



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DESARROLLO DE LÓGICA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA
LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA
EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.**

Autores:

Chacón Ortega, Luis Roberto

Fernández Román, Emilia Valentina

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

**DESARROLLO DE LÓGICA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA
LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA
EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

Chacón Ortega, Luis Roberto

Fernández Román, Emilia Valentina

Tutor:

Ing. Antonio Rodríguez

San Diego, febrero del 2023



ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO


El jurado designado por la Facultad de INGENIERÍA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: DESARROLLO DE LOGICA DE CONTROL PARA UNA MAQUINA LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA EMBOTELLADORA VENEZUELA, SA

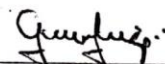
Realizado por el (la) Br. FERNANDEZ ROMAN EMILIA VALENTINA
C.I. N° 25 872 582 cursante de la carrera de INGENIERIA ELECTRONICA
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

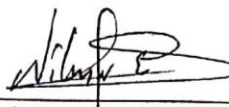
APROBADO

NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Antonio Rodríguez
C.I.: 14923461


Jurado
Nombre: Gerson Jara Sanchez
C.I.: V-7143386


Jurado
Nombre: Wilmar Sanz
C.I.: 7130496

Fecha: 28/02/2023






UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO


El jurado designado por la Facultad de INGENIERÍA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: DESARROLLO DE LOGICA DE CONTROL PARA UNA MAQUINA LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.

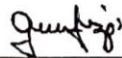
Realizado por el (la) Br. CHACON ORTEGA, Luis ROBERTO
C.I. N° 24424834 cursante de la carrera de INGENIERÍA ELECTRÓNICA
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

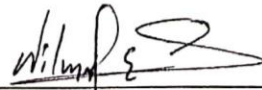
APROBADO

NO APROBADO

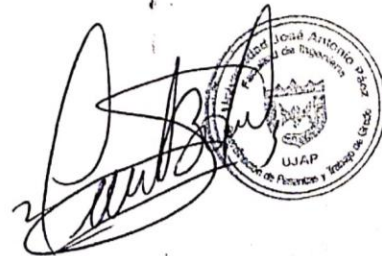
El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: ANTONIO RODRIGUEZ
C.I.: 14923464


Jurado
Nombre: GERSON SANCHEZ
C.I.: 7143386


Jurado
Nombre: Wilma Suárez
C.I.: 7130496

Fecha: 28/02/2023





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe, Ingeniero Antonio Rodríguez, portador de la cédula de identidad N° 14.923.464, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Luis R Chacón, portador de la cédula de identidad N° 24.424.834, y la ciudadana Emilia V Fernández, portadora de la cédula de identidad N° 25.872.582, titulado “DESARROLLO DE LÓGICA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

†

En San Diego, a los 27 días del mes de Enero del año dos mil veintitrés.

Jng. Antonio Rodríguez

C.I:14.923.464



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 001 2022-6CR SE

Valencia, 18 de enero de 2023

Ciudadanos:

CHACON ORTEGA, LUIS ROBERTO

24.424.834

FERNANDEZ ROMAN, EMILIA VALENTINA

25.872.582

Presente -


Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 16-2022 de fecha 15/12/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

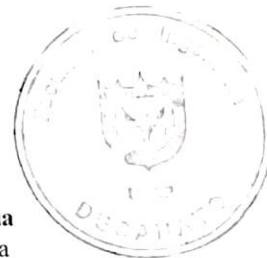
Desarrollo de lógica de control para una máquina llenadora de bebidas en envases PET para la empresa EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Antonio Andrés Rodríguez Briceño, titular de la cédula de identidad V-14.923.464

Atentamente


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

Este trabajo representa la culminación de una etapa en nuestra vida, y a su vez el comienzo de otra más importante. Sin duda no hubiésemos podido realizarlo sin la ayuda de tantas personas que aportaron su grano de arena para que pudiéramos seguir adelante con nuestra formación académica y así poder ver hoy este logro realizado. No fue fácil, pero con esfuerzo y sacrificio llegamos a la meta.

A Dios, por siempre guiar nuestros pasos.

A nuestros padres, Carmen Román, Ricardo Fernández, Luis Chacón y Judith Chacón, por ser los pilares fundamentales con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y ayuda en todo lo que les fue posible.

A mis hermanas y hermano, Ana Chacón, Génesis Chacón, Darling Chacón y Ricardo Fernández, que en la distancia estuvieron presentes en este proceso. A nuestros abuelos por brindarnos todo su apoyo y la sabiduría de sus consejos.

A nuestra familia en general, tíos, tías, primos y primas por siempre estar atentos a cualquier cosa que pudiéramos necesitar.

A nuestros compañeros de estudio por atravesar juntos todos los retos que conlleva estudiar la carrera de ingeniería electrónica.

A nuestros amigos y su presencia en los buenos y malos momentos.

Y finalmente, gracias a todos los nombrados, por formar parte de uno de los logros más anhelados en nuestra vida.

Luis Chacón y Emilia Fernández

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor académico Antonio Rodríguez, por su guía a lo largo de la elaboración de este Trabajo de Grado.

A nuestro tutor metodológico, la profesora Alicia de Pizzella por asumir junto nosotros el reto de documentar toda la información de una manera clara y efectiva.

A los profesores Wilmer Sanz, Gerson Sánchez e Irais Rodríguez porque además de sus enseñanzas impartidas, lecciones de vida y vivencias laborales, hicieron crecer en nosotros el deseo de ser ingenieros y unos mejores profesionales.

Luis Chacón y Emilia Fernández

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
INDICE GENERAL.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xv
LISTA DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN INFORMATIVO.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	7
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la Investigación.....	8
1.5 Alcance y Limitaciones.....	9
1.5.1 Alcance.....	9
1.5.2 Limitaciones.....	9

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Historia de la Máquina llenadora de bebidas.....	12
2.2.2 Tipos de Máquinas llenadoras.....	12
2.2.3 ¿Qué es el PET?.....	13
2.2.4 ¿Cuáles industrias usan PET?.....	13

2.2.5 Llenadora automática RCGF-32-32-8.....	14
2.2.6 Llenadora de pistón.....	16
2.2.6.1 Funcionamiento del llenador de pistones.....	17
2.2.7 Descomposición funcional de proceso.....	18
2.2.8 Dosificación del fluido por pistón.....	18
2.2.9 Interacciones entre elementos físicos y funcionales.....	19
2.2.10 Sensores.....	20
2.2.10.1 Tipos de Sensores.....	20
2.2.11 PLC Omron CPM2AH.....	22
2.2.11.1 Especificaciones generales del PLC Omron.....	23
2.2.11.2 Ventajas del sistema.....	23
2.2.12 CX – One.....	24
2.3 Bases Legales.....	25
2.3.1 Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	25
2.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.....	25
2.3.3 Ley para la Promoción y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Industria.....	26
2.4 Definición de Términos Básicos.....	26

