una máquina coronadora que tiene incorporado un tambor giratorio con un contenedor en donde se colocan las tapas para luego ser deslizadas por unos rieles dimensionados de manera que vayan encajando de acuerdo con el paso de las botellas, luego estas entran a un segundo tambor que las sostiene y gira hacia un cilindro neumático que enrosca la tapa, y vuelven a ser colocadas en la siguiente banda transportadora que se dirige al área de sellado, la velocidad de la máquina coronadora es de 40 botellas por minuto.

2.2.3 Sellado.

Entre el área de tapado y encajado se encuentra el proceso de sellado, en donde las botellas con las tapas ya colocadas pasan por un calentador de

inducción que hace que el foil se adhiera a la corona, esta máquina es totalmente independiente del controlador, las especificaciones técnicas de estos equipos brindan sus propios sistemas de interfaz y alarmas, por eso dichos aspectos no fueron parte de la automatización de la línea, al igual que la codificadora que es la máquina que registra el código en un extremo de las botellas cuando salen del calentador de inducción. Pero el encendido y apagado de la maquinas si se lo estableció como parte de la solución.



Figura 2-7. Calentador de inducción para sellar el foil.

2.2.4 Encajado.

Para el área de encajado se ha añadido una banda transportadora pequeña en donde irán pasando las botellas ya selladas y con ellas se formará una matriz de 2x6, para esto se ha colocado un cilindro posicionador y un sensor capacitivo del mismo modelo que se colocó en el área de llenado, cada que pasen dos botellas el cilindro cambiará de posición hasta que la matriz quede ordenada, se añadió un cilindro de parada al costado de la banda transportadora para que así las botellas no sigan pasando, y por seguridad de lo mismo esta banda se frenará hasta que el cilindro posicionador regrese al estado inicial, una vez que esto suceda el cilindro de parada dejará de actuar y la banda se pondrá en marcha nuevamente, una vez armada la matriz, ya está lista para ser empacada en su respectiva caja, en la Figura 2-8 se presenta un bosquejo de este proceso.

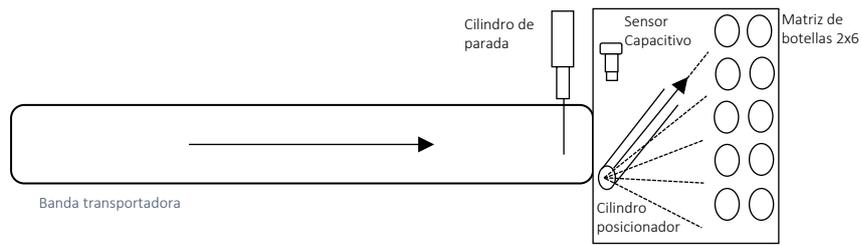


Figura 2-8. Proceso de Armado de Matriz de Botellas 2x6.

Para pasar la matriz de botellas a la caja se ha utilizado dos cilindros neumáticos de doble efecto uno ubicado de forma vertical y otro de forma horizontal formando un sistema parecido a un posicionador robótico, estos actuadores fueron seleccionados según el peso y distancia que tienen que recorrer, en el final del vástago del cilindro vertical se colocó una plancha con ventosas formando una matriz 2x6, lo que hará que estas succionen las botellas cuando el cilindro baje, de esta forma se podrá trasladar las botellas hacia la caja.

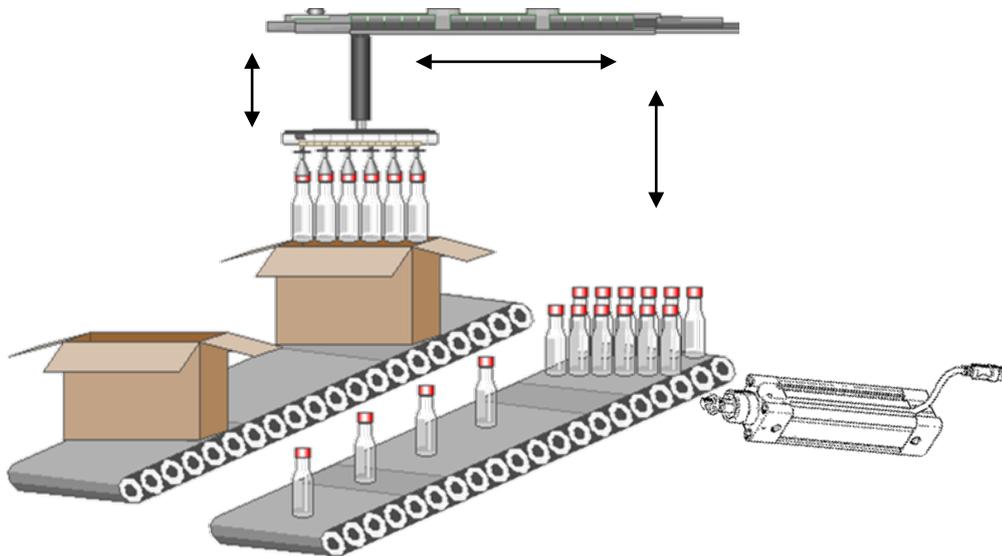


Figura 2-9. Sistema de Cilindros Neumáticos para el Encajado de la Matriz de 2x6 de Botellas.

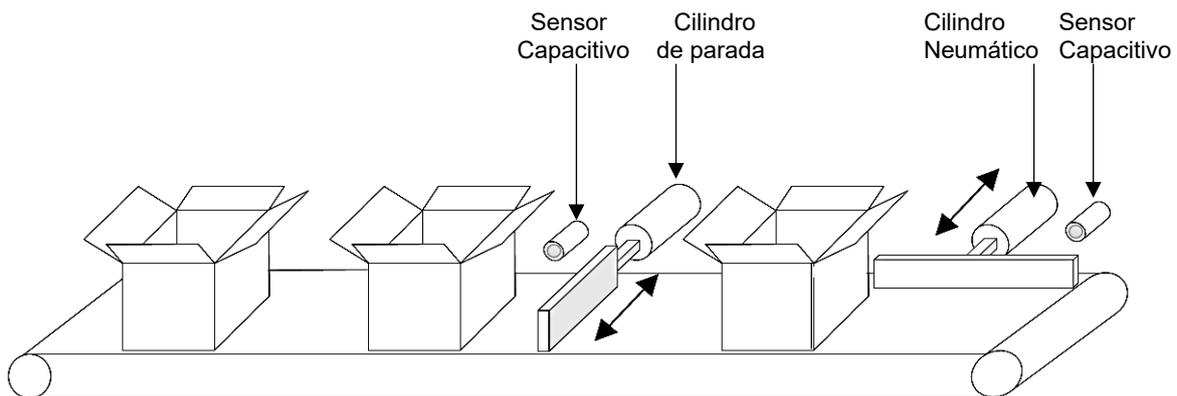


Figura 2-10. Ubicación de Sensores y Actuadores Neumáticos en la Banda Transportadora de Cajas Vacías del Área de Encajado.

Paralelo a la línea se ha colocado una banda transportadora que será la encargada de llevar las cajas vacías desde el punto inicial, que es donde el operador coloca las botellas vacías en el plato giratorio, hasta cuando quede en la misma dirección de la matriz de botellas, al costado de la banda se ha ubicado un sensor capacitivo que detectará la caja y hace que un cilindro de parada actúe y la detenga, de esta forma la matriz de botellas de 2x6 es colocada dentro de la respectiva caja, una vez que esto suceda, el cilindro de parada regresará a su posición inicial y la caja avanzará teniendo en cuenta de que la banda transportadora no ha sido frenada, al final se ha añadido un sensor que detecte la caja y hace que un cilindro empuje la caja hacia la máquina encintadora.

Antes que la caja ingrese a la máquina encintadora se ha colocado un sensor que detecte la caja que viene del área de encajado y sobre la misma máquina se ubicó un cilindro neumático y en el extremo del vástago se ha acoplado una estructura a especie de gancho para que ésta actúe de derecha a izquierda cerrando una de las pestañas pequeñas y cuando el sensor deje de detectar la presencia de la caja el cilindro regresará a su posición inicial y así cerrará otra de las pestañas pequeñas, seguido se encuentran unos rieles guías que hará que la caja sea cerrada por completo, luego entrará a la máquina encintadora, una vez que sale de esta fase la caja está lista para la paletización, en esta sección un operador será el encargado de ir colocándolas sobre el palé para luego ser transportadas fuera de la empresa.

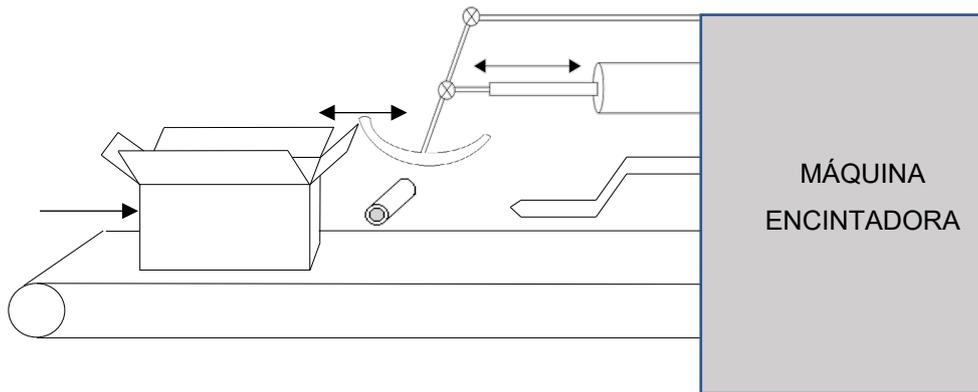


Figura 2-11. Ubicación de Sensores y Actuadores Neumáticos en la Máquina Encintadora de Cajas.

CAPÍTULO 3

3. Resultados y Análisis.

El diseño y desarrollo de la solución para la línea de producción de aditivos para combustible de la empresa SWISSOIL S.A. fue enfocada en función de las diferentes secciones, procesos o subprocesos de los cuales está constituida la misma. Los cuales son: abastecimiento de botellas vacías, llenado de botellas, coronado de botellas, quemado de foil, encajado de botellas y encintado de caja llena. Para cada sección se dimensionó sensores y actuadores, además se consideró una sección de verificación del nivel dentro de las botellas, sección que debería ser ubicada justo después de la de llenado, no se la detalla en este capítulo, pero si en el Apéndice 3.

Como ya se expuso en el capítulo 2, el área de trabajo está inmersa en un ambiente explosivo, es por ello que todos los equipos fueron elegidos en función de este aspecto. Los sensores, actuadores, y demás equipos e instrumentos de medición y control que fueron considerados e involucrados en este proyecto interactúan de forma sinérgica y dicha interacción se la puede observar en uno de los resultados, aquel que se fundamenta en todo este diseño y selección de equipos, este resultado es el sistema de supervisión control y adquisición de datos que por sus siglas en ingles es: SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

3.1 Abastecimiento de Botellas Vacías.



Figura 3-1. Plato Giratorio que Abastece de Botellas Vacías a la Línea de Producción.

Esta sección no tuvo intervención en cuanto a añadir nuevos equipos o redimensionarlos, ya que, consta con un motor $\frac{1}{2}$ HP, un variador de frecuencia SINAMICS G110, los fueron considerados para el diseño y desarrollo del proyecto. La Figura 3-1 muestra la sección de abastecimiento de botellas vacías que está en funcionamiento.

3.2 Llenado de Botellas.

Para esta sección fueron dimensionados y seleccionados los siguientes equipos:

- Válvulas de asiento inclinado.
- Sensores de caudal.
- Sensor de proximidad capacitivo.
- Sensor de proximidad inductivo.

3.2.1 Válvulas de asiento inclinado.

El fluido que sale de la tolva de dosificación hacia las boquillas de llenado debe ser interrumpido de forma segura una vez que las botellas de producto tengan el nivel adecuado. Esta válvula que cumple la función de una llave de paso para el producto tiene un accionamiento de forma neumática por medio de un embolo con una carrera de 20mm, el producto circula por debajo del mismo, ósea en sentido contrario al fluido. Con una función de control normalmente cerrada, la conexión del ducto es por medio de un manguito roscado con un tamaño de $\frac{1}{2}$ ", la carcasa y cuerpo del actuador son de acero inoxidable, para trabajar con un fluido a una presión de entre [0, 7.5] bar. Además, posee una certificación EXA II2GD [11], y una presión de funcionamiento de [0, 10] bar. El código de producto seleccionado es: VZXA-B- -T-S7-1/2-M2-V14-T-7,5-K-90-20- - -V4-EX4, de la marca FESTO [12].



Figura 3-2. Válvula de Asiento Inclinado tipo Neumática [13].

El precio de cada una de estas válvulas es de: \$ 222,49. La Figura 3-2 [13], muestra la válvula de asiento seleccionada, misma que puede ir montada sobre el ducto de forma indistinta en cuanto a la posición. Estas válvulas reemplazan las llaves de paso manuales en la sección de llenado, aquellas que se observan en la Figura 3-3. Cabe aclarar que son 10 válvulas de asiento que se consideraron para desarrollar el proyecto.



Figura 3-3. Sección de Llenado de las Botellas.

3.2.2 Sensores de caudal.

La sección de llenado en promedio dosifica 355 [ml] en 2.7 [s], esto establece un caudal de 7.8 [l/min], caudal que circula por cada una de las 10 boquillas de dosificación. Es por esto que se seleccionó un sensor de caudal, el cual, además, permite tener un control en la dosificación del volumen inyectado en las botellas. Sensor que posee las siguientes características técnicas: permite medir el caudal y volumen, posee salidas conmutables PNP/NPN y salida de corriente de 4 a 20 [mA], detecta si la línea de producto (el ducto) está vacía, o presencia de aire, situación que se daría al momento de iniciar la producción y de esta forma evitar valores erróneos, brinda la posibilidad de mejoras sustanciales al contar con una interfaz de comunicación IO-Link [14].

Habría que decir también que permite detectar fugas y roturas en las líneas, puede medir caudal en un rango de entre 0, hasta 32 [l/min], y puede ser montado de manera indistinta. El producto del código seleccionado es: SFAW-32T T-G12-E-PNLK PNVBA M12 [15]. Se desarrollo la solución a la problemática con 10 sensores de estos, el precio de cada uno es de: \$ 628,68. La Figura 3-4 [16], muestra el sensor SFAW de la marca FESTO con el cual se trabajó. La Figura 3-5 muestra la disposición del equipo en cada una de las boquillas de llenado.



**Figura 3-4. Sensor de Caudal
Marca FESTO [16].**



Figura 3-5. Imagen que Muestra Donde Colocar el Sensor SFAW Marca FESTO.

3.2.3 Sensor de proximidad capacitivo.

Este sensor detecta el número de botellas que han ingresado a la sección de llenado, es decir cuando se han contabilizado 10 botellas se detiene la banda transportadora de la sección y se procede a dosificar el producto.

El rango de alcance de detección fluctúa entre 4mm hasta 25 mm, no requiere de una instalación enrasada (al ras) y una frecuencia de conmutación de 50 [Hz]. El código del producto seleccionado es: CM30-25NNP-EW1. El cual tiene un costo de \$142,15, y que, para esta sección se utiliza uno. La Figura 3-6 [17], muestra el tipo de sensor que se seleccionó, mismo que es de la marca SICK.



Figura 3-6. Sensor de Proximidad Capacitivo Marca SICK [17].

El lugar de instalación establecido para el sensor es el que se especifica en la Figura 3-7.

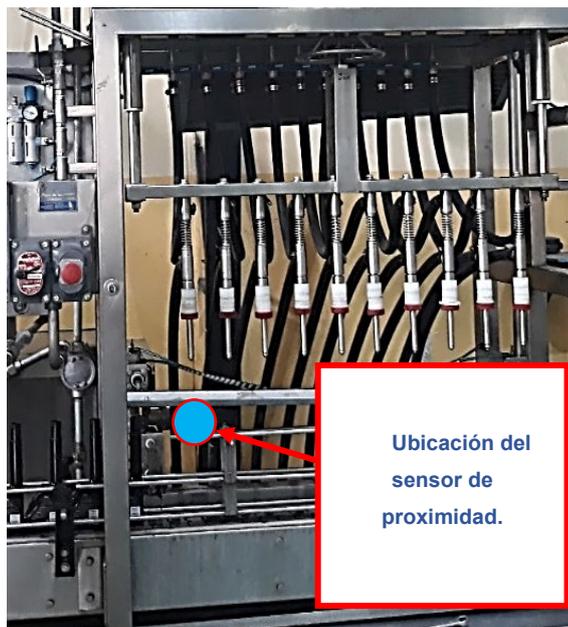


Figura 3-7. Sección de Llenado de Botellas.

3.2.4 Sensor de proximidad inductivo.

Este sensor detecta cuando el cilindro que desplaza verticalmente las boquillas de llenado está extendido, esa señal es utilizada para abrir las válvulas de asiento inclinado y así empezar a dosificar el producto. Su disposición en sitio en no enrasado, posee una salida PNP, con indicador de conmutación. El código del producto seleccionado es:

SIEN-M30NB-PS-K-L [18] La Figura 3-8 [19], muestra el sensor seleccionado, y, la Figura 3-9 muestra la disposición del mismo en la sección de llenado de botellas. El precio de este es: \$ 95,55.



Figura 3-8. Sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO [19].

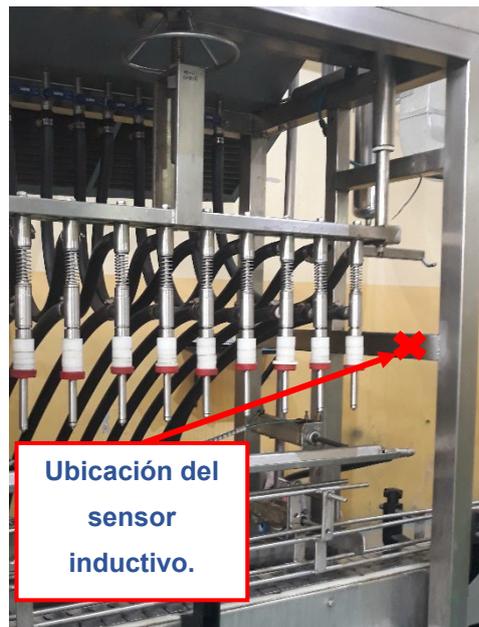


Figura 3-9. Punto de Ubicación del sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO.

3.3 Coronado de Botellas.

La sección de coronado de botellas es nueva. Para la cual, se seleccionó una máquina coronadora que provee de 40 botellas coronadas (tapadas) por minuto. Esta máquina debe tener incorporados sensores para detectar la presencia de la botella a ser coronada, sensores para verificar si las botellas que salen de dicha máquina están

correctamente tapadas, un variador de frecuencia para el motor de la banda transportadora con la que viene incorporada, alimentador de tapas y una tapadora neumática que ajusta la tapa dispuesta sobre el pico de la botella.

En la Figura 3-10 [20], se puede observar una máquina de este tipo, mientras que la Figura 3-11 muestra la función que cumple dentro de la línea de producción, al sustituir un tapado manual por uno automatizado.



Figura 3-10. Ejemplo de Máquina Coronadora con estrella Rotativa de Nylon [20].



Figura 3-11. Sección de Tapado Manual.

3.4 Quemado de Foil.

Esta sección antes del desarrollo de este proyecto, constaba con los equipos necesarios para su funcionamiento adecuado, por ello se incluyeron los mismos en el sistema SCADA. Los equipos de los cuales se habla son: motor de 1 [HP], variador de frecuencia SINAMICS G110, sellador de tapas por inducción ENERCON e impresora de inyección de tinta para marcado industrial HITACHI. El proceso en cuestión se lo muestra en la Figura 3-12.



Figura 3-12. Sección de Quemado de Foil de la Línea de Producción.

3.5 Encajado de Botellas.

Esta sección es nueva, y consta de algunos subprocesos que deben de estar coordinados para que el encajado de la matriz de doce botellas suceda adecuadamente. Primero, debe estar formada la matriz y debe estar una caja vacía esperando por las botellas. Segundo, una vez cumplido lo anterior el cilindro que se desplaza de forma vertical se activa y el vástago se extiende para tomar las botellas, las botellas son succionadas por medio del vacío generado, y levantadas a través de una placa que porta 12 ventosas.

Tercero, la matriz de botellas es trasladada a una banda transportadora que deberá estar instalada en paralelo a la línea de producción, en dicha banda estará la caja vacía, misma que fue trasladada desde la sección de abastecimiento por medio de la banda transportadora, a esta banda se la llamó, banda transportadora de caja vacía. Cuarto, una vez depositadas las botellas dentro de la caja se traslada la misma hasta el punto de donde será despachada hacia la sección de encintado.

La Figura 3-13 muestra la sección de encajado de botellas. En ella se puede observar que la banda transportadora donde se arma la matriz está a continuación y en línea con la sección de quemado de foil. Todavía cabe señalar que los actuadores que trasladan la matriz de botellas, y el que forma la matriz sobre la banda transportadora de armado de matriz, son neumáticos por razones de seguridad debido al ambiente explosivo en el cual está desarrollándose la tarea en cuestión.

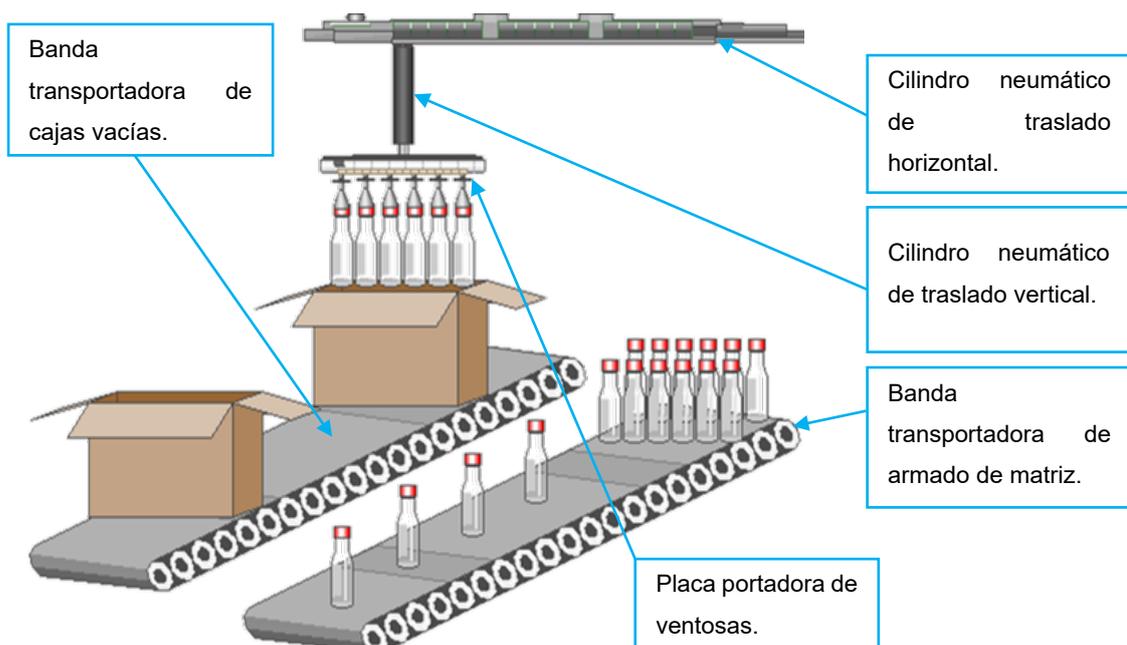


Figura 3-13. Proceso de Encajado de Botellas.

Los equipos utilizados en esta sección son:

- Motor de 1 [HP].
- Motor de ½ [HP].
- Variador de frecuencia.
- Sensor de proximidad capacitivo.
- Cilindro neumático redondo doble efecto.
- Cilindro neumático normalizado doble efecto.
- Actuador neumático lineal sin vástago.
- Cilindro neumático con sistema de posicionamiento.
- Sensor de proximidad inductivo.

3.5.1 Motor de 1 [HP].



**Figura 3-14. Motor Marca BALDOR de 1 [HP]
Seleccionado para la Banda Transportadora de
Armado de la Matriz de Botellas [22].**

Este motor fue el seleccionado para trabajar junto a la banda transportadora de armado de matriz. Las características que posee son: trifásico de 208-230/460 [V], 3450 [RPM], 60 [Hz], corriente a plena carga de 3.7-3.6/1.8 [A], eficiencia a plena carga de 75.5%, factor de potencia a plena carga de 71%, cara en C, sin pies (con brida), explosion-proof, marca BALDOR. [21]. La Figura 3-14 [22], muestra el motor en cuestión, y su precio es \$ 927,00.

3.5.2 Motor de ½ [HP].

El motor de ½ [HP] fue seleccionado para trabajar con la banda transportadora de cajas vacías, las características de este se expresan a continuación: trifásico de 208-230/460 [V], 1725 [RPM], 60 [Hz], corriente a plena carga de 2.1-2/1 [A], eficiencia a plena carga de 74%, factor de potencia a plena carga de 63%, cara en C, sin pies (con brida), explosion-proof, marca BALDOR. [21]. La Figura 3-15 [23], muestra el motor seleccionado y su precio es \$ 936,00.



**Figura 3-15. Motor de ½ [HP] Marca BALDOR
Seleccionado para la Banda Transportadora
de Cajas Vacías [23].**

3.5.3 Variador de frecuencia.

El variador de frecuencia con el cual se estableció la solución a la problemática es un PowerFlex 4M de la familia Allen-Bradley. Este permitirá tener un control sobre la velocidad de la banda transportadora, tanto de cajas vacías como la de armado de la matriz de botellas. Entre las características técnicas que posee este variador están: alimentación monofásica de 240 [V], ½ [HP] y corriente nominal de 2.5 [A]. el código del producto es: 22F-A2P5N103 [24], y el precio por unidad es: \$ 196,00.

Es necesario recalcar que, para el proceso de encajado se emplearon 2 variadores de frecuencia. La Figura 3-16 [24], muestra al variador seleccionado.



Figura 3-16. Variador de Frecuencia PowerFlex 4M de la Marca Allen-Bradley [24].

3.5.4 Sensor de proximidad capacitivo.

Sobre este tipo de sensores ya se detalló en la sección 3.2.3, con la salvedad que para el proceso de encajado se emplearon 4 de estos.

3.5.5 Cilindro neumático redondo doble efecto.



Figura 3-17. Cilindro Neumático Redondo Marca FESTO con Normativa ATEX [25].

Este tipo de cilindro es utilizado para tres tareas dentro del proceso de encajado, detener las botellas cuando la matriz se ha formado, detener la caja vacía cuando esta ha llegado a la posición deseada, y, despachar la caja llena hacia la sección de encintado. En otras palabras, se utilizaron tres cilindros con estas prestaciones. Las características del mismo son: cilindro de doble efecto, provisto de amortiguación regulable en ambos extremos, con vástago simple, con alto nivel de protección contra la

corrosión, con un diámetro de émbolo de 32[mm], una carrera de 500 [mm] y con certificación ATEX II 2GD.

El código del producto expuesto es: DSNU-32-500-PPV-MQ, marca FESTO [25]. La Figura 3-17 [25], muestra el cilindro con el cual se trabajó. El precio de cada uno es: \$ 190,18.

3.5.6 Cilindro neumático normalizado doble efecto.

Este cilindro fue seleccionado para levantar la matriz de 12 botellas, es decir el desplazamiento vertical de las mismas. Las características de este son: cilindro con vástago simple, de doble efecto, con un diámetro de émbolo de 32 [mm], una carrera de 1000 [mm], para detección de posiciones, amortiguación regulable en ambos extremos y con normativa ATEX. El código del producto es: DSBF-C-L-32-1000- -PPV A, marca FESTO [26]. La Figura 3-18 [27], muestra el cilindro descrito. El precio del mismo es: \$ 268,66.



Figura 3-18. Cilindro Neumático Marca FESTO, DSBF-C-L-32-1000- -PPV A [27].

3.5.7 Actuador neumático lineal sin vástago.

En relación con el traslado horizontal de la matriz de botellas levantadas por medio del cilindro descrito en el apartado 3.5.6, hay que especificar que, este es un cilindro sin vástago, con una carrera de 1000 [mm], un émbolo con diámetro de 32 [mm], con amortiguación neumática ajustable en ambos extremos, para detectores de proximidad, de doble efecto y con certificación ATEX. El código del producto es el siguiente: DGC-K-32-1000-PPV-A-GK-D2- -FK, marca Festo [28]. Su precio es de: \$ 671,31. La Figura 3-19 [28], muestra el producto detallado.

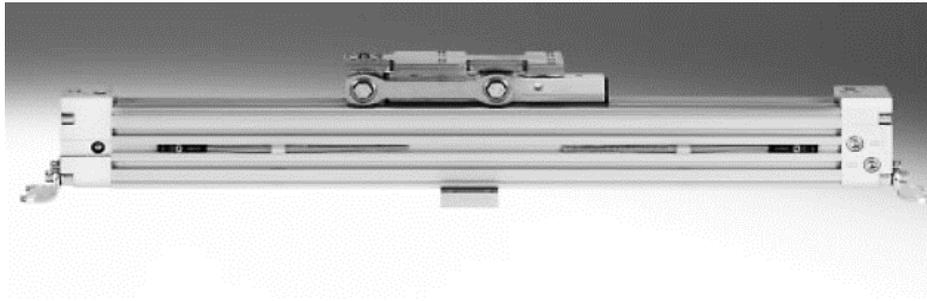


Figura 3-19. Actuador Lineal Neumático sin Vástago Marca FESTO [28].

3.5.8 Cilindro neumático con sistema de posicionamiento.

La siguiente sección trata sobre el cilindro neumático con sistema de medición de recorrido, con el cual se arma la matriz. Es gracias a este sistema, y al sistema de bloqueo con el que cuentan estos actuadores es que se puede distribuir las 12 botellas que serán encajadas. Este cilindro tiene las siguientes especificaciones: vástago simple, doble efecto, con un diámetro del émbolo de 32 [mm], una carrera de 1000 [mm], con unidad de bloqueo adosada, con una salida de corriente del transductor de 4 a 20 [mA], con sistema de medición de recorrido DADE.

El código del producto es el siguiente: DNCI-32-1000-P-A-100K8-KP-MI, marca FESTO [29]. La Figura 3-20 [29], muestra el cilindro especificado. El precio de este producto es: \$ 846,67.



Figura 3-20. Cilindro con Sistema de Medición de Recorrido y Unidad de Bloqueo Marca FESTO [29].

3.5.9 Sensor de proximidad inductivo.

En relación a este tipo de sensores, hay que aclarar que van acoplados a las ranuras de los cilindros. Dichas ranuras es una especificación técnica del cilindro (“para detección de posiciones”). Los sensores detectan cuando el vástago está en una posición determinada dentro de la camisa del cilindro, son para una ranura en T, el código del producto es: SME-8-FM-DS-24V-K-1,0-OE, marca FESTO [30], el precio de cada uno es: \$ 39,07. La Figura 3-21 [30], muestra el sensor detallado.



Figura 3-21. Sensor de Proximidad Inductivo Marca FESTO Para Ranura en T [30].

3.6 Encintado de Caja Llena.

Por lo que se refiere a la sección de encintado de cajas llenas, se estableció que esta debe tener un sensor para detectar la presencia de las cajas dentro de la máquina encintadora y un cilindro que pivoteará un yunque para cerrar las gualetas pequeñas de las cajas. Conviene subrayar que las gualetas de mayor área se cierran por unos rieles laterales, mientras las cajas avanzan. La Figura 3-22 muestra lo expuesto.