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	28
3.2 Diseño de la Investigación.....	28
3.3 Nivel de la Investigación.....	29
3.4 Población y Muestra.....	30
3.4.1 Población.....	30
3.4.2 Muestra.....	30
3.5 Técnicas de Recolección de Datos.....	31
3.5.1 Observación Directa.....	31
3.5.2 Revisión Documental.....	31
3.5.3 Entrevista no estructurada.....	31

3.6 Instrumentos de Recolección de Datos.....	32
3.6.1 Excel.....	32
3.7 Técnicas de Análisis de Resultados.....	32
3.7.1 Tabulación.....	32
3.7.2 Matriz FODA.....	33
3.7.3 Lista de Cotejo.....	33
3.8 Fases Metodológicas.....	33
3.9 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	35

IV RESULTADOS

4.1 Fase I: Recolección de información sobre el funcionamiento y uso adecuado de máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, mediante la búsqueda de distintos manuales.....	36
4.1.1 Identificación del modelo y tipo de máquina llenadora.....	36
4.1.2 Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.....	38
4.1.3 Tipo de máquina llenadora de PET RCGF- 32-32-9.....	40
4.1.4 Diagrama de caja negra del proceso.....	40
4.1.5 Identificación de conexiones entre PLC y máquina en Excel.....	41
4.2 Fase II: Selección de las variables involucradas en el proceso, así como los instrumentos para la medición.....	45
4.2.1 Variable de nivel en tanque principal y suministro de tapas.....	45
4.2.2 Variable de posición.....	48
4.2.3 Variable de temperatura.....	50
4.3 Fase III: Elaboración de los planos eléctricos correspondientes al proceso, así como el desarrollo del programa de control en lenguaje escalera.....	52
4.3.1 Desarrollo de los planos eléctricos.....	52
4.3.1.1 Esquemáticos de las tuberías del proceso.....	52
4.3.1.2 Planos de piezas de la máquina llenadora.....	53
4.3.1.3 Planos de fuerza y control de arranque de un motor trifásico...	57
4.3.2 Desarrollo de la lógica de control.....	60
4.3.3.1 Características del programa.....	61

4.3.3.2 Asignación de entradas y salidas del PLC a los elementos del proceso.....	62
4.3.3.3 Funcionamiento de la máquina con el desarrollo lógico.....	64
4.4 Fase IV: Realización de las pruebas finales de puesta en marcha del proceso.....	74
4.4.1 Prueba de lavado de botellas.....	74
4.4.2 Prueba de llenado de botellas con sustancia de prueba.....	77
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS.....	92

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		PP.
1	Máquina llenadora de botellas para el consumo humano en envases PET de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.....	6
2	Características de la Máquina llenadora RCGF-32-32-8.....	16
3	Características de capacidad de la Máquina llenadora RCGF-32-32-8.	16
4	Funcionamiento de un depósito o llenador de pistón único.....	17
5	Descomposición funcional.....	18
6	Dosificación del fluido por pistón.....	19
7	Interacción de elementos.....	20
8	PLC Omron CPM2AH.....	22
9	PLC Omron especificaciones generales.....	23
10	PLC Omron especificaciones generales.....	24
11	Máquina llenadora ubicada en planta de empresa Embotelladora Venezuela, S.A.....	36
12	Modelo de máquina en catálogo de fabricante.....	37
13	Modelo de máquina llenadora PET en catálogo del fabricante.....	38
14	Diagrama de caja negra.....	41
15	Conexiones a entrada del PLC.....	41
16	Levantamiento de conexiones.....	42
17	Digitalización y tabulación de las conexiones.....	42
18	Tabla de Excel con las identificaciones de conexiones de entrada al PLC.....	43
19	Tabla de Excel con las identificaciones de conexiones de salidas al PLC.....	44

20	Tanque 1 y 2 del proceso.....	46
21	Válvula de drenaje del jarabe para la máquina llenadora.....	46
22	Sensor tipo flotador para nivel de tanque 1 y tanque 2.....	47
23	Sensor foto reflectivo para detectar el nivel de tapas en tanque de tapas.....	48
24	Sensor foto reflectivo para detectar botella en cinta final.....	49
25	Sensor foto reflectivo para detectar posición y número de tapas a sellar por cada envase llenado.....	50
26	Controlador Omron para la temperatura.....	51
27	Controlador Omron para el control de temperatura.....	52
28	Esquemático de tuberías de la máquina.....	53
29	Esquemático de tuberías de la dosificación de cloro para el lavado de envases.....	53
30	Transportador de alimentos de botellas.....	54
31	Deflector de botellas.....	55
32	Botella Starwheel.....	56
33	Leva de llenado.....	57
34	Diagrama de fuerza de un motor trifásico.....	58
35	Diagrama de control de un motor trifásico.....	59
36	Esquema de elementos del tablero.....	60
37	Software asociado al PLC Omron Cx Programmer para el desarrollo de la lógica de control.....	62
38	Declaración de entrada digital del PLC en canal 1 entrada 06.....	62
39	Declaración de salida digital del PLC en canal 10 salida 03.....	62
40	Asignación de entradas del PLC con cada elemento del proceso.....	63
41	Asignación de salidas del PLC con cada elemento del proceso.....	64

42	Inicio o arranque de la máquina.....	65
43	Modo de trabajo manual (CH1, 00) y modo de trabajo automático (CH1.01).....	65
44	Marcha manual hacia atrás (CH1.06) y marcha manual hacia adelante (CH1.05).....	66
45	Tanque de suministro de botellas PET y transportador de aire de botellas.....	66
46	Boquillas de enjuague para las botellas con riel de posicionamiento a 180°.....	67
47	Boquillas de enjuague para las botellas con riel de posicionamiento a 180°.....	67
48	Tanque principal de agua y tanque de cloro para la dosificación de lavado de las botellas.....	68
49	Válvula de apertura de mezcla de agua y cloro asociado a salida 11.00 y marca de motor 4.11.....	68
50	Parada de emergencia de la máquina.....	69
51	Pistones de llenado y cubierta de campana.....	69
52	Asignación de entrada en programa asociada al sensor foto reflectivo de presencia de botellas.....	70
53	Sensor de nivel alto para tanque principal con jarabe.....	70
54	Válvula para servir producto de tanque principal en pistones de llenado.....	71
55	Válvula de llenado de producto en las botellas.....	71
56	Válvula de circulación de producto.....	71
57	Bomba de recirculación.....	72
58	Válvula de ciclo de lavado de las botellas.....	72
59	Sensor que indica la presencia de tapas en el reservorio.....	72

60	Sensor que detecta las botellas en la llenadora.....	73
61	Sensor de estrella que coordina la entrega de la tapa a la botella.....	73
62	Sensor de nivel bajo (0.11) y alto (0.10) para el tanque 1.....	74
63	Carril de botellas.....	75
64	Lavado de botellas.....	75
65	Transporte de botellas de zona de lavado a zona de llenado.....	76
66	Salida de botellas de la máquina llenadora.....	77
67	Llegada de botellas a la máquina llenadora.....	78
68	Traslado de botellas a través de la máquina.....	78
69	Llenado de las botellas con el producto de prueba.....	79
70	Funcionamiento del sensor de tapas del canal de disposición.....	80
71	Botellas debidamente tapadas.....	80
72	Salida de las botellas con sus respectivas tapas de la máquina llenadora para pasar a las siguientes fases del proceso de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.....	81
73	Resolución de problema de contactos físicos en la máquina.....	82
74	Resolución de problemas de software.....	82

LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Cuadro de operacionalización de variables.....	35

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.....	38
2	Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.....	39
3	Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.....	39
4	Lista de equipos o elementos que pertenecen al proceso de la máquina llenadora.....	44



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE LÓGICA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA
LLENADORA DE BEBIDAS EN ENVASES PET PARA LA EMPRESA
EMBOTELLADORA VENEZUELA, S.A.**

Autores: Chacón Ortega, Luis Roberto
Fernández Román, Emilia Valentina
Tutor: Ing. Antonio Rodríguez
Fecha: diciembre 2022

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo de investigación se realizará con la finalidad de desarrollar un sistema para la lógica de control para una máquina llenadora de bebidas de consumo humano en envases PET para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A, ya que dicha máquina no cuenta con un programa que ponga en marcha su funcionamiento. Metodológicamente hablando, el proyecto se encontrará enmarcado en el ámbito de tipo proyecto especial, sustentado en un diseño de campo con un nivel descriptivo y documental. La población y la muestra estarán enmarcadas por la máquina llenadora de bebida para consumo humano en envases PET para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A. La muestra es de tipo censal, por lo tanto, está representada por la población. Los instrumentos de recolección de datos serán; la observación directa, revisión documental y entrevista no estructurada. Finalmente, la línea de investigación es Ciencias Cognitivas y Aplicadas.

Descriptores: Sistemas de Lógica de Control, Automatización Industrial, Instrumentación Industrial.

INTRODUCCIÓN

La automatización de sistemas consiste en la realización de trabajos de forma automática sin la necesidad de intervención humana, lo que a su vez permite a los diferentes sectores de procesos industriales operar un sistema y monitorearlo de manera efectiva y sistemática. Es debido a esto, que la automatización tiene gran demanda hoy día en las industrias, donde su aporte en la mejora de servicios de casi cualquier sector que lo amerite lo hace un pilar de la tecnología industrial.

Dicha tecnología es aplicada en sectores tales como automovilismo, fabricación de productos, medicina, robótica, entre otros. En la automatización de un proceso industrial se ven involucradas áreas que deben ser de conocimiento previo a la hora de realizar una implementación, refiriéndose a la combinación de todos los elementos que involucran un proceso industrial, los cuales pueden ser sistemas de control en su mayoría y por tanto serán estos los que junto a un operador permita la automatización del proceso, con el fin de mejorar el servicio, reducir tiempos en las tareas, reemplazo de personal o la realización de trabajos pesados, entre otros.

La importancia de automatizar procesos industriales circula alrededor de un concepto fundamental: la eficiencia. Los sistemas industriales son excelentes para llevar a cabo tareas repetitivas y una vez que son calibrados, pocas veces suelen desviarse de su funcionamiento, es decir, tienen siempre resultados consistentes y, por ende, una eficiencia alta. Por tal motivo, la automatización es una acción que impacta todos los aspectos de una empresa productiva, y en consecuencia no deja de ser un pilar en los diferentes procesos industriales, como lo es la industria de alimentos y bebidas.

La industria de bebidas es, junto con la de alimentos, el principal cliente de las empresas fabricantes de maquinaria de llenado, envasado y procesamiento. Ofrecer una variedad mayor de bebidas, les está imponiendo a la vez a las marcas nuevas realidades de producción y ha creado la necesidad de mejoramientos en sus equipos y en las líneas del proceso.

Es por ello que, el propósito de esta investigación se centra en proponer la lógica de control de una máquina llenadora de bebidas para el consumo humano en envases PET para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A., la cual se encuentra en la necesidad de iniciar este nuevo proceso y progresar como empresa que opta por el futuro del país.

Para el desarrollo del presente Trabajo de Grado, se estructuró en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez. Dichos capítulos se describen a continuación:

Capítulo I: referido al problema, su planteamiento y formulación, el cual fue desarrollado durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

Capítulo II: se hizo énfasis en los antecedentes, bases teóricas, los fundamentos legales y normativas a considerar, que contribuyen al entendimiento de la investigación.

Capítulo III: sobre el marco metodológico, se planteó la naturaleza de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación de proyecto especial con diseño de campo y modalidad cualitativa, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del Trabajo de Grado. Las técnicas e instrumentos para la recolección de información fue la observación directa, la revisión documental y la entrevista no estructurada.

Capítulo IV: en este capítulo se estudiaron y analizaron los recursos en correspondencia con las fases metodológicas desarrolladas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La evolución de procesos industriales se ha hecho notar en los últimos años, lo que ha significado el crecimiento de grandes industrias comerciales, esto debido al repunte de empresas que se suman al sector productivo del país, es de resaltar que la automatización hoy día es el área con mayor auge en las industrias comerciales, por tanto, se encuentra involucrada en grandes partes de los procesos de empresas productivas del país.

La automatización aporta grandes beneficios a dichos procesos, por otra parte, requiere de los conocimientos de un profesional que maneje la lógica programable y sepa combinar las diferentes áreas involucradas en los procesos industriales. Es importante acotar que un pequeño porcentaje de estas empresas contienen sectores del proceso que se encuentran paralizados o por el contrario no automatizado, lo cual significa poca productividad, poca eficiencia y mayor consumo de recursos económicos. La reactivación de estas industrias obliga a los pequeños y grandes empresarios a reformular los procesos e implementar la automatización.

De acuerdo con MCR (2016), en los procesos ya depurados, existe una repetición permanente, continuamente sin alteraciones ni fallos, lo que permite producir de forma ininterrumpida con una disponibilidad 24 h. Esta ventaja es especialmente interesante en empresas con una marcada estacionalidad en la producción, que presenta incrementos muy marcados.

La automatización permite ejecutar los procesos con un nivel de precisión mucho más elevado que en un proceso manual. Las medidas, pesos o mezclas se calculan con la mínima unidad. Además, no se producen tiempos muertos ni interrupciones por errores o cambios en el proceso.

Una vez automatizado un proceso, se necesita menos personal de base en la cadena de producción. Por otra parte, la automatización aumenta la eficiencia energética y de uso de materias primas. Así, se reducen los costes asociados a suministros y stock. Dada la

eficiencia y precisión del proceso automatizado, se reduce significativamente el tiempo de producción.

Por otro lado, se incrementa la seguridad del personal, especialmente en procesos que incluyen grandes pesos, temperaturas elevadas o entornos peligrosos (con productos químicos nocivos, radioactivos, etc.), y adapta el producto a las características y requerimientos específicos de cada empresa. Además, permite realizar tareas imposibles de llevar a cabo de forma manual.

Se produce una mejor integración en las redes de comunicación de datos, lo que permite reducir el tiempo de reacción ante cambios o alteraciones en la producción, así como tomar decisiones más precisas. Todo lo expuesto aumenta la competitividad en el mercado, ya que se puede dar una mejor respuesta a las necesidades de este, ofrecer productos de mejor calidad en menor tiempo, reaccionar de forma más rápida y flexible a los cambios.