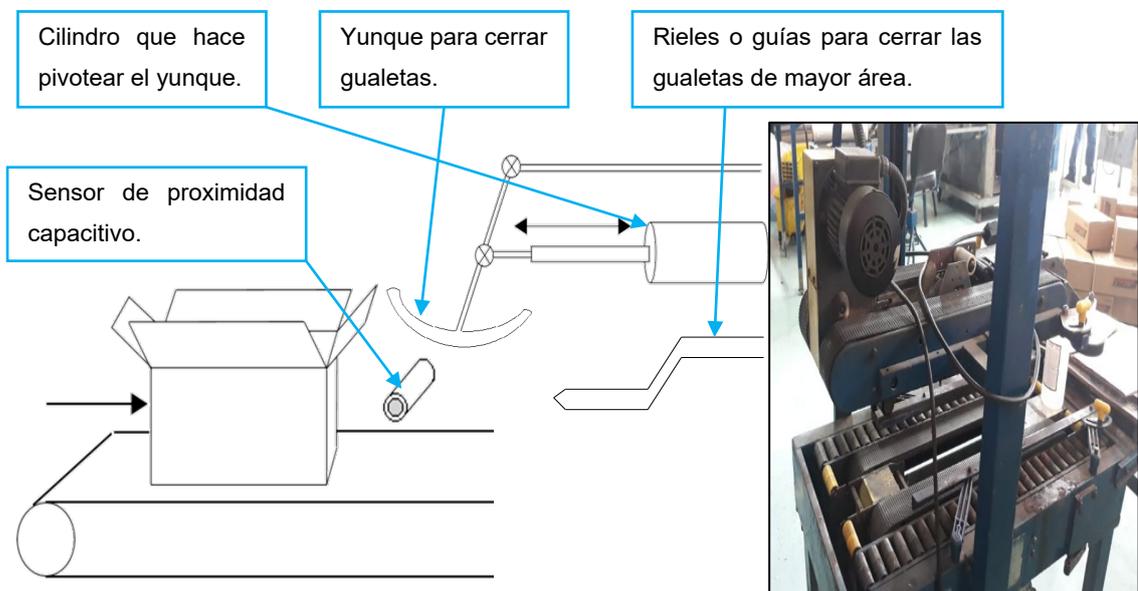


Figura 3-22. Sistema Para Cerrar las Gualetas Mediante Cilindro y Sensor de Detección de Cajas Dentro de la Máquina Encintadora.

Hay que mencionar además que, el cilindro es uno de las mismas características del mencionado en la sección 3.5.5. Y que, el sensor es el expuesto en la sección 3.2.3.

3.7 Sistema SCADA.

La siguiente sección trata sobre el sistema de supervisión control y adquisición de datos desarrollado con la tecnología de Allen-Bradley Rockwell Automation. Este sistema consta de las siguientes partes constitutivas:

- Código en lenguaje Ladder.
- Software FactoryTalk View.

3.7.1 Código en lenguaje Ladder.

Una vez seleccionados los equipos y dispositivos necesarios para establecer la solución a la problemática de la empresa, se procedió a desarrollar la programación que será instaurada en el PLC. Dicho PLC fue un Micro850 con código: 2080-LC50-48QWB [31], el cual posee 28 entradas y 20 salidas. Por otra parte, el programa en lenguaje Ladder se lo desarrolló en el software Connected Components Workbench versión 11(CCW) [32]. La Figura 3-23 muestra el PLC utilizado, el cual forma parte de los tableros de trabajo del laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Todavía cabe señalar que la empresa SWISSOIL S.A. cuenta con un PLC Micro850, pero con la diferencia que este posee menos entradas y salidas, exactamente 14 entradas y 10 salidas digitales, la Figura 3-24 muestra dicho PLC.

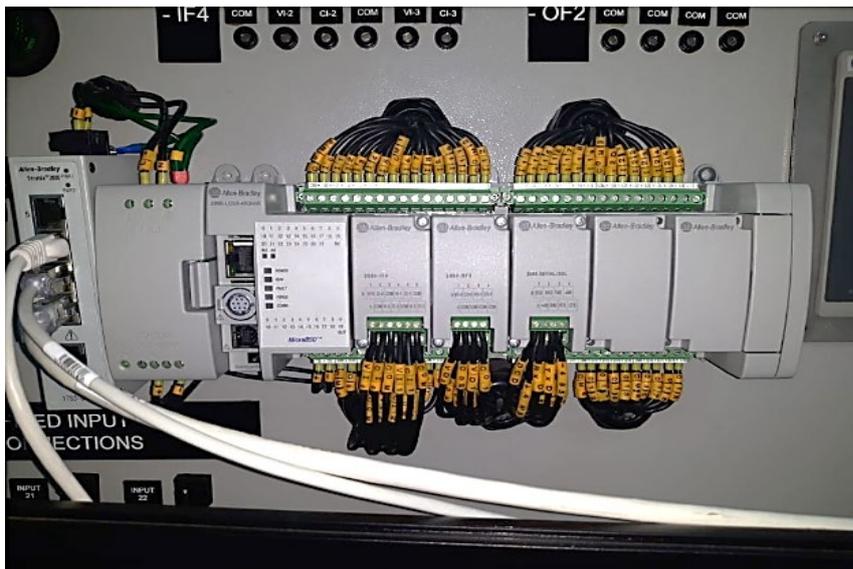


Figura 3-23. PLC Micro850 que Forma Parte de los Tableros del Laboratorio de Automatización Industrial.

Conviene subrayar que existen entradas digitales disponibles en el PLC (11 entradas disponibles), pero debido a las mejoras establecidas se requieren más. Es por ello que, para que se implemente la solución es necesario adquirir módulos de: entradas/salidas digitales, entradas analógicas y salidas analógicas.

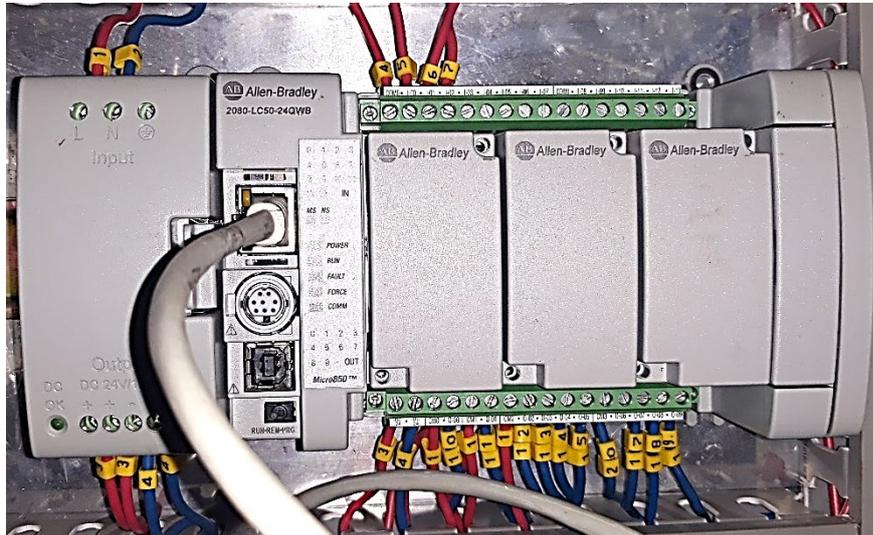


Figura 3-24. PLC Micro850 Instalado en la Línea de Producción.

El código del módulo de entradas/salidas digitales es: 2080-IQ4OV4, mismo que consta de 4 entradas y 4 salidas digitales [33], y el precio de este módulo es: \$ 83,42. El código del módulo de entradas analógicas es: 2080-IF4, el cual consta de 4 canales que admiten señales analógicas de 0 a 10 [V], o, 0 a 20 [mA] [33], y su precio es: \$ 174,00. El código del módulo de salidas analógicas es: 2080-OF2, mismo que posee dos canales para las señales de salida analógicas que pueden ser de 0 a 20 [mA], o, 0 – 10 [V] [33], y su precio es: \$ 104,00.

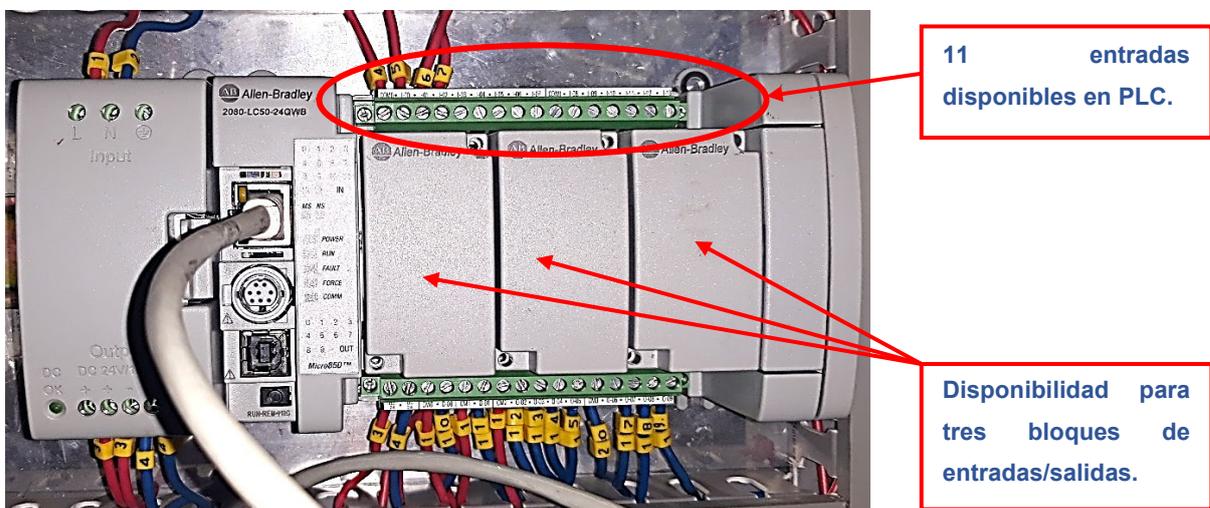


Figura 3-25. Bloque Para Módulos y Entradas Disponibles.

En el Apéndice 4 se presentan las imágenes de los módulos seleccionados. La Figura 3-25 muestra la disponibilidad de entradas digitales y de los módulos de expansión que tiene el PLC utilizado por la empresa. Acerca de la programación en lenguaje Ladder, como ya se mencionó, fue elaborada en el software CCW versión 11. En ella se consideraron las variables analógicas, todos los sensores y actuadores que fueron dimensionados, ya que, la empresa previamente poseía una programación en la cual el proceso se desarrollaba de forma temporal y sin la consideración de dichos equipos y sensores.

La programación se la puede observar en el Apéndice 5. Mientras que en la Figura 3-25 se observa la interfaz del software CCW. Connected Components Workbench es un software que no requiere licencia de pago, es decir es gratuito y se lo puede adquirir en la página web de la empresa Allen-Bradley Rockwell Automation.

3.7.2 Software FactoryTalk View.

Es la herramienta con la que se elaboró la parte gráfica e interactiva del SCADA, quien le da vida a la interfaz hombre máquina, tanto para el panel de operador, como para una pantalla de computador industrial con ella se pueden elaborar aplicaciones que pueden involucrar múltiples usuarios y servidores, distribuidos a través de una red. Pertenece a Allen-Bradley Rockwell Automation.

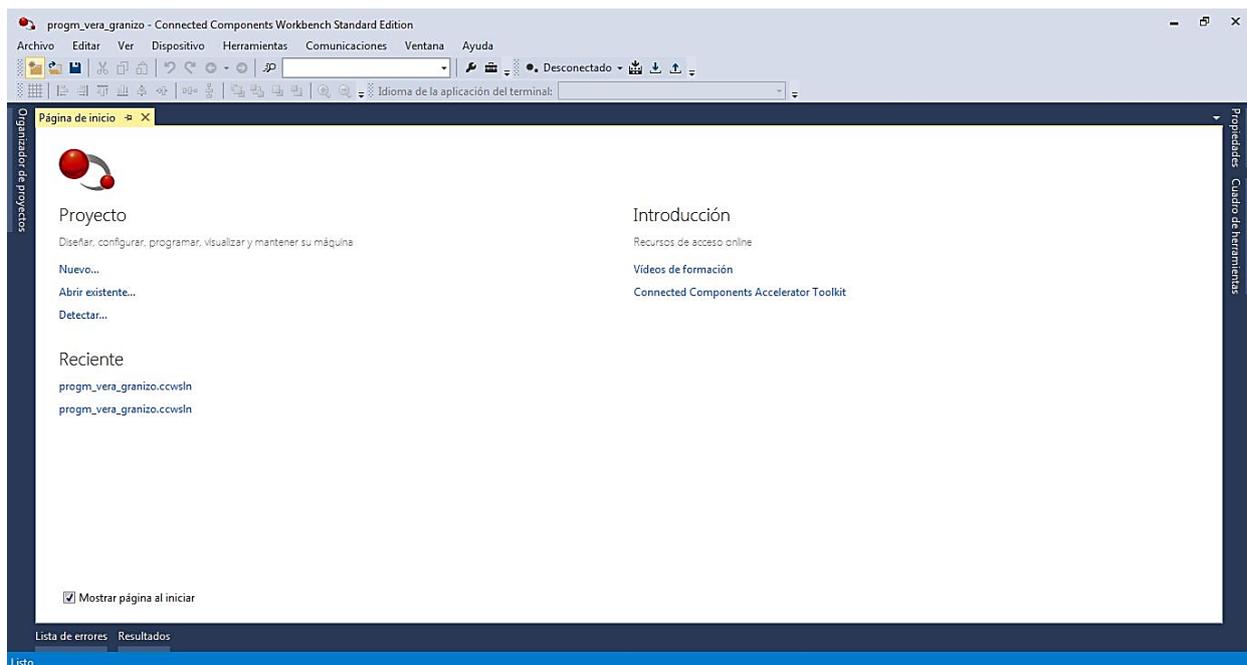


Figura 3-25. Interfaz Principal del Software Connected Components Workbench Version 11.

La versión del software con que se trabajo fue la 9, dentro de esta versión está incluido FactoryTalk View Machine Edition (FTV ME), FactoryTalk View Site Edition (FTV SE). Este programa se lo puede adquirir por partes, ya que dependiendo de la aplicación se requiere de una u otra, y de la misma forma por la licencia hay que pagar, así se puede acceder a las prestaciones. Para la solución se empleó los dos tipos de FactoryTalk View (FTV), ME y SE. La Figura 3-26 muestra los tipos de aplicaciones que se puede escoger en FTV.

Otro rasgo de FactoryTalk View SE es que, dentro de él se puede hallar versiones para realizar aplicaciones que pueden corren en una, dos o varias máquinas, paneles táctiles o computadoras, pero todas proporcionan las herramientas necesarias para crear aplicaciones de control y supervisión de procesos de forma potente y confiable. Hay que recalcar que, el tipo de aplicación para el computador o computadoras con el cual se creó la solución fue la de red distribuidas, FactoryTalk View Site Edition (Network Distributed).

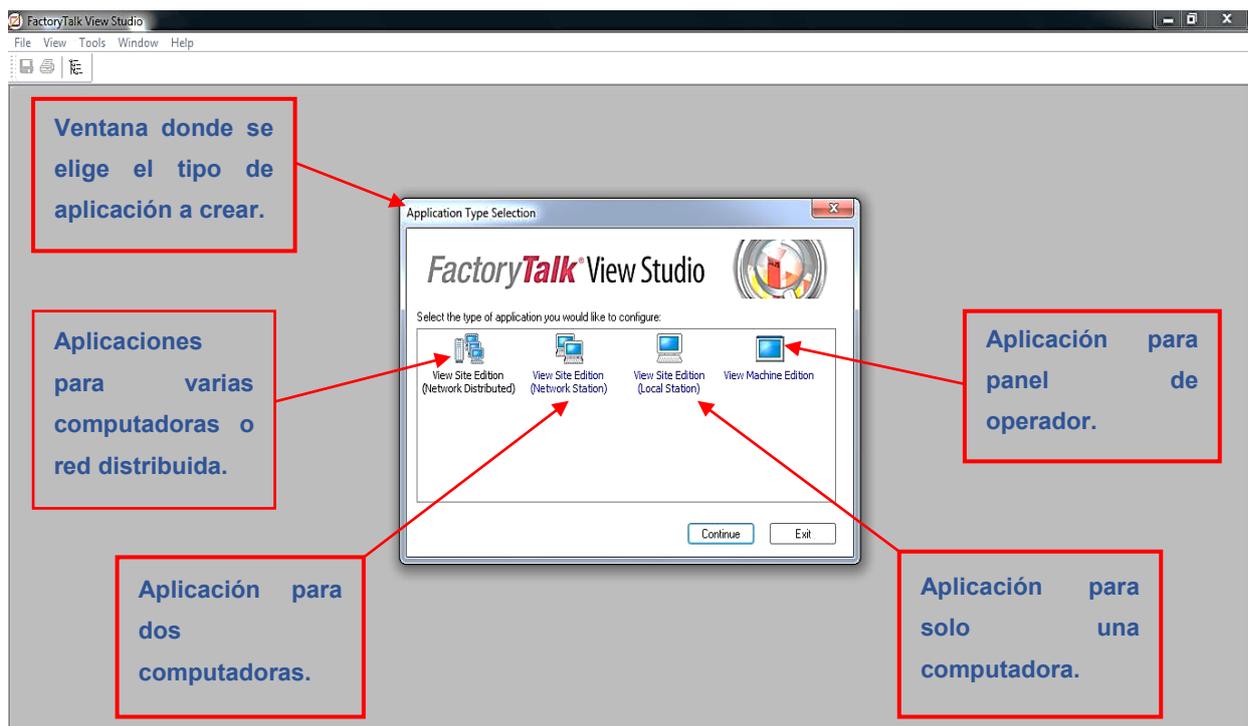


Figura 3-26. Interfaz Inicial del Software FactoryTalk View.

El gestor de comunicación entre el PLC Micro850, el panel de operador, y el computador o computadoras es el software RSLinx Classic el cual viene junto al FTV. Las Figura 3-27 y Figura 3-28 muestran la pantalla principal o de acceso, y la pantalla de selección de la acción a realizar por un supervisor, respectivamente.

Es por medio de la pantalla que se aprecia en la Figura 3-27 que se ingresa a la aplicación, destinada al panel de operador, que está junto a la línea de producción, para ello los operarios y supervisores de la planta necesitan credenciales.

Dependiendo del tipo de usuario que haya ingresado se habilitan los accesos o permisos. Por ejemplo, la imagen de la Figura 3-28 muestra las áreas a las que un supervisor tendrían acceso, situación diferente para cuando haya ingresado un operario, ver Figura 3-29. Así mismo se observa el nombre del usuario. Las pantallas de la aplicación desarrolladas para el panel de operador se las puede ver al detalle en Apéndice 6.

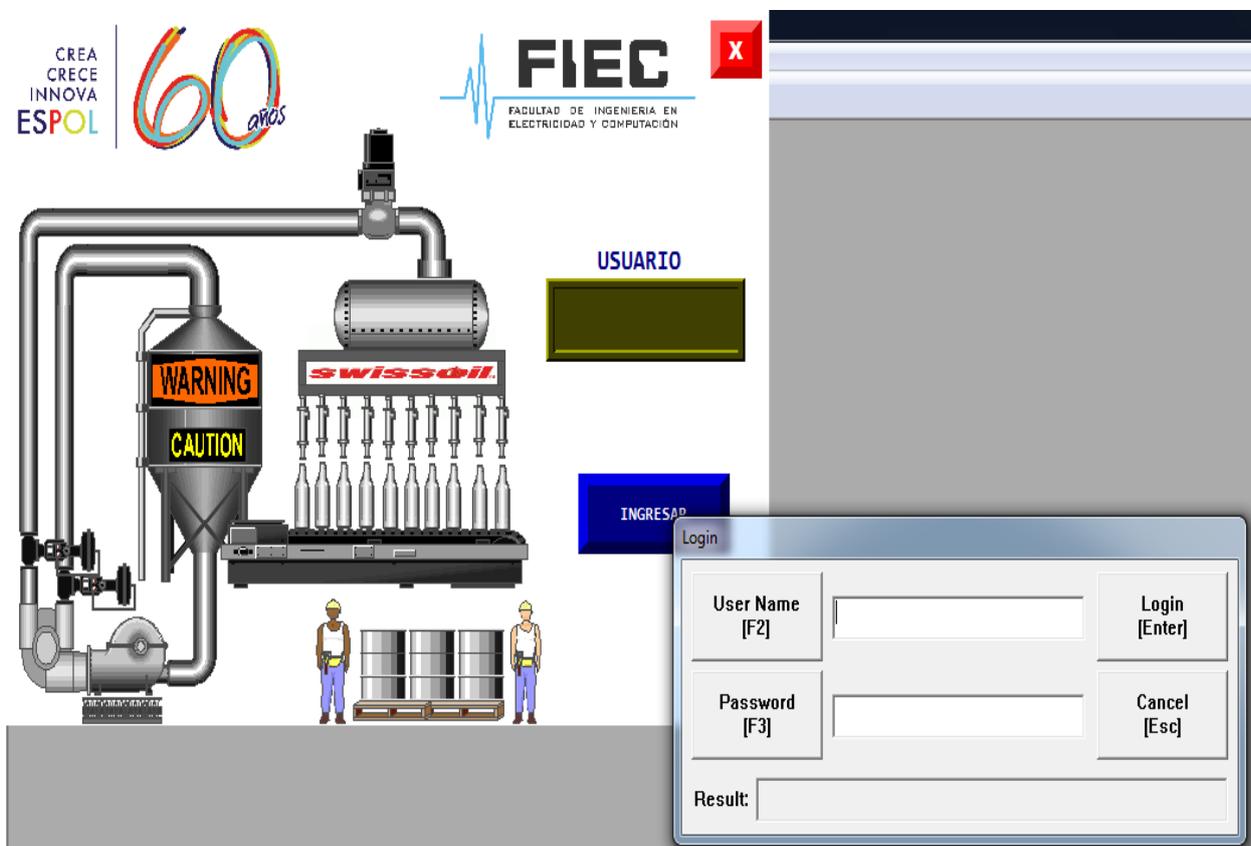


Figura 3-27. Pantalla Principal de la Aplicación Para el Panel de Operador.

Por lo que se refiere a la aplicación creada en FTV SE, se logró el control, supervisión y adquisición de los datos más relevantes de la producción. Aquellos que eran un cuello de botella como se lo conoce en teorías de producción.

En otras palabras, para cada sección que forma parte del proceso se consta con una interfaz que mejoró los resultados tanto en calidad como en cantidad de productos terminados.

El control, y supervisión de toda la línea de producción es posible incluso fuera de la empresa, basta con una conexión a internet para poder tomar decisiones de forma eficaz y eficiente. La Figura 3-30 muestra la pantalla de ingreso a la aplicación y la Figura 3-31 muestra la línea de producción completa de la empresa.



Figura 3-28. Secciones del Proceso de Producción Accesibles Para un Supervisor.



SELECCIONE EL MODO DE TRABAJO

AUTOMÁTICO

MANUAL

ATRÁS

USUARIO: stalyn

Usuario que ingresó.
El cual posee
permisos de operador.

Figura 3-29. Pantalla Post Ingreso de un Operador a la Aplicación.

FactoryTalk View Point (FTVP) es el complemento de FTV SE que proporciona una interfaz segura para las aplicaciones de gráficos, tendencias y alarmas de FactoryTalk View a través de un navegador web. Desde cualquier parte del mundo, con FTVP los dispositivos móviles del usuario tienen acceso al proceso de envasado de aditivos para combustible permitiendo de esta manera mejorar la toma de decisiones, la posibilidad de realizar cambios en la aplicación HMI, incluida la capacidad de lectura y/o escritura de algún parámetro, en tiempo real.

Por otro lado, no se requiere de software para que los clientes puedan acceder a la aplicación. Parte de las pantallas desarrolladas para la aplicación se las puede ver en el Apéndice 7.

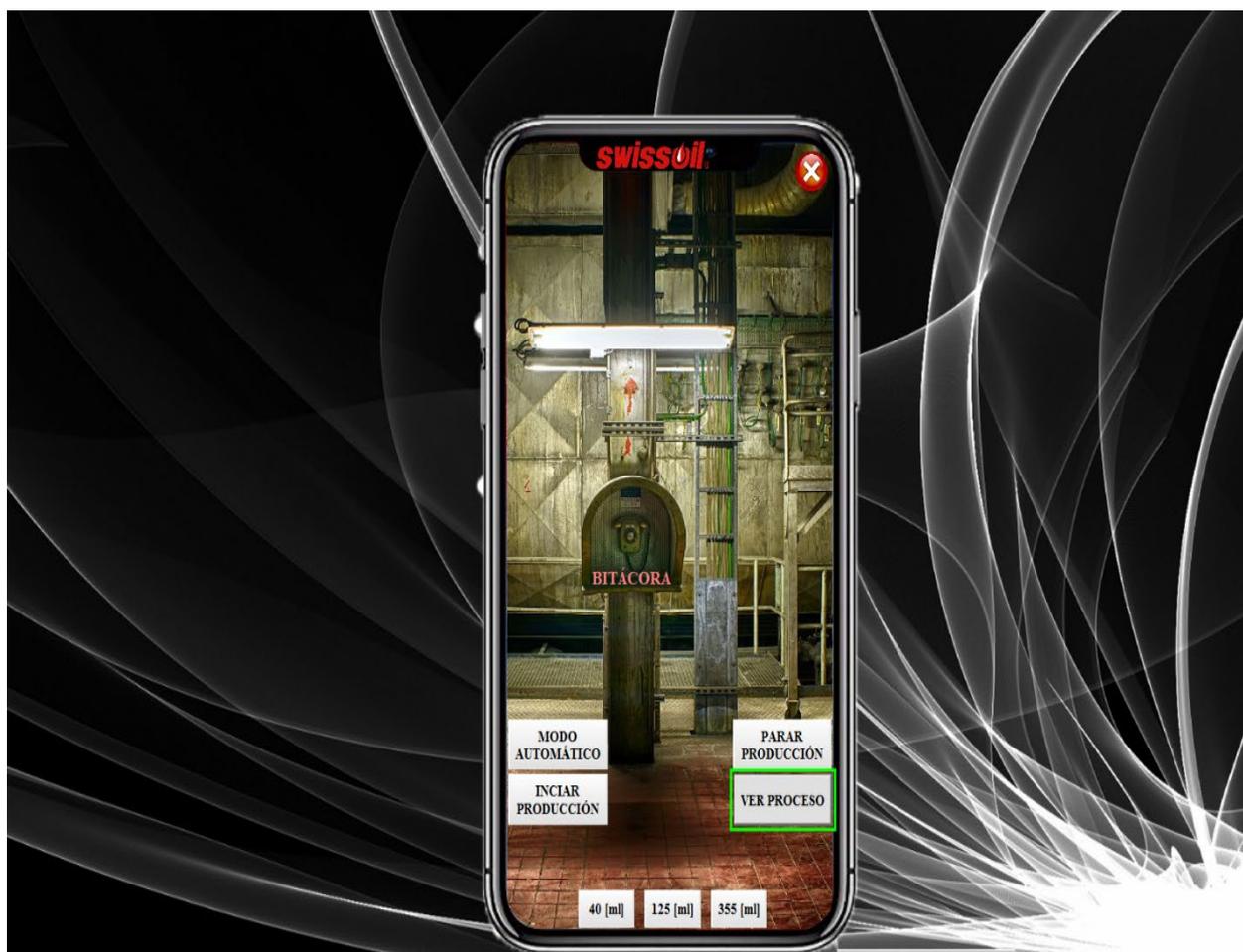


Figura 3-30. Pantalla de Acceso a la Aplicación Desarrollada en FactoryTalk View Site Edition.

3.8 Indicadores de producción.

El siguiente apartado trata sobre los indicadores de producción de la línea de aditivos para combustible. Específicamente de aquellos que se vieron involucrados directamente con la automatización y desarrollo del SCADA, tiempos de producción y horas hombre. Ambos aspectos mejoraron de forma considerable, los detalles del antes y después se pueden apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 3-1. Comparativa de los Tiempos de Producción.

Proceso	Tiempo Actual [min]	Tiempo en Función de la Automatización [min]	Operadores Actuales	Operadores en Función Automatización
Llenado (calibración)	30	2	1	1
Coronado (10 botellas)	0.210	0.110	2	0
Encajado (12 botellas)	0.210	0.012	1	0

Tabla 3-2. Horas Hombre Ganadas.

Máquina	Personas Diseño	Horas Hombre	Horas Hombre Ganadas	Personas con Automatización	Horas Hombre	Horas Hombre Ganadas	Porcentaje Ganado
Aditivo de combustible	5	320	64	3	192	192	50%

Además, la Figura 3-31 muestra un antes y después de la eficiencia general de la línea de producción por medio del OEE (OEE: Overall Equipment Effectiveness). Los resultados presentados en las tablas fueron establecidos en función del trabajo en conjunto con un estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de ESPOL. Mismo que formó parte del desarrollo de la solución a la problemática de la empresa.



Figura 3-31. Comparativa del OEE de la Línea de Producción.

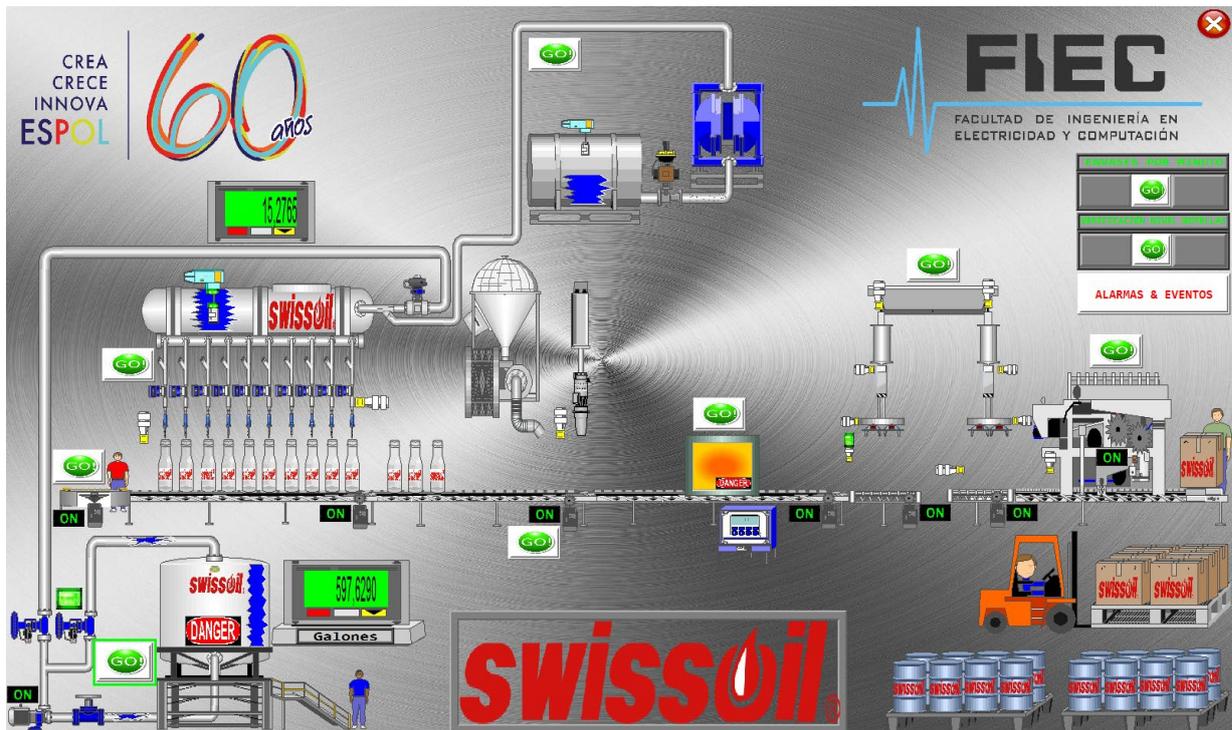


Figura 3-32. Pantalla de Supervisión y Control de la Línea Completa de Producción.