Sabiendo esto, y haciendo un enfoque a la industria de bebidas, la máquina más importante de toda la línea de embotellado es, sin lugar a dudas, la llenadora. Es la única máquina que está en contacto directo con el producto acabado y, por tanto, debe garantizar una fiabilidad máxima en términos de higiene y calidad del producto final. Es decir, debe preservar las características del producto durante la fase de llenado y permitir su fácil limpieza o, si está en contacto con productos especialmente sensibles a la contaminación, su esterilización.

Asimismo, estos productos pueden presentarse en envases especiales, como botellas, viales, tarros, botes, latas, tanques, cubos, bolsas, sacos o bolsas en caja. Las máquinas se configuran y calibran con el fin de garantizar un funcionamiento perfecto y una precisión excepcional. Las máquinas llenadoras se han convertido en las aliadas perfectas de diversos sectores industriales. En casi todos los sectores industriales hay máquinas llenadoras que simplifican el trabajo y hacen posible la fabricación en masa de distintos productos.

Cuando se trata de líquidos o bebidas para el consumo humano, estas máquinas llenadoras de líquidos son aún más importantes, se trata de la máquina que estará en contacto con el producto líquido final, lo cual significa que todo lo concerniente a esto debe estar muy controlado. En el sector productivo de máquinas llenadoras de bebidas para consumo humano es necesario el uso de autómatas programable que permitan al sistema

operar de forma eficiente y cíclica, disminuyendo así recursos económicos, personal y errores productivos.

En Venezuela, es muy común conseguirse con máquinas llenadoras de botellas de vidrio, donde se encuentran dotados de un depósito en el cual se acumula el líquido que se quiere embotellar. Frecuentemente, este depósito se localiza en la parte de arriba del aparato, desde donde el líquido es empujado al interior de las botellas ya sea por vacío, presión o gravedad. Las llenadoras también incluyen un sistema que permite el movimiento de las botellas, antes y después del llenado. Principalmente, esto se ve en aquellas máquinas automáticas y semiautomáticas.

En los últimos años, por la dificultad de la adquisición del vidrio en el país, específicamente en el Estado Carabobo, muchas empresas, como Embotelladora Venezuela, S.A. han decidido hacer el cambio de botellas de dicho material, a botellas PET, las cuales están hechas de Tereftalato de polietileno, siendo este el material más utilizado para fabricar botellas de plástico. Se trata de un material muy resistente, económico y fácilmente reciclable, por lo que, además de ser práctico, es uno de los más respetuosos con el medio ambiente.

Según la empresa ALCION (2019), el principal beneficio de las botellas PET es que están fabricadas con el material más reciclable del mundo. Y es que no es recomendable utilizar varias veces las mismas botellas PET, por lo que tiene más sentido reciclarlas y volver a producir envases nuevos con ellas. Las botellas PET pueden tardar cientos de años en descomponerse en la naturaleza, por eso, para que no resulten perjudiciales para el medio ambiente, es crucial la concienciación y buena actuación de los consumidores finales. Las botellas PET se pueden reciclar varias veces, y aunque para la alimentación solo se utilizan aquellas que se han reciclado una vez, también se utilizan para envasar productos industriales como detergentes o incluso algunos agroquímicos.

Pero, además de ser el material más reciclado, el consumo de energía, agua y materias primas necesario para fabricar botellas PET es mucho menor, y la huella de carbono que tienen también es más baja que la de otros materiales. En resumen, las botellas PET son una buena forma de cuidar del medio ambiente sin tener que renunciar a las funcionalidades tan prácticas que nos aportan estos envases plásticos. No es casualidad que las botellas PET se hayan convertido en uno de los envases más utilizados del mundo. Y es que estos

envases son resistentes, difíciles de romper, asequibles económicamente, y lo más importante, reciclables.

En el trabajo publicado por Cortez, A.; Parada, E. y Valencia, A. (2021) en su tesis “Propuesta de una máquina llenadora de envases PET”, nos indica que, en la actualidad las llenadoras de envases varían en tipos y sistemas utilizados, con el fin de aumentar el número de producción en un menor tiempo, asegurando la higiene en el proceso. Por este motivo este proceso suele ir apalancado de la automatización con lógica programable, la cual actualmente en los procesos industriales se ha convertido en una necesidad para el mejoramiento de los procesos productivos, muchas de las empresas tratan de adaptarse a esta nueva tecnología industrial para ser más competentes en el mercado.

En el año 2006, la máquina llenadora de botellas de envases PET fue instalada en la empresa de estudio, Embotelladora Venezuela, S.A.; (ver figura 1), la cual es creadora de bebidas artesanales en el país para consumo humano.



Figura 1. Máquina llenadora de botellas para el consumo humano en envases PET de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

Fuente: Chacón y Fernández.

Su objetivo consiste en la elaboración, envase, distribución y explotación comercial de productos pasteurizados o gasificados, así como bebidas envasadas conocidas como Green Spot y La Mejor, según contrato suscrito por la sociedad con la empresa matriz Green Spot, en Los Ángeles, California, en los Estados Unidos de América. Desde dicha fecha, no se ha podido entrar en producción la parte de la planta antes especificada, debido a que el

controlador lógico programable por fallas o daños causados anteriormente, eliminó el programa asociado a dicha máquina, perdiendo en su totalidad su contenido.

De este modo, tampoco existe documentación de la máquina y los componentes asociados a la misma, ni algún tipo de manuales, por lo que la información del proceso que se tiene es casi nula. De esta forma, la automatización es un pilar importante para el desarrollo de la investigación.

La automatización permite bajar los costos fijos del proceso y obtener ganancias en productividad rápidamente, por lo que, ofrece el beneficio de la ganancia de tiempo en tareas operativas y tediosas. De esta forma se acelera todo el proceso y se lo convierte en uno más productivo. Todas las empresas, han de gestionar bien sus procesos internos para aumentar la seguridad frente a imprevistos, además, la automatización aporta información y evita la pérdida de documentos, de errores en el registro de los datos, entre otros. Tener el proceso automatizado facilita el control de los proveedores y la generación de relaciones de calidad con ellos. De esta forma, el equipo no pasa horas de su día intentando solucionar problemas. Con la automatización, se podrán reducir drásticamente los riesgos de retrasos y otros errores.

La realización de dicha lógica no solo significaría la mejora y progreso de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.; sino también un impulso económico al país, al comercio industrial, y a la industria de alimentos y bebidas, y la satisfacción de los habitantes venezolanos, y del mismo modo, el cuidado y concientización del medio ambiente.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede poner operativa la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, para la empresa Embotelladora Venezuela S.A.?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar la lógica de control asociada al proceso de una máquina de llenado para bebidas de consumo humano en envases PET para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información sobre el funcionamiento y uso adecuado de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, mediante la búsqueda de distintos

manuales.

- Identificar todas las variables del proceso e instrumentos para la medición.
- Elaborar planos eléctricos asociados al proceso para el desarrollo del programa de control en lenguaje escalera.
- Realizar las pruebas de puesta en marcha.

1.4 Justificación de la Investigación

La importancia y justificación de la presente investigación radica en lograr la reactivación de una máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, realizando la lógica de control para el Controlador Lógico Programable instalado, la cual pueda permitir el desarrollo de puesta en marcha, beneficiando de esta manera a la industria de bebidas en general.

Por otra parte, desde el punto de vista profesional, la siguiente investigación genera un gran beneficio para el aumento de la productividad de la empresa Embotelladora Venezuela S.A, de tal forma que puedan ser aprovechados los recursos ya disponibles y con la reactivación de la máquina lograr obtener mayores dividendos y minimizar errores productivos.

Al estar ya instalada la máquina, esta representa un activo importante para cualquier empresa, por lo que es de suma importancia sacarle su adecuado provecho con su conveniente funcionamiento. Además, el cambio de botellas de vidrio a botellas PET significaría un cambio drástico en el medio ambiente. Al elaborar un envase o frasco de PET se consumen menos recursos, tiempo y materias primas que en el caso del vidrio o cristal. Es por ello que se trata de un material mucho más rápido y económico de producir. Además, el vidrio es un material más delicado, con facilidad de quebrarse y peligroso para el público en general.

Así pues, la realización de este Trabajo Especial de Grado permitirá cumplir con los requisitos académicos exigidos por la Universidad José Antonio Páez para alcanzar el título de Ingeniero en Electrónica, además de adquirir nuevos conocimientos y poner en práctica todo el aprendizaje adquirido durante la carrera. De igual forma, constituye un aporte a la línea de investigación de Ciencias Cognitivas y Aplicadas, donde la teoría central de investigación es de la Teoría de Automatización, donde se aporta esta investigación a nuestra casa de estudios. Por lo consiguiente, los frutos de este trabajo aumentarán el

enriquecimiento del saber de nuestra ilustre casa de estudios, derivando en alimentar nuevas generaciones de estudiantes y futuros colegas con conocimiento y sabiduría.

1.5 Alcance y Limitaciones

1.5.1 Alcance

El trabajo de investigación comprende diferentes tipos de técnicas utilizadas, entre las que podemos encontrar la lógica de control, la cual se considera como un conjunto de operaciones lógicas y estructuras de control que determinan el orden de ejecución de las instrucciones de un programa.

El diseño propuesto comprenderá la ingeniería conceptual, todo esto utilizando conocimientos adquiridos de automatización, electrónica, instrumentación, lógica y diseño digital, así como manejo de diversos softwares, lenguajes y circuitería.

Con esto, se logrará el desarrollo de la lógica de control para la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, con la capacidad ya instalada, de forma que se logre la reactivación de la máquina e inicio de producción en la planta designada de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A. Este proceso no comprende el arranque operativo de la máquina en su totalidad, sólo arranques para realización de pruebas de comprobación del software y ajustes menores que se desarrollen al momento de los ensayos.

1.5.2 Limitaciones

El trabajo de investigación se realizó en la planta de producción de bebidas artesanales para el consumo humano en envases PET, en la empresa Embotelladora Venezuela, S.A., de forma implementada. Esta investigación estará enmarcada en los autómatas programables, adquisición de datos y diseño de planos.

El enfoque principal de esta investigación se fundamenta el desarrollo de la lógica de control asociada a la máquina llenadora y su puesta en marcha, por otra parte, como punto final, la dirección ejecutiva de la empresa es quien determina el momento de arranque de producción de la misma, así como también la entonación y ajuste final de la máquina una vez desarrollado el programa asociado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan las bases teóricas y trabajos realizados por otros investigadores que sustentan esta investigación, se exponen de una forma clara y sencilla considerando todos los aspectos necesarios para el análisis de las variables que intervienen en la misma.

2.1 Antecedentes

Como primer antecedente, Suárez, D. (2022) en el trabajo de grado titulado: **“Propuesta de automatización y sistema SCADA para las plantas de producción de caramelo duro”** para optar por el título de Ingeniero Electrónico presentado en la Universidad José Antonio Páez, San Diego, Venezuela. El objetivo fue el diseño de la lógica de control con SCADA para un sistema de producción de caramelo duro, el cual guarda relación con esta investigación debido a que maneja parámetros de automatización para el funcionamiento de un proceso productivo sistemático, como lo es también el proceso que lleva una máquina de llenado para bebida de consumo humano.

La investigación antes mencionada es considerada un antecedente ya que el objetivo principal es la automatización de un proceso industrial mediante el uso de un PLC, la cual embarca similitud con el trabajo a desarrollar, por otro lado, tuvo aportes significativos en las bases teóricas para el desarrollo de dicho trabajo de investigación.

Así pues, Chang, A. (2022) en su trabajo de grado el cual lleva por nombre: **“Propuesta de un sistema para el control de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital”** para optar por el título de Ingeniero en Electrónica presentado en la Universidad José Antonio Páez, San Diego, Venezuela. El objetivo de este trabajo fue proponer un sistema para el control de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital, donde se diagnosticaron las condiciones del sistema de llenado, se realizó el análisis de las variables del proceso y se diseñó la lógica de control para dicho proceso de llenado.

Estos objetivos están sumamente relacionados a los desarrollados en el presente trabajo

de grado, por lo que es natural incluirlo como antecedente y guía, recabando la información necesaria que se necesite a lo largo del trayecto de investigación.

De igual manera, Chirinos, Vizcaya, Garrido y Pereira (2017) en su trabajo titulado: **“Diseño mecatrónico para la automatización del proceso trillado de café”** realizado en la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” en el Estado Lara, Venezuela.

Se realizó la automatización del proceso de trillado de café, la investigación está enmarcada en la modalidad de proyecto factible y se desarrolló en las siguientes fases, diagnóstico, estudio de factibilidad y diseño, en la cual es el objetivo principal debido a los daños que sufren a nivel de la salud las personas encargadas de trabajar en el proceso de trillado de café que laboran de manera manual. Ese trabajo sirve de base en el proceso de automatización, y la modalidad de investigación, la cual proporciona un gran aporte.

En otro orden de ideas, Martínez (2016) en el trabajo que lleva como título: **“Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca onda modelo OPM-W270III”** para optar por el título de Ingeniero Electricista presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela, en Caracas, Venezuela.

En dicho trabajo, se plantea el diseño de un sistema de control automatizado para una máquina de impresión tipográfica, para lo cual se propone analizar los principales fundamentos de automatización para maquinarias rotativas, describir las características de la máquina, proponer soluciones según los requerimientos del cliente, seleccionar los equipos e instrumentos del planteamiento seleccionado, desarrollar la programación lógica de manera estructurada, realizar los planos, diagramas y cálculos de canalizaciones necesarias para la implementación, y finalmente diseñar el tablero de control; todo bajo la normativa vigente, poseyendo así varias cualidades que sirven de base y cimiento de investigación.