3.9 Valores a Invertir en la Solución.

Los valores detallados referentes a la inversión que se deberá realizar para implementar la solución se los puede observar la siguiente tabla.

Tabla 3-3. Cotización de los Actuadores y Sensores.

Número de ítem	Código del Producto	Descripción	Cantidad	Precio por Unidad	Precio Total
1	CM30-25NNP-EW1	Sensor de proximidad capacitivo SICK	8	142,15	1137,20
2	UP56-216156	Sensor de nivel SICK	1	848,40	848,40
3	SFAW-32T T-G12-E-PNLK PNVBA M12	Sensor de caudal FESTO	10	628,68	6286,80
4	VZXA-B-T-S7-1/2-M2-V14-T-7,5-K- 90-20-V4-EX4	Válvulas de asiento inclinado FESTO	10	222,49	2224,90
5	SME-8-FM-DS-24V-K-1,0-OE	Sensor inductivo FESTO	1	95,55	95,55
6	Q4XTULAF300-Q8	Sensor laser BANNER	1	489,00	489,00
7	Q3XTBLD100-Q8	Sensor laser BANNER	1	291,17	291,17
8	OVEM-05-H-B-QO-CE-N-2P	Generador de vacío FESTO	1	648,02	648,02
9		Soporte para ventosas	12	74,04	888,48
10		Ventosas 20 mm	12	15,47	185,64
11		Conector angular hembra M12	1	28,45	28,45
12		Bloque distribuidor G1/8 G3/8	2	65,15	130,30
13		Racor rápido roscado recto R1/8	13	2,09	27,17
14		Racor Rápido EN T P/Tubo Exterior 6mm	1	5,74	5,74
15		Tapón ciego G1/4	4	2,17	8,68
16	DSBF-C-L-32-1000-PPV A	Cilindro doble efecto FESTO	1	268,66	268,66
17	DSNU-32-500-PPV-MQ	Cilindro doble efecto FESTO	4	190,18	760,72
18	SMT-8M-A-NS-24V-E-20-OE-EX2	Sensor magnético FESTO	10	39,07	390,70
19		Regulador caudal G1/8 conexión QS-6	12	24,12	289,44
20		Válvula básica 5/2 monoestable	6	105,67	634,02
21		Válvula básica 5/3	1	158,20	158,20
22		Bobina para válvula básica 24V DC	7	35,44	248,08
23		Conector acodado tipo zócalo 3 contactos	7	3,62	25,34
24		Placa alimentación G3/8	1	79,25	79,25
25		Retenedor para electroválvulas 5/2	6	12,16	72,96
26		Racor rápido roscado recto R1/4 P/Tubo Exterior 6mm	15	2,48	37,20
27		Tapón ciego G3/8	3	3,06	9,18
28		Racor rápido roscado recto R3/8 P/Tubo Exterior 6mm	1	3,96	3,96
29		Tapón ciego casquillo enchufable QS-6	1	1,86	1,86
30		Racor rápido roscado tamaño mini recto M5 P/Tubo Exterior 6mm	1	3,93	3,93
31		Silenciador de bronce G3/8	2	9,03	18,06
32	DGC-K-32-1000-PPV-A-GK-D2-FK	Actuador lineal FESTO	1	671,31	671,31

33	DNCI-32-1000-P-A-100K8-KP-MI	Cilindro doble efecto con sistema de medición de recorrido FESTO	1	846,67	846,67
34		Unidad de filtro y regulador G1/4 40UM	1	87,71	87,71
35		Filtro de aire T/Mini G1/4	1	42,17	42,17
36		Cartucho de filtro T/Mini 5M	1	9,03	9,03
37		Filtro submicrónico T/Mini G1/8	1	89,15	89,15
38		Empalme doble ajustable R1/4 R1/4	1	9,31	9,31
39		Tubo poliuretano azul translucido diámetro exterior 6MM	50	1,41	70,50
40	22F-A2P5N103	Variador de frecuencia PowerFlex 4M Rockwell Automation	3	196,00	588,00
41	VM7006A	Motor 1/2 HP BALDOR	1	936,00	936,00
42	VM7013	Motor 1HP BALDOR	1	927,00	927,00
43		Máquina coronadora de SEOR S.A.	1	24000,00	24000,00
44	1783-BMS06TA	Stratix 5700 6 Port Managed Switch	1	1120,00	1120,00
45	2080-IQ4OV4	Módulo 4Inputs/4Ouputs digitales	1	83,42	83,42
46	2080-IF4	Módulo 4Inputs analógicas	1	174,00	174,00
47	2711P-T10C4A9	Panel View Plus 1000	1	4380,00	4380,00
48	2080-OF2	Módulo 4Outputs analógicas	1	104,00	104,00
49	DGRF-C	Cilindro neumático con guía FESTO	1	120,16	120,16
				TOTAL	50555,49

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones.

4.1 Conclusiones.

- I. La interfaz gráfica desarrollada, por medio de la cual se deseaba controlar, supervisar y adquirir datos funcionó de forma satisfactoria. Gracias a ella la empresa podrá saber el origen de un fallo, generación de un evento, tener un histórico de todo lo ocurrido en una fecha de producción específica. Hay que mencionar además que, el contar con usuarios que poseen permisos a ciertos aspectos de la producción reducirá los errores, en vista de que solo el personal capacitado accederá a las mismas. En definitiva, un ahorro tanto en tiempo como dinero.
- II. El dimensionamiento y selección de los sensores y actuadores fueron la base sobre la cual se diseñó y creó la solución a la problemática de la empresa. Todo esto en un marco de viabilidad económica y una constante retroalimentación por parte de quienes estaban al frente de la producción de aditivos. Se debe agregar que, todos los equipos seleccionados no presentan ningún riesgo a la integridad tanto de la empresa y más importante aún a la vida humana. En otras palabras, son destinados para su empleo en atmosferas explosivas. En definitiva y en función de los resultados obtenidos una inversión de \$ 50.555,49 representa mejoras y ventajas competitivas nada despreciables. Dicha inversión sólo está en función de los equipos y no se ha considerado el valor de la mano de obra para llevar a cabo la instalación.
- III. Por lo que se refiere a la puesta a punto de la producción con el sistema SCADA, solución propuesta y elaborada, la calibración de las boquillas dosificadoras, la ubicación en cierto punto de las botellas abastecidas para que la programación temporal previa a la solución funcione y demás aspectos de set de la línea de aditivos, ya no será una pérdida de tiempo, mismo que en promedio es de 30 minutos. En contraste con ello, con el SCADA en funcionamiento bastan 2 minutos

para poner a punto la producción e iniciarla. Como resultado una vez más, ahorro significativo de tiempo y dinero.

- IV. En cuanto a los cuellos de botella detectados en la producción de aditivos para combustible. Aquellos generaban un tiempo de inactividad exagerado, una velocidad de producción regida a los procesos manuales dentro de la línea, y una gran cantidad de unidades, botellas, que presentaban errores. Se puede concluir que, con el SCADA mismo que tiene como base la automatización. El OEE que es un indicador de productividad mejoró, del 36,43 % paso a valor igual a 65,66 %. Es decir, aquellos aspectos nocivos para la producción disminuyeron, alcanzando con la solución un indicador con un incremento del 29,23 %.

4.2 Recomendaciones.

- I. La máquina de la línea de aditivos actualmente posee 10 boquillas dispensadoras en el área de llenado, sin embargo, cuando los procesos que son manuales sean totalmente sustituidos por sistemas autónomos habrá una disminución de tiempo en la producción, pero el área de llenado se convertirá en el nuevo cuello de botella ya que la caja contiene 12 envases del producto final y solamente se están llenando 10 de ellos, ya que ese es el número de boquillas con el que cuentan. Esto hará que el sistema de encajado espere por dos envases más, hasta poder formar la matriz de 2x6 y así trasladarla hacia la caja, para una provechosa producción es recomendable realizar la expansión del área de llenado aumentando dos boquillas dosificadoras a las ya existentes, todo esto en función de las consideraciones técnicas expresadas en este documento.
- II. Entre el área de llenado y la máquina coronadora existe un sistema de verificación de nivel de los envases, considerado y que se detalló en el Apéndice 3, este proceso no fue colocado en la línea principal del sistema SCADA, a manera de detalles visuales ya que es un proceso que no es prioritario para la empresa, más aún cuando por medio de las prestaciones brindadas por los sensores de caudal se puede detectar problemas de dosificación. Sin embargo, las pantallas de supervisión y control están inmersas en el sistema SCADA para poder monitorear a los envases que no cumplan con la tolerancia de llenado establecida. Con todo lo anterior, se recomienda que si se desea una total verificación del nivel de producto dentro de las botellas este sistema debería ser colocado inmediatamente después de la sección de llenado de botellas.
- III. El cilindro neumático que será acoplado en la máquina encintadora debe de ir a una altura adecuada de tal manera que al momento que éste actúa pueda hacer que la estructura fijada al final del vástago cierre las gualetas pequeñas de las cajas, es decir que al primer movimiento, el avance del vástago del cilindro, se cierre la pestaña del frente y al segundo movimiento, el retroceso del vástago se cierre la pestaña trasera, para cerrar las pestañas de los costados se recomienda colocar unos rieles o guías de acero inoxidable liso

para que las pestañas de la caja puedan cerrarse suavemente sin tener inconvenientes conforme esta avanza dentro de la maquina encintadora. Ver el video del Grupo DAQ en el minuto 2:56 [34].

- IV. El diseño recomendado para la máquina coronadora deberá integrar dos bandas transportadoras, la velocidad de dicha bandas se la variará con un VFD una que será por donde los envases ingresarán hacia un tambor rotatorio que las sujetará por medio de una estrella e nylon y mientras hace un giro de 180° la tapa será colocada en la corona del envase, luego una tapadora neumática se encargará de roscarla, el motor para el contenedor rotatorio de las tapas está conectado por medio de engranajes a las bandas transportadoras. Un diseño de la máquina coronadora se encuentra en línea desarrollado en el software de SolidWorks y diseñado por Carlos Alberto García [35].

APÉNDICES

Apéndice 1: Unidad de Entrada/Salida de un PLC.

Las unidades o módulos de entradas/salidas proveen una interfaz de información bidireccional entre el sistema del PLC y el mundo exterior. Lo que a su vez permite al PLC interactuar con el entorno físico, el proceso, en pocas palabras con las variables a gestionar o controlar. La recepción de dicha información la realiza a través de sensores, gracias, y entonces a ellos el PLC puede actuar en consecuencia. La CPU tiene asignada una única dirección de memoria para cada entrada/salida de lectura escritura. Además, los módulos de entradas/salidas proveen de bloques de aislamiento y de acondicionamiento de señal, es por ello que los sensores y actuadores pueden ser conectados directamente al PLC sin la necesidad de algún circuito adicional.

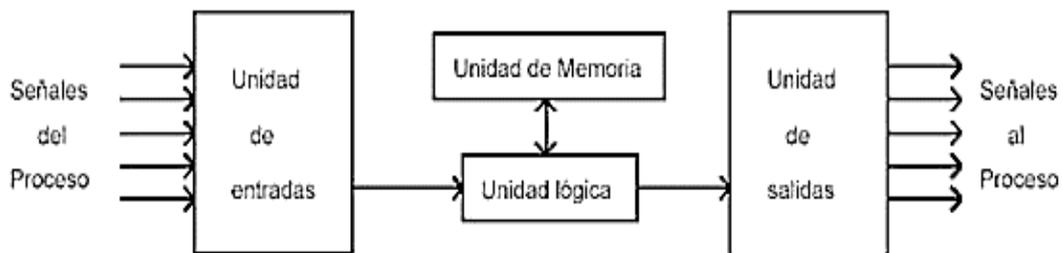


Figura A1-1. Principios Básicos del PLC. Módulos de Entradas Salidas de un PLC Modular [36].

Es necesario recalcar también que, los módulos generalmente están aislados del mundo externo por medios ópticos, por ejemplo, optoacopladores. En la Figura A1-1 [36], se puede observar las partes constitutivas de un PLC modular.

A1.1 Módulos de Entradas del PLC.

Las señales de entrada al PLC por lo general toman dos valores, alto y bajo, las señales digitales que tienen que ser compatibles con el microprocesador deben tener un nivel de 5 voltios DC. Esto no quiere decir que, el canal de entrada no permita una amplia gama de señales de entrada en valores DC para ser suministradas al PLC, ya que si lo permite (Ver Figura A1-2).

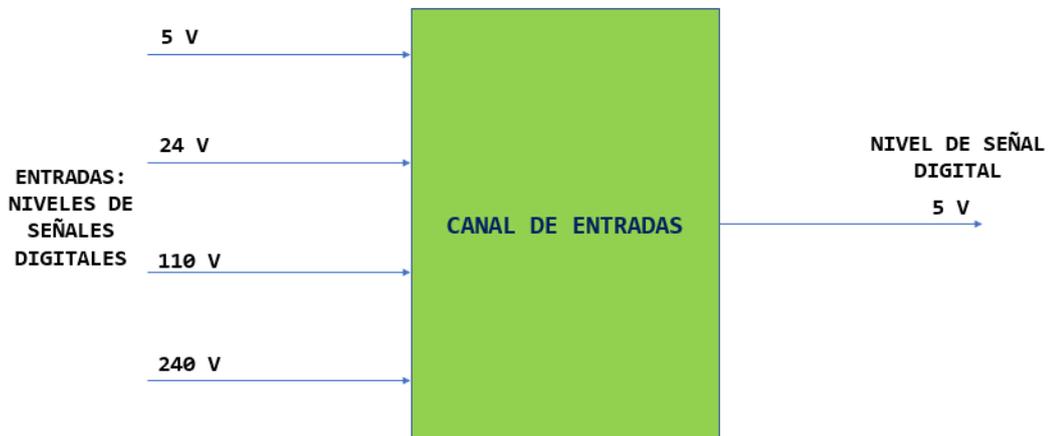


Figura A1-2. Ejemplificación del Canal de Entradas del PLC y los Niveles de Voltaje que Puede Manejar.

Hay que mencionar, además que, la manera en que los dispositivos de voltaje DC se conectan al PLC lo determinan los conceptos de fuente o sumidero (Sourcing and Sinking).

La fuente utiliza la dirección del flujo de corriente de forma convencional, esto es, de positivo a negativo, bajo este principio el módulo de entrada del PLC suministra corriente al dispositivo, en pocas palabras dicho módulo se comporta como fuente (Ver Figura A1-3). A su vez, si el comportamiento estuviese regido bajo los conceptos de sumidero el dispositivo de entrada suministraría de corriente al módulo de entradas del PLC, utilizando de igual manera una dirección del flujo de corriente convencional (Ver Figura A1-4).

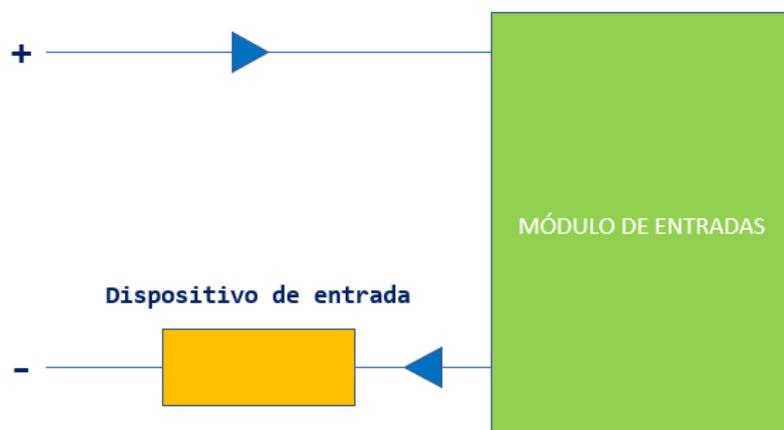


Figura A1-3. Dispositivo de Entrada Trabajando Bajo el Concepto de Fuente.

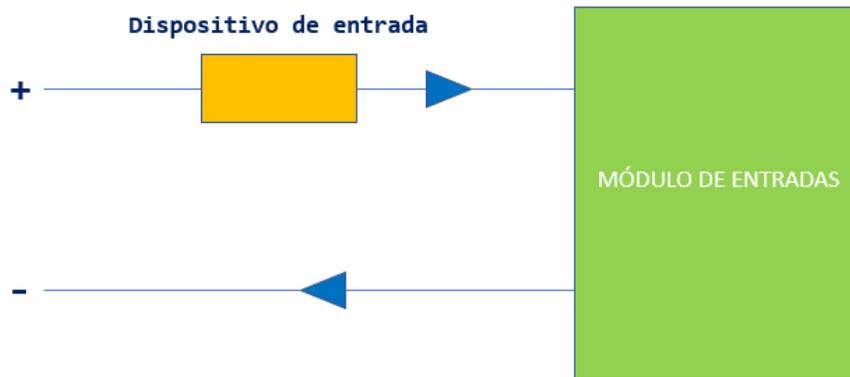


Figura A1-4. Dispositivo de Entrada Trabajando Bajo el Concepto de Sumidero.

A1.2 Módulos de Salidas del PLC.

Las señales de salida del PLC pueden tomar dos valores, alto y bajo. La señal generada y obtenida a la salida del microprocesador tiene un valor de 5 voltios DC (Ver Figura A1-5). De la misma manera, las señales que se obtienen a la salida del bloque de acondicionamiento son de diferentes niveles ya que, dicho acondicionamiento puede ser de diferentes maneras, con transistores, relés, TRIACs (del inglés Triode for Alternating Current).



Figura A1-5. Ejemplificación del Módulo de Salidas del PLC y los Niveles de Voltaje que Puede Entregar.

Así mismo, hay que detallar hasta cierto punto las diferentes maneras de acondicionamiento.

A1.2.1 Acondicionamiento utilizando relés.

En este tipo de acondicionamiento la señal de salida es utilizada para conmutar relés y por medio de ello gestionar la circulación de la corriente AC o DC, de mayor amplitud por un circuito externo al PLC. Además, aíslan el circuito externo del PLC.

A.1.2.2 Acondicionamiento utilizando transistores.

Como su nombre lo indica se utiliza transistores para amplificar la corriente que circulará por el circuito externo (carga). El uso de un acondicionamiento por medio de transistores permite una conmutación rápida respecto al tipo relé, con la limitante que es aplicable sólo a sistemas DC, que puede destruirse por altas corrientes y sobretensión inversa elevada. Es por ello que como protecciones se emplean fusibles, protecciones electrónicas incorporadas, o algún medio óptico de aislamiento, por ejemplo, optoacopladores.

A.1.2.3 Acondicionamiento utilizando TRIACs.

Esta forma de acondicionamiento utiliza aislamiento eléctrico óptico y es utilizado para controlar cargas externas que se conecten a una fuente de alimentación AC. Los módulos de salidas que trabajan en función de este principio pueden destruirse con mucha facilidad a causa de sobrecorrientes por dicha razón emplean fusibles para su protección.

Las unidades de salidas o módulos de salidas también se rigen en función de cómo se conectan los dispositivos de salida al PLC. Así de manera similar a los módulos de entradas, los conceptos de fuentes y sumidero son aplicables.

Apéndice 2: Sistema SCADA.

Referente a lo ya expuesto en la sección: 1.4.6 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos. Donde se expresó la importancia del matrimonio hardware-software en un sistema SCADA.

Los anteriores conceptos se esclarecerán en lo que sigue. Los sistemas SCADA consisten en hardware y software. El hardware típico incluye una MTU colocada en un centro de control, equipo de comunicaciones (por ejemplo, radio, línea telefónica, cable o satélite) y uno o más sitios de campo distribuidos geográficamente que consisten en una RTU o un PLC, que controla los actuadores y / o monitores sensores. La MTU almacena y procesa la información de las entradas y salidas de la RTU, mientras que la RTU o el PLC controlan el proceso local. El hardware de comunicaciones permite la transferencia de información y datos entre la MTU y las RTU o PLC. El software está programado para indicar al sistema qué y cuándo debe monitorearse, qué rangos de parámetros son aceptables y qué respuesta se debe iniciar cuando los parámetros salen de valores aceptables. Un IED, como un relé de protección, puede comunicarse directamente con la estación maestra SCADA, o una RTU local puede sondear los IED para recopilar los datos y pasarlos a la estación maestra SCADA. Los IED proporcionan una interfaz directa para controlar y monitorear equipos y sensores. Los IED pueden ser interrogados y controlados directamente por la estación maestra SCADA y, en la mayoría de los casos, tienen una programación local que permite que el IED actúe sin instrucciones directas del centro de control de SCADA. [10, p. 5].

Apéndice 3: Sección de Verificación del Nivel Dentro de Botellas.

Esta sección se la describe en este apartado ya que, no está dentro de los planes más a priori de implementación por parte de SWISSOIL S.A.

No obstante, se realizaron los dimensionamientos y cotizaciones de los equipos que deberán formar parte de la misma. De igual manera se la consideró en el SCADA ósea forma parte de la solución entregada.

Los equipos que intervienen en ella son:

- Cilindro neumático con guía FESTO, con código: DGRF-C [37].
- Sensor laser BANNER, con código: Q4XTULAF300-Q8 [38].
- Sensor laser BANNER, con código: Q3XTBLD100-Q8 [39].

La Figura A3-1 [37], A3-2 [38] y A3-3 [39], muestran los equipos mencionados respectivamente. El objetivo principal de esta sección dentro de la línea de producción es poder controlar y corroborar si la dosificación de producto realizada previamente está dentro de la tolerancia manejada por la empresa. Si no, la botella se despachara fuera de la banda transportadora de la sección de llenado con el cilindro neumático DGRF-C.

Mientras que el nivel dentro de las botellas y la señal de disparo que identifica a la botella son detectados por los sensores Q4XTULAF300-Q8 y Q3XTBLD100-Q8, respectivamente. Los precios de los equipos están considerados en la cotización expuesta en la Tabla 3-3.

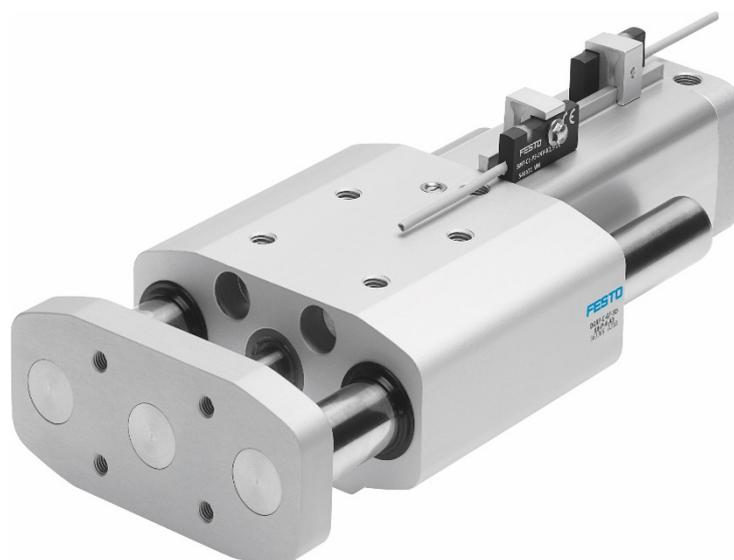


Figura A3-1. Cilindro Neumático con Guías [37].

Por lo que se refiere a la pantalla de control y supervisión creada para esta sección de la línea de producción, es la que se puede observar en la Figura A3-4. Desde allí se puede saber la cantidad de botellas con nivel inadecuado de producto y si este número es mayor igual 3 la producción se detendrá hasta que se solucione dicho problema.



Figura A3-2. Sensor de Distancia Láser [38].



Figura A3-3. Sensor de Contraste Láser [39].



Figura A3-4. Pantalla de Control y Supervisión del Nivel de Llenado de Botellas.

Apéndice 4: Imágenes de los Módulos de Expansión Requeridos Para el PLC Micro850.

Módulo de Entradas/Salidas Digitales [40].



Fuente: [40]

Módulo de Entradas Analógicas [41].



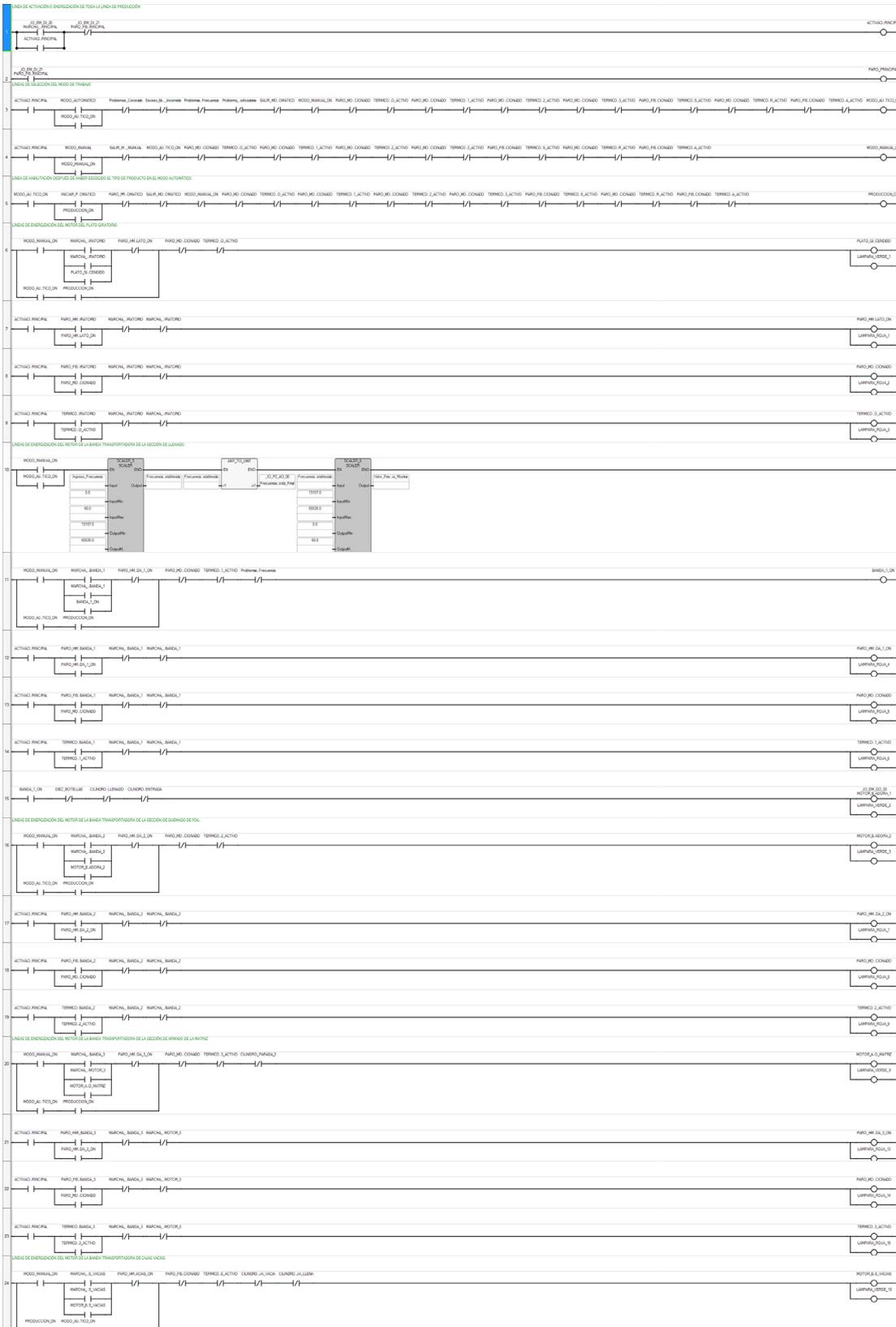
Fuente: [41].

Módulo de Salidas Analógicas [42].