Finalmente, Rojas, D.; García, E.; Guevara, A. (2020) en el trabajo que se titula: **“Diseño de un sistema de automatización de la máquina llenadora de botellas de desbordamiento de presión GI3300 de ACASI.”** para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica presentado en la Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

La investigación se realiza porque no existen documentación estandarizada del sistema PLC de la máquina GI3300, que mediante la investigación busco diseñar el sistema

neumático y el sistema de control por relés, simular todas las conexiones del sistema de control electroneumático, y diseñar el sistema PLC. La investigación se realizó para lograr una solución con un sistema de automatización que mejore la capacidad de agua, eficiencia energética (costo del aire comprimido) y la eficiencia general de los equipos en las máquinas GI3300, así como reducir el impacto en el medio ambiente.

Esta investigación se considera un antecedente debido a que guarda gran similitud con la investigación a realizar, la cual busca levantar la información de una máquina llenadora que no tiene la lógica de control, así como ninguna información al respecto del funcionamiento de la máquina y las variables que involucra.

2.2 Bases Teóricas

En la investigación es necesario abordar ciertos conceptos y definiciones para un entendimiento y enfoque más completo del tema para así obtener el sustento teórico para la implementación de la investigación. Los conceptos son los siguientes:

2.2.1 Historia de la Máquina llenadora de bebidas

La industria de las bebidas, considerada desde un punto de vista global, aparece muy fragmentada, lo que resulta evidente por el gran número de fabricantes, de métodos de envasado, de procesos de producción y de productos finales. La industria de bebidas refrescantes constituye la excepción de la regla, pues está bastante concentrada. Aunque la industria de las bebidas esté fragmentada, sigue un proceso de consolidación desde el decenio de 1970, de modo que está cambiando la situación. Desde principios de siglo, las compañías de bebidas han evolucionado desde las empresas regionales que producían artículos destinados principalmente a los mercados locales hasta las gigantescas empresas de hoy, que elaboran productos para mercados internacionales. Este cambio se inició cuando las compañías del sector adoptaron técnicas de producción en masa que les permitieron expansionarse. Además, durante este tiempo, se consiguieron avances en el envasado de productos y en los procesos que incrementaron enormemente el período de validez de los productos.

2.2.2 Tipos de Máquinas llenadoras

En el mercado existen muchos tipos de llenadoras de botellas. Las diferencias dependen, principalmente, del producto a envasar. De hecho, cada producto tiene un proceso de envasado diferente que requiere condiciones muy particulares. En este sentido, aspectos

como la temperatura, los niveles de asepsia y los tiempos de exposición al aire son muy tomados en cuenta.

Los dos tipos de llenadoras más utilizadas son:

Llenadoras de Sobreflujo; Estas máquinas funcionan de acuerdo al principio del flujo temporal. Aprovechan la gravedad para hacer fluir el producto hacia los envases. Son específicamente recomendadas para líquidos muy acuosos.

Llenadoras Volumétricas: Son máquinas de llenado cuyo funcionamiento es muy sencillo. Se programan para que realicen el llenado de los envases con una cantidad de producto previamente especificada. El proceso es preciso, con un grado de error mínimo de 2 a 5 por 1.000 llenados. Las medidas de volumen especificadas son las que hacen posible controlar la cantidad de producto que se introduce en los envases.

2.2.3 ¿Qué es el PET?

Dentro del mundo de los plásticos existen diferentes tipos de materiales sintéticos. Uno de ellos es el PET (Poli Etiléno Tereftalato). Pertenece al grupo de los poliésteres y es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo. Fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Tiene gran utilidad en la actualidad.

Este material cuenta con las siguientes características, que lo han hecho ser un material práctico y bueno para la construcción: Procesable por soplado, inyección, extrusión; apto para producir frascos, botellas, películas, láminas, planchas y piezas; transparencia y brillo con efecto lupa, excelentes propiedades mecánicas, barrera de los gases, biorientable-cristalizable, esterilizable por gamma y óxido de etileno, buena relación costo/performance, ranqueado N°1 en reciclado y es liviano.

2.2.4 ¿Cuáles industrias usan PET?

Hay diferentes cosas hechas de tereftalato de polietileno o PET. Los siguientes son algunos elementos y materiales fabricados con este termoplástico reciclable

- **Envases y botellas de plástico reciclables:** Los termoplásticos se utilizan ampliamente en la producción de envases o bebidas, como refrescos y botellas de agua. Por su rigidez y dureza, se ha convertido en un material de uso diario en el sector industrial.
- **Varios textiles:** PET es un tipo de plástico utilizado en la industria textil para la

confección de diferentes prendas. De hecho, es un excelente sustituto del lino o incluso del algodón.

- **Película o película fotográfica:** Este polímero plástico también se utiliza para realizar diversas películas fotográficas. Aunque, también es muy útil para crear el papel básico de impresión en rayos X.
- **Hecho a máquina:** Hoy en día, el tereftalato de polietileno se utiliza para fabricar varias máquinas expendedoras y máquinas recreativas.
- **Proyectos de iluminación:** Se utiliza para fabricar lámparas de diferentes diseños. De hecho, el PET ha demostrado ser uno de los materiales más atractivos en el diseño de iluminación, ya sea exterior o interior.
- **Otros elementos publicitarios:** Por ejemplo, carteles o letreros para la comunicación visual. Del mismo modo, a menudo se utiliza como material ideal para la creación de expositores en tiendas y diversas ferias o eventos.
- **Transparencia y flexibilidad de diseño:** Debido a estas dos características, los consumidores pueden ver el interior de lo que compran y los fabricantes tienen múltiples posibilidades de visualización.

- **Llenado Hot Filling**

El proceso de llenado de botellas en caliente, mejor conocido como Hot Filling por su nombre en inglés, es un proceso para envasar jugos y bebidas a altas temperaturas con el fin de mantener el nivel de vida útil y las propiedades nutricionales de la misma sin la necesidad de usar conservantes y productos químicos. En la actualidad los consumidores se han tornado más conscientes de los efectos perjudiciales de los preservantes, y bajo esa idea el envasado en caliente es una elección acertada gracias a su simple procedimiento, en comparación a otras alternativas.

Con los más recientes desarrollos es posible que este proceso se pueda realizar para envasar productos líquidos en botellas de PET. Sin embargo, dado que este polímero termoplástico posee una temperatura de transición de aproximadamente 70°C, resulta importante utilizar técnicas concretas para evitar deformaciones durante y después del llenado.

2.2.5 Llenadora automática RCGF-32-32-8

Equipo automático de llenado de botellas de PET para plantas de zumos RCGF-32-32-

8, (ver figura 2, 3).