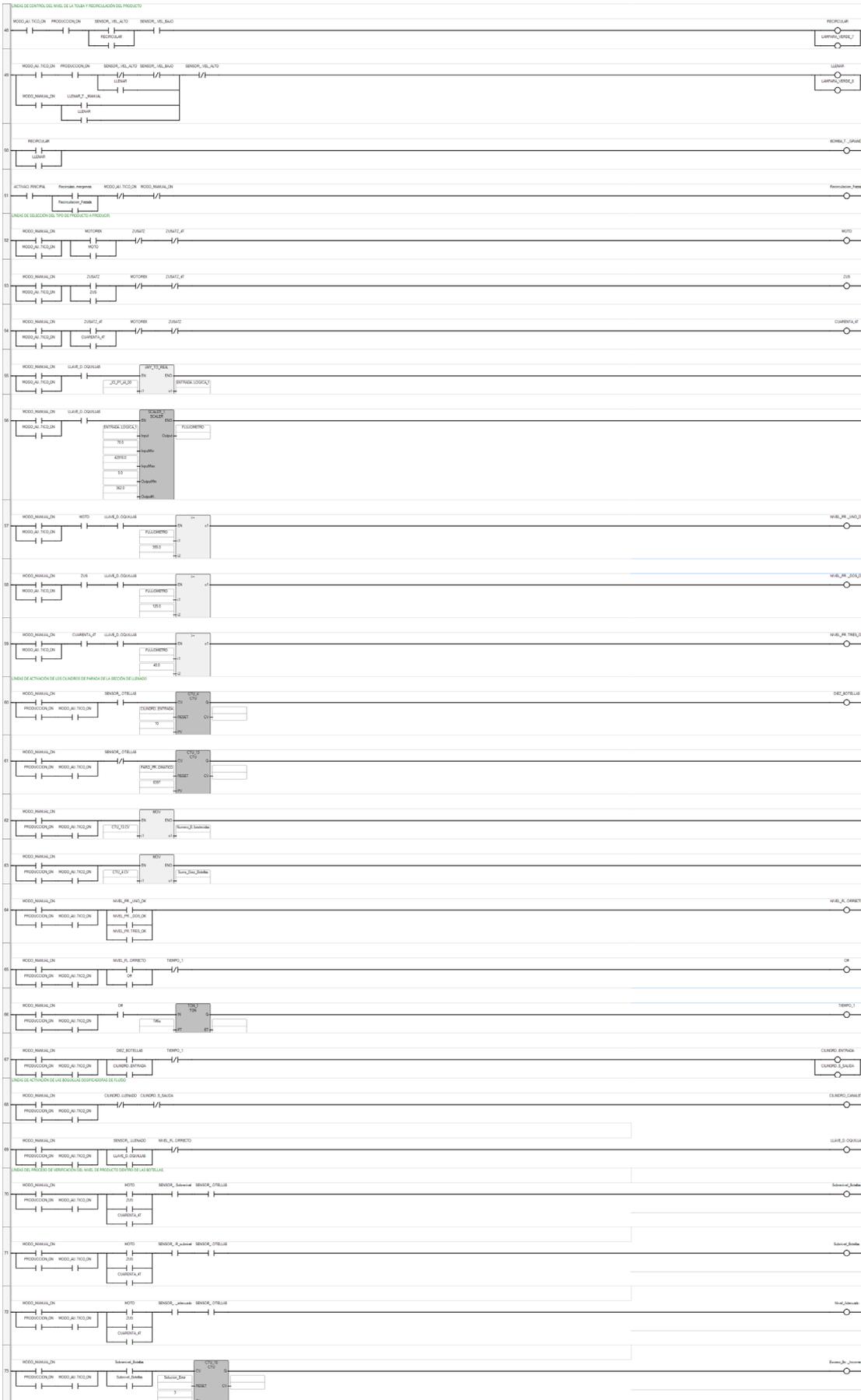


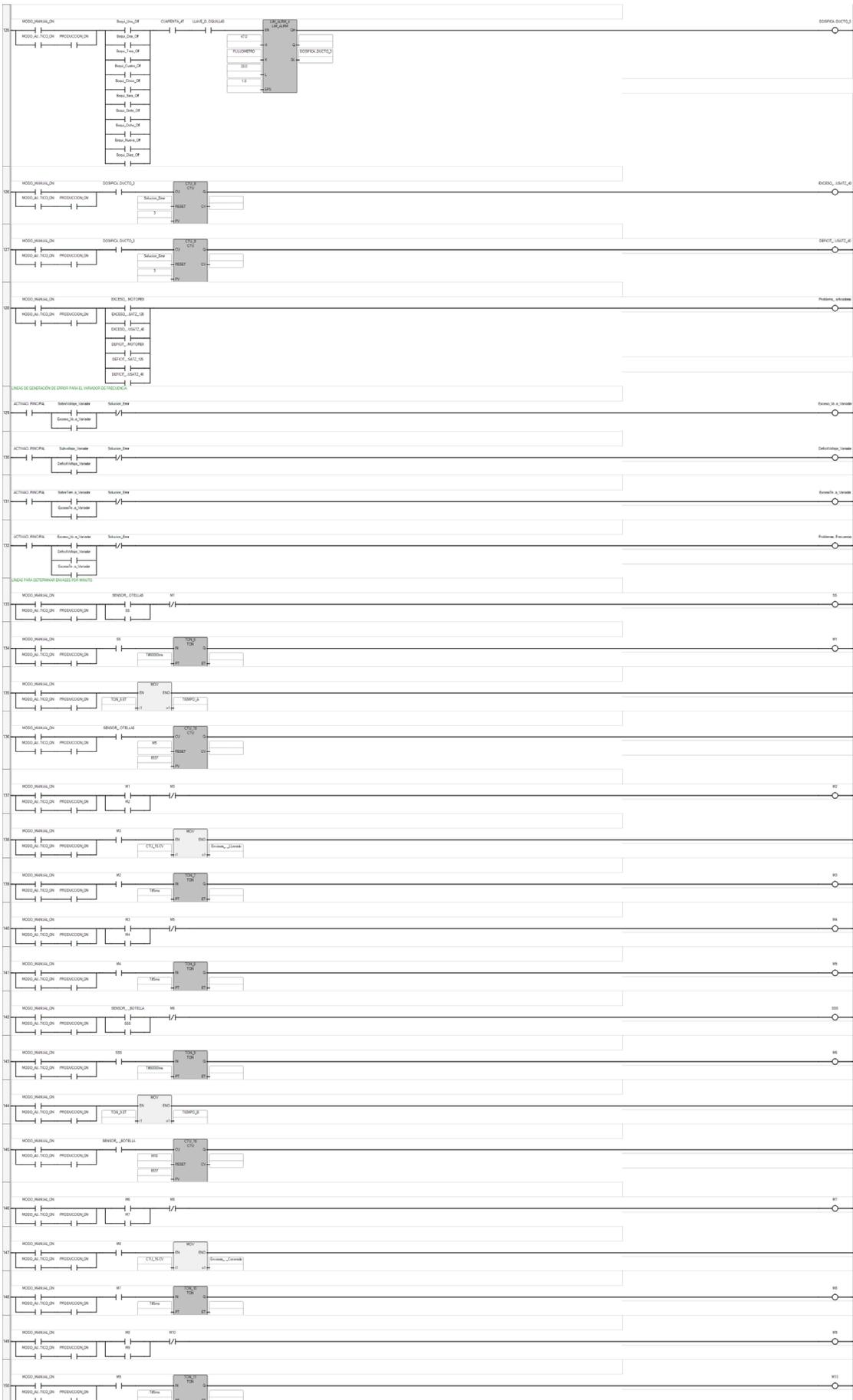
Fuente: [42].

Apéndice 5: Programación en Lenguaje Ladder Desarrollada en CCW versión 11.









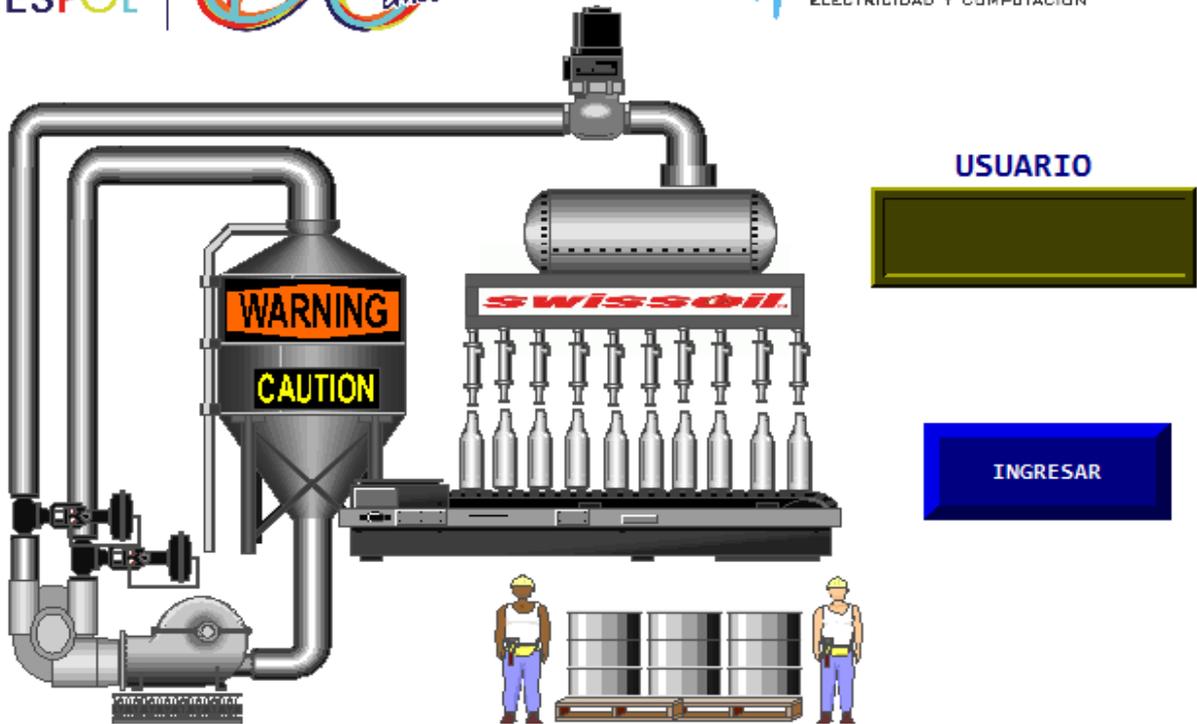


Apéndice 6: Imágenes de las Pantallas de la Aplicación Desarrolladas Para el Panel de Operario.

CREA
CRECE
INNOVA
ESPOL



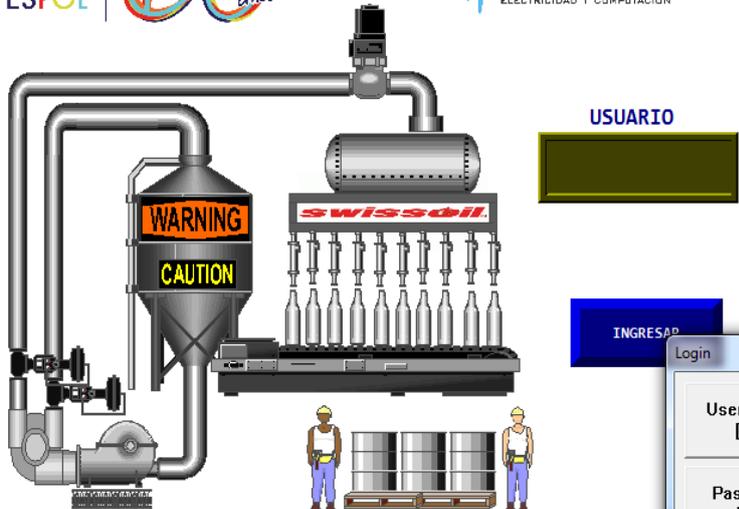
FIEC
FACULTAD DE INGENIERIA EN
ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN



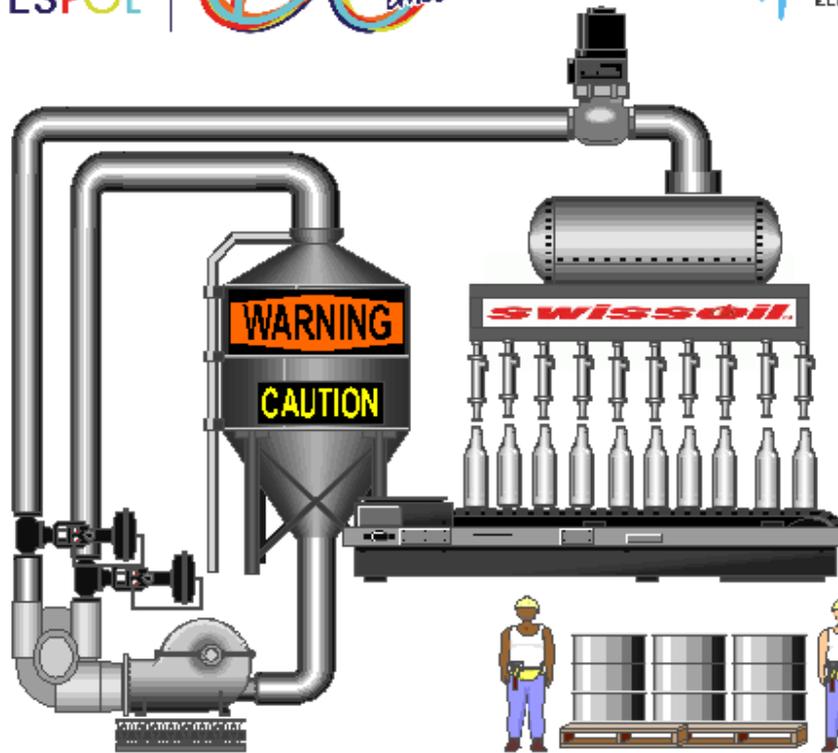
CREA
CRECE
INNOVA
ESPOL



FIEC
FACULTAD DE INGENIERIA EN
ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN



Login		
User Name [F2]	<input type="text"/>	Login [Enter]
Password [F3]	<input type="password"/>	Cancel [Esc]
Result: <input type="text"/>		



USUARIO

valencia

CERRAR SESIÓN

SIGUIENTE

swissoil®

SUPERVISOR

ALARMAS

DIAGNÓSTICO

IR A PROCESO

ATRÁS

USUARIO: valencia



SELECCIONE EL MODO DE TRABAJO

AUTOMÁTICO

MANUAL

ATRÁS

USUARIO: valencia



SELECCIONE EL MODO DE TRABAJO

AUTOMÁTICO

MANUAL



SALIR DEL MODO
AUTOMÁTICO

ATRÁS

USUARIO: valencia

SIGUIENTE



SELECCIONE EL MODO DE TRABAJO

AUTOMÁTICO

MANUAL



SALIR DEL MODO
MANUAL

ATRÁS

USUARIO: valencia

SIGUIENTE



MODO AUTOMÁTICO

SELECCIÓN DEL TIPO DE PRODUCTO

40 ml

125 ml

355 ml



INICIAR
PRODUCCIÓN

SALIR DEL MODO
AUTOMÁTICO

ATRÁS

USUARIO: valencia

SIGUIENTE



MODO AUTOMÁTICO

SELECCIÓN DEL TIPO DE PRODUCTO

40 ml

125 ml

355 ml



INICIAR
PRODUCCIÓN

SALIR DEL MODO
AUTOMÁTICO

ATRÁS

USUARIO: valencia

SIGUIENTE



MODO AUTOMÁTICO

SELECCIÓN DEL TIPO DE PRODUCTO

40 ml

125 ml

355 ml



INICIAR
PRODUCCIÓN

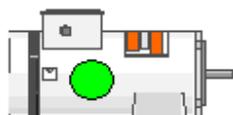
SALIR DEL MODO
AUTOMÁTICO

ATRÁS

USUARIO: valencia

SIGUIENTE

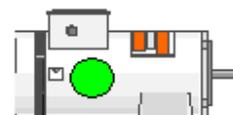
swissoil®



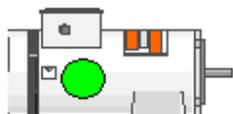
PLATO GIRATORIO



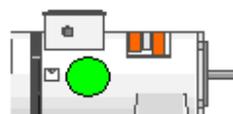
BANDA TRANSPORTADORA
LLENADO



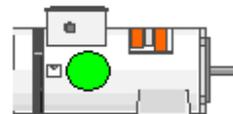
MÁQUINA CORONADORA



BANDA TRANSPORTADORA
SELLADO Y ETIQUETADO



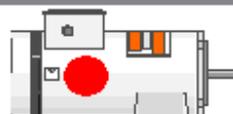
BANDA TRANSPORTADORA
ARMADO MATRIZ



BANDA TRANSPORTADORA
CAJA VACÍA



MÁQUINA ENCINTADORA



BOMBA RECUPERACIÓN

Cambiar Velocidad
Motor Llenado

PARAR
PRODUCCIÓN

ATRÁS

USUARIO: valencia

SALIR DEL MODO
AUTOMÁTICO

Apéndice 7: Pantallas de la Aplicación Desarrolladas en FactoryTalk View SE.

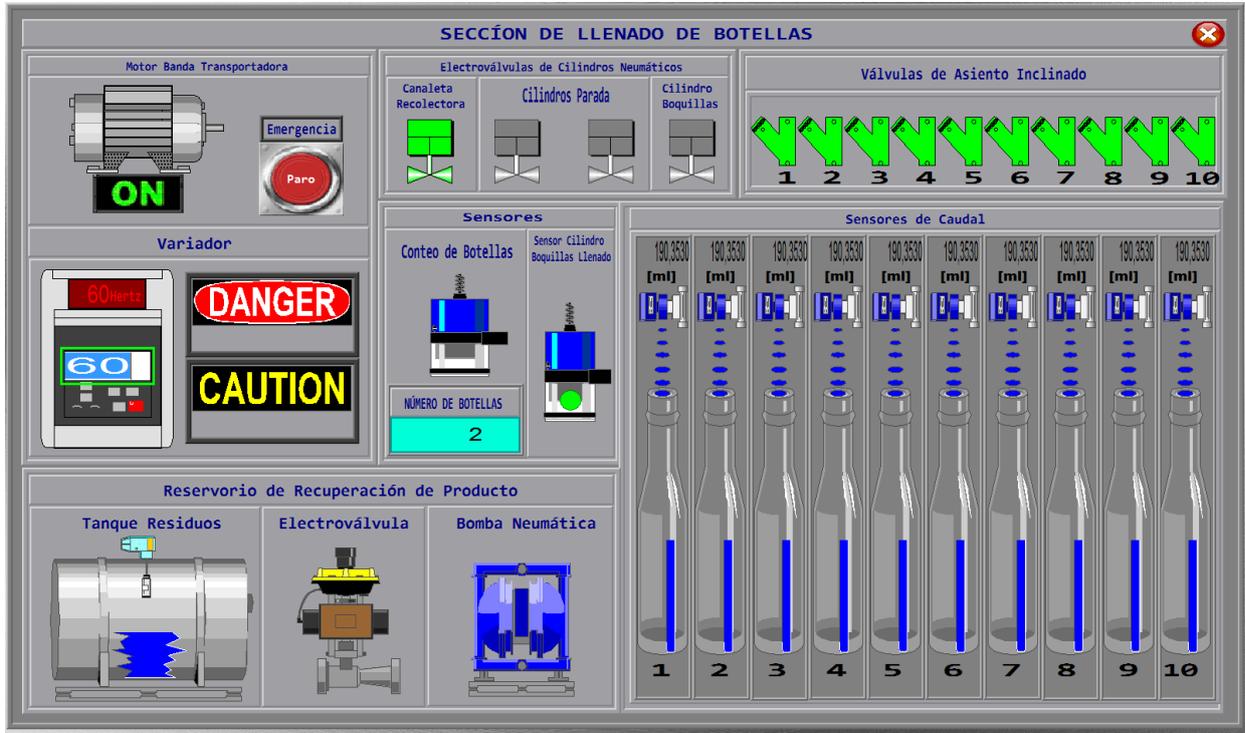


Figura A7-1. Interfaz Grafica de Control y Supervisión de la Sección de Llenado de Botellas.

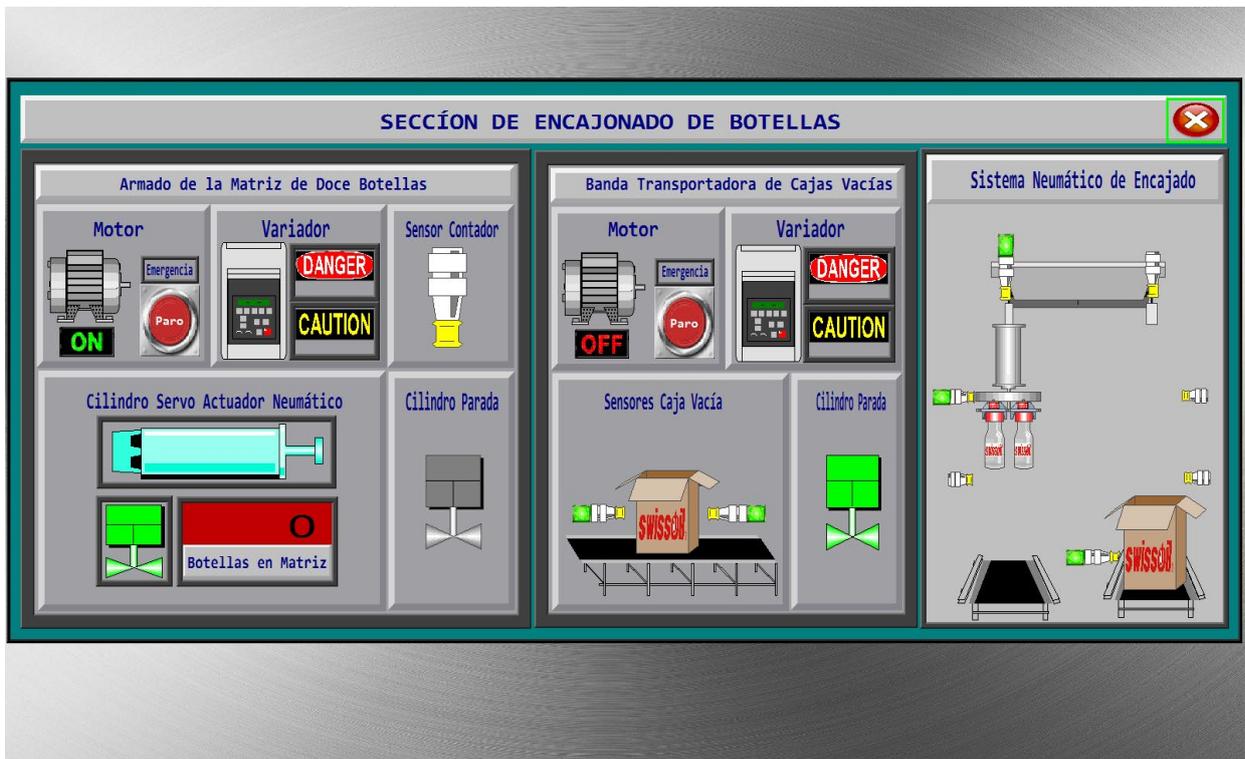


Figura A7-2. Interfaz grafica de Control y Supervisión de la Sección de Encajado de Botellas.

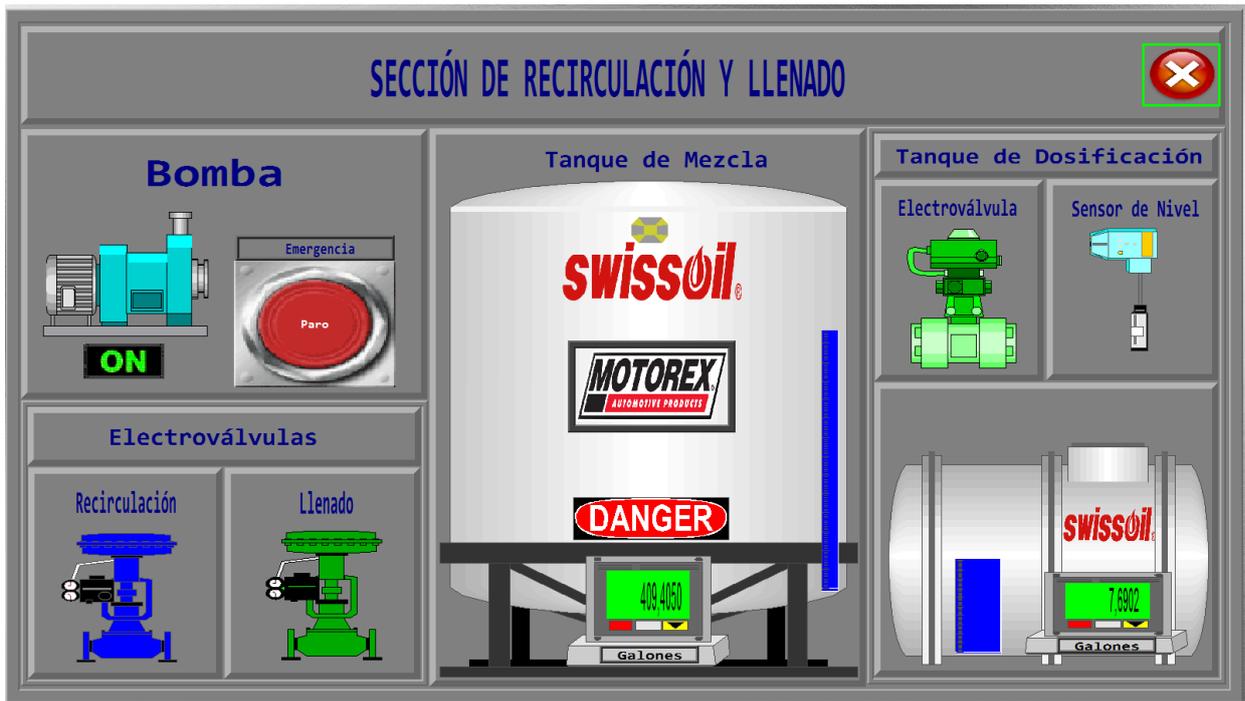


Figura A7-3. Interfaz Gráfica de Control y Supervisión de la Sección de Recirculación de Producto y Llenado del Tanque Dosificador.

REFERENCIAS

- [1] J. L. H. NARANJO, «Fuel-saving additive», WO2009051462A1, 23-abr-2009.
- [2] «Motorex Octane Booster – CONAUTO», *www.conauto.com.ec*. [En línea]. Disponible en: <http://www.conauto.com.ec/index.php/motorex-octane-booster-2/>. [Accedido: 11-feb-2019].
- [3] F. Ebel, S. Idler, G. Prede, y D. Scholz, *Fundamentos de la técnica de automatización*. Denckendorf, Alemania: Reinhard Pittschellis, 2007.
- [4] «Automatización Industrial», *Página web de ing-orlandophilco*. [En línea]. Disponible en: <http://ing-orlandophilco.jimdo.com/automatización-industrial/>. [Accedido: 11-feb-2019].
- [5] P. A. Daneri, *PLC, Automatización y Control Industrial*, 1a ed. Buenos Aires, Argentina: Hispano Americana S.A., 2008.
- [6] «Siemens S7 200 CPU 224xp Manual Pdf», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://abihuynh.com/quebec/siemens-s7-200-cpu-224xp-manual-pdf.php#>. [Accedido: 11-feb-2019].
- [7] C. Pérez, «Controladores Lógicos Programables (PLCs)», p. 21.
- [8] «Simatic Controladores Lógicos Programables Siemens, Pantalla Táctil De Automatización - El panel HMI». [En línea]. Disponible en: <https://www.freepng.es/png-hctorz/>. [Accedido: 10-feb-2019].
- [9] «Sensores conectados y redes de automatización industrial - Productos electrónicos.» [En línea]. Disponible en: https://www.electronicproducts.com/digital_ics/communications_interface/connecte_d_sensors_and_industrial_automation_networks.aspx?utm_source=electronicproducts&utm_medium=relatedcontent. [Accedido: 11-feb-2019].
- [10] K. Stouffer, V. Pillitteri, S. Lightman, M. Abrams, y A. Hahn, «Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security [Guía de Seguridad de Sistemas de Control Industrial (ICS)]», National Institute of Standards and Technology, NIST SP 800-82r2, jun. 2015.
- [11] «EUR-Lex - 31994L0009 - ES», *Diario Oficial n° L 100 de 19/04/1994 p. 0001 - 0029; Edición especial en finés: Capítulo 13 Tomo 26 p. 0003; Edición especial sueca: Capítulo 13 Tomo 26 p. 0003;*, 23-mar-1994. [En línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994L0009:ES:HTML>. [Accedido: 12-feb-2019].
- [12] «VZXA_ES.pdf». .
- [13] «Schraegsitzventile-VZXA_20820u_7_710px.jpg (710×958)». [En línea]. Disponible en: https://www.festo.com/rep/es_es/assets/Schraegsitzventile-VZXA_20820u_7_710px.jpg. [Accedido: 12-feb-2019].
- [14] «IO-Link establece el nuevo estándar de comunicaciones - Tecnología de automatización - Siemens», 12-feb-2019. [En línea]. Disponible en: <http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/industrial-communications/io-link/communication-standard/pages/default.aspx>. [Accedido: 12-feb-2019].
- [15] «SFAW_ES.pdf». .
- [16] «Sensores de caudal SFAW». [En línea]. Disponible en: https://www.festo.com/cat/es_es/search?query=SFAW-PNLK-M12. [Accedido: 12-feb-2019].
- [17] «CM30-25NNP-EW1 | Sensores de proximidad | SICK», 12-feb-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-proximidad/sensores-de->

proximidad-capacitivos/cm/cm30-25nnp-ew1/p/p411260?ff_data=JmZmX2IkPXA0MTEyNjAmZmZfbWFzZdGVySWQ9cDQxMTI2MCZmZI90aXRzZT1DTTMwLT11Tk5QLUVXMSZmZI9xdWVyeT1DTTMwLT11Tk5QLUVXMSAmZmZfcG9zPTEmZmZfb3JpZ1Bvcz0xJmZmX3BhZ2U9MSZmZI9wYWdlU2I6ZT0yNCZmZI9vcmlnUGFnZVNpemU9MjQmZmZfc2ItaT05My4w.

[Accedido: 12-feb-2019].

[18] «SIEX_ES.pdf». .

[19] «Sensor de proximidad SIEN-M30NB-PS-K-L». [En línea]. Disponible en: https://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx. [Accedido: 12-feb-2019].

[20] «Coronadora Automática con Alimentador», *Maquinaria Industrial de ASTIMEC*. .

[21] «BR454.pdf». .

[22] «VM7013». [En línea]. Disponible en: <https://www.baldor.com/catalog/VM7013>. [Accedido: 14-feb-2019].

[23] «VM7006A». [En línea]. Disponible en: <https://www.baldor.com/catalog/VM7006A>. [Accedido: 14-feb-2019].

[24] «PowerFlex 4M». .

[25] «Cilindros redondos DSNU/ESNU». .

[26] «Cilindros normalizados DSBF-C». .

[27] «DSBF-C-32-1000- - -PPV A», 14-feb-2019. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/search?q=DSBF-C-32-1000-+-+PPV+A+festo&biw=1366&bih=657&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=Effw3wO84R4CiM%253A%252CYf5DZS2n66rllM%252C_&usg=AI4_-kQl6lrRQ6o8H7MF5C13ff5SKcRDig&sa=X&ved=2ahUKEwi8saXX6LvgAhUOIKwKHZqoCt0Q9QEwAXoECAYQBg#imgdii=UZBOVYZDzaxVKM:&imgsrc=Effw3wO84R4CiM: [Accedido: 14-feb-2019].

[28] «Actuadores lineales DGC-K». .

[29] «Cilindros normalizados DNCI con transductor DADE». .

[30] «Sensores de proximidad SMT/SME-8». .

[31] «2080-LC50-48QWB | Allen Bradley Micro850 PLC CPU». [En línea]. Disponible en: <https://uk.rs-online.com/web/p/plc-cpus/7867213/>. [Accedido: 14-feb-2019].

[32] «Software de diseño y configuración», *RockwellAutomation.com*. [En línea]. Disponible en: https://www.rockwellautomation.com/es_EC/capabilities/industrial-automation-control/overview.page?pagetitle=Software-de-configuraci%C3%B3n-y-dise%C3%B1o&docid=5704315eea528700cb2dbd52afce5a22. [Accedido: 14-feb-2019].

[33] «Controlador lógico programable Micro850. Boletines 2080 y 2085». .

[34] Grupo DAQ, *Encartonadora Para Botellas*. .

[35] Carlos Alberto Garcia, *Diseño de tapadora rotativa*. .

[36] «MONOGRAFICO: Lenguajes de programación - Principios básicos de PLC | Observatorio Tecnológico». [En línea]. Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>. [Accedido: 11-feb-2019].

[37] «Cilindros con guía DGRF-C». .

[38] «Q4X Series Rugged Laser Distance Sensor | Banner», *Banner Engineering*. [En línea]. Disponible en: <https://www.bannerengineering.com/us/en/products/sensors/laser-distance-measurement/rugged-laser-distance-sensor-q4x-series.html>. [Accedido: 17-feb-2019].

- [39] «Q3X Series Laser Contrast Sensor | Banner», *Banner Engineering*. [En línea]. Disponible en: <https://www.bannerengineering.com/us/en/products/sensors/photoelectric-sensors/q3x-laser-contrast-sensor.html>. [Accedido: 17-feb-2019].
- [40] «Allen-Bradley 2080-IQ4OV4 | Allen-Bradley 2080-IQ4OV4 MICRO800 8 POINT | Rexel USA». [En línea]. Disponible en: <https://www.rexelusa.com/usr/Root-Category/Control%2C-Automation/Measuring%2C-Monitoring-%26-Logic-Devices/Programmable-Logic-Controllers/I-O-Modules/Allen-Bradley-2080-IQ4OV4-MICRO800-8-POINT/p/389667>. [Accedido: 15-feb-2019].
- [41] «2080-IF4 | ControlTech s.r.o.» [En línea]. Disponible en: https://eshop.controltech.cz/products/detail?ID=6K38000101&StoreMenu_ID=1D10000101&backlink=u3qwz. [Accedido: 15-feb-2019].
- [42] «Modulo plug-in 2080-OF2», *Eur Electronics*. [En línea]. Disponible en: <https://www.eurelectronics.it/en/accessori-micro800/408-modulo-plug-in-2080-of2.html>. [Accedido: 15-feb-2019].