• **Funciones y Características del equipo**

- 1) Lavar, enjuagar, llenar y tapar 3000 botellas por hora hasta 20000 botellas por hora con ajuste de velocidad infinito.
- 2) Bombas de acero inoxidable de alta calidad con motores totalmente cerrados refrigerados por ventilador para el equipo de llenado de bebidas.
- 3) El equipo de llenado de bebidas tiene una parada de emergencia y otras características de seguridad que proporcionan una seguridad inigualable para el operador.
- 4) El equipo de llenado de bebidas incluye un contenedor de tapas con un sistema de alimentación de tapas rotativo para tapas planas de 28/30mm.
- 5) Cabezales de tapas de tipo magnético, sistema PICK & PLACE, sistema de esterilización de tapas antes del proceso de tapado.
- 6) Acero inoxidable AISI 304 para el enjuague, unidad de llenado de tapas, la tubería, los accesorios y otras partes en contacto con el producto serán de construcción de acero inoxidable de grado alimenticio para años de servicio sin problemas.
- 7) Ordenamiento automático de tapas para el equipo de llenado de bebidas, colocación de tapas y tapado, funciona con precisión para este equipo de llenado de bebidas.
- 8) El equipo de llenado de bebidas con puerta movable, fácil de operar y de aspecto agradable
- 9) Suministro de energía del equipo de llenado de bebidas: 3 fases, 380/220V, 50/60HZ.

Especificaciones	automática
Tipo de recipiente	para botellas PET
Aplicaciones del producto	de bebidas, para zumo de frutas
Sector	para la industria agroalimentaria
Tipo	volumétrica
Número de cabezales	multicabezal
Cadencia	Máx.: 20.000 p/h Mín.: 3.000 p/h
Longitud de la máquina	210 cm, 230 cm, 280 cm, 350 cm (83 in)
Ancho de la máquina	160 cm, 170 cm, 190 cm, 250 cm (63 in)
Altura de la máquina	230 cm (91 in)

Figura 2. Características de la Máquina llenadora RCGF-32-32-8.

Fuente: Shine Dew Water.

tiene encendido	lavado de cabezas	cabezales de llenado	cabeza que capsula (B/h)	Capacidad (B/h)	agua de enjuague utilizada (Th)	potencia (kilovatios)	fuera de tamaño de la máquina (cm)	peso (kg)
1	16	12	6	3000 ~ 4000	0.8	2.2	210*160*230	2200
2	18	18	6	6000 ~ 7000	0.8	2.2	230*170*230	2500
3	24	24	8	10000 ~ 12000	1.2	3.0	280*190*230	4000
4	32	32	10	12000~15000	1.5	4.0	350*250*230	4500

Figura 3. Características de capacidad de la Máquina llenadora RCGF-32-32-8.

Fuente: Shine Dew Water.

2.2.6 Llenadora de pistón

Mide y dispensa productos que fluyen libremente, como líquidos delgados y moderadamente densos, en un recipiente. Cada máquina está equipada con uno o más pistones volumétricos. Cada ciclo de llenado o liberación consiste en una carrera de admisión, donde el producto se retira del contenedor o la tolva y se lleva al cilindro del producto. La carrera descendente comienza tan pronto como el cilindro del producto alcanza su nivel de llenado predeterminado, (ver figura 4). El pistón empuja el producto fuera del cilindro y dentro del contenedor.

El llenado de pistón es una tecnología que tiene muchas ventajas:

- Bajo costo. Tasas de llenado rápidas y precisas.
- Versátil: capaz de manejar una amplia variedad de productos.
- Suave en su producto.

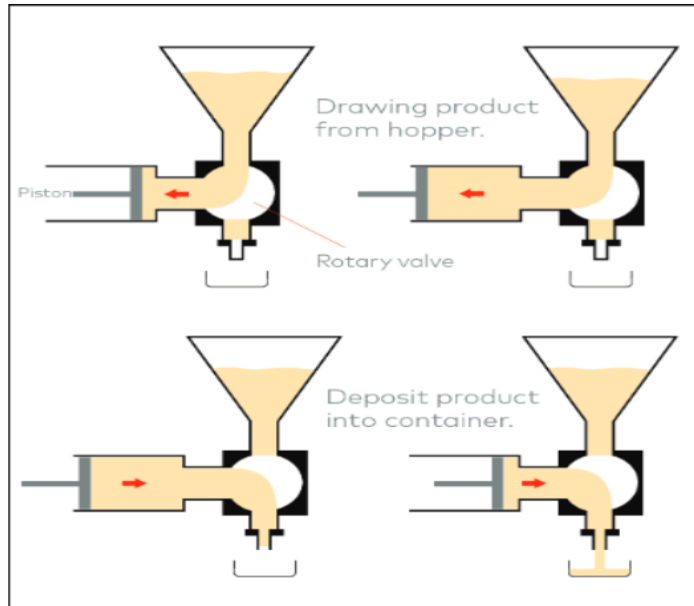


Figura 4. Funcionamiento de un depósito o llenador de pistón único.

Fuente: Shanghai Npack Machinery Co.

2.2.6.1 Funcionamiento del llenador de pistones

1. El relleno / depositante se activa mediante una señal enviada a la máquina desde un accesorio como un pedal.
2. La señal hace que la válvula giratoria gire para que el producto pueda fluir desde la tolva al cilindro.
3. El pistón comienza a tirar del producto desde la tolva hacia el cilindro hasta que el cilindro esté lleno.
4. Una vez que el cilindro está lleno, la válvula giratoria cambia de posición, lo que permite que el pistón empuje el producto a través del cilindro y la boquilla hacia un recipiente. La cantidad de producto que se deposita depende del tamaño de la porción requerida o seleccionada.

Tanto el diámetro interior del cilindro del llenador del pistón como la longitud de la

carrera del pistón determinarán el volumen de cada llenado completado por la máquina. Por supuesto, cuanto más grande es el cilindro, más producto puede acomodarse con cada carrera del pistón. El volumen de llenado de la máquina aumenta o disminuye simplemente ajustando la longitud de la carrera del pistón. Esto normalmente se logra simplemente girando un volante para acortar o alargar la carrera del cilindro. A medida que el pistón se retrae, arrastrará el producto del tanque de suministro al cilindro de llenado del pistón. Una vez completamente retraído (o retraído al punto de ajuste), el pistón volverá al cilindro, forzando el producto a la línea de suministro que conduce a las cabezas de llenado. Dado que el volumen introducido en el cilindro es el mismo con cada ciclo de llenado, el volumen del producto que ingresa a los contenedores también es el mismo. Los interruptores de proximidad se pueden usar en cualquier extremo del pistón para asegurar que la máquina llenadora se retraiga y se extienda a los puntos correctos.

2.2.7 Descomposición funcional del proceso

Consiste en analizar cada una de las partes del proceso que debe realizar la máquina como sub funciones individuales que permitan solucionar de manera precisa cada una de las funciones críticas del proceso, (ver figura 5).

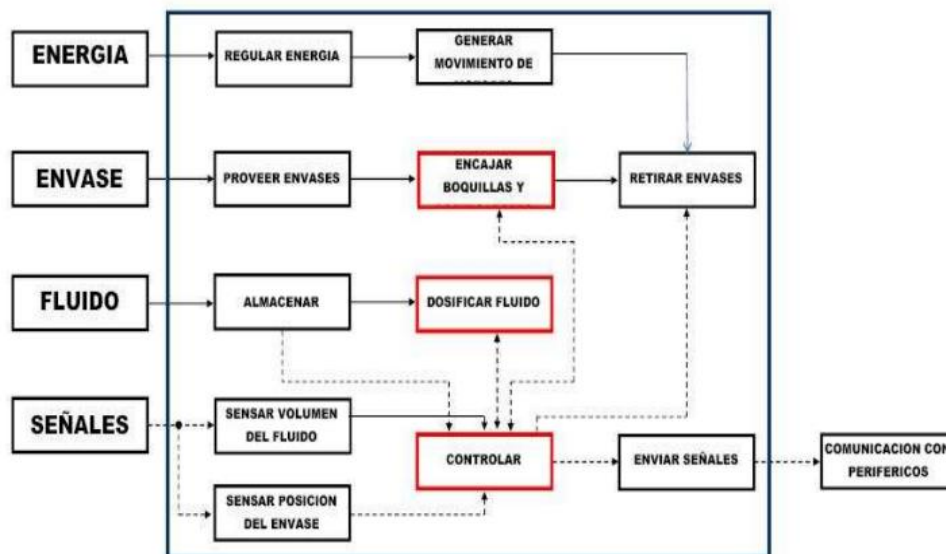


Figura 5. Descomposición funcional.

Fuente: ULRICH, Karl.

2.2.8 Dosificación del fluido por pistón

En este concepto un cilindro neumático se encarga succionar el líquido por medio de un

movimiento uniforme, siendo este mismo quien se encarga de expulsarlo posteriormente, el líquido pasa de la tolva de almacenamiento al cilindro dosificador a través de una válvula unidireccional la cual permite que el fluido únicamente circule hacia el cilindro dosificador y no se devuelva al momento que el pistón realice la tarea de expulsión del mismo. La velocidad de dosificación depende la presión que suministre el circuito neumático vinculado a este y el volumen depende del desplazamiento que haga el vástago del cilindro y esto puede hacerse colocándole un tope ajustable a la medida que se requiera, adicional a este se debe colocar una válvula unidireccional entre la tolva y el cilindro contenedor para evitar de esta manera que el fluido se devuelva al depósito, (ver figura 6).

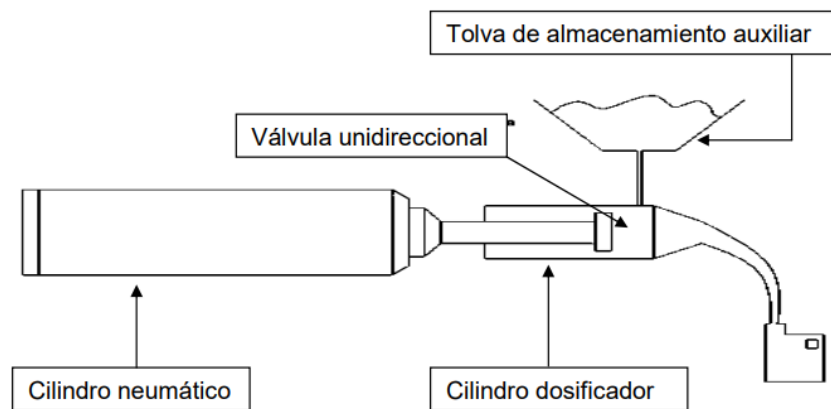


Figura 6. Dosificación del fluido por pistón.

Fuente: Nelson Daniel, 2009, p.34.

2.2.9 Interacciones entre elementos físicos y funcionales

Estas interacciones muestran que existen algunas relaciones entre elementos físicos y funcionales. Estas relaciones se dan simplemente porque de alguna forma la relación de los elementos físicos con algunos funcionales garantiza el buen funcionamiento del sistema, formando módulos independientes que realizan funciones específicas que al momento de interactuar desarrollan la función principal. La arquitectura modular la define la flexibilidad de todos y cada uno de sus conjuntos o subsistemas, logrando realizar futuras mejoras y así garantizar un aumento en la producción y desempeño de la máquina. (Ver figura 7).

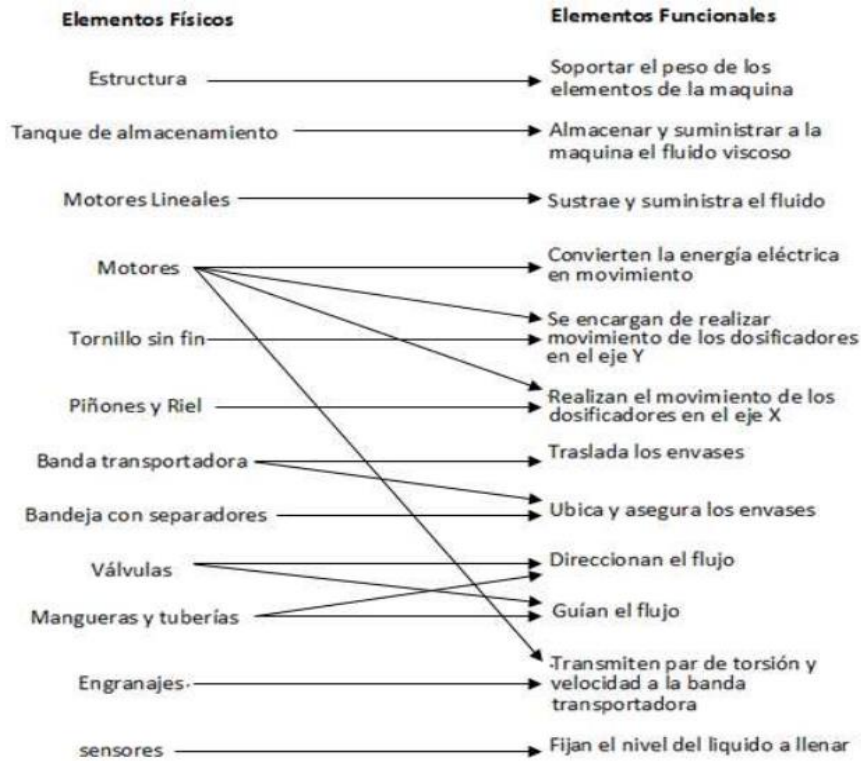


Figura 7. Interacción de elementos.

Fuente: Nelson Daniel, 2009, p.43.

2.2.10 Sensores

Un sensor es un dispositivo tecnológico que tiene la capacidad de percibir ciertos estímulos del exterior y transformarlos en impulsos eléctricos, que pueden ser interpretados por ordenadores u otras máquinas. En palabras simples, un sensor es un traductor que puede explicar en un lenguaje común para las máquinas cualquier propiedad del ambiente (física, química, sonora, lumínica...).

Las lecturas de un sensor se pueden usar para medir variaciones en las condiciones de una determinada área, accionando respuestas automáticas de otros dispositivos como consecuencia: encender alarmas, apagar ciertas características, encender las naves de montaje y más.

2.2.10.1 Tipos de Sensores

Según el tipo de variable que pueda percibir e interpretar un sensor, se pueden definir varios tipos. Cada uno de ellos tiene propiedades únicas que los hacen útiles en escenarios muy específicos. A continuación, explicaremos los más importantes en el sector industrial:

- **Sensores de Distancia:** Los sensores de distancia permiten medir cuánto espacio separa un punto de otro. Es decir, miden la distancia lineal entre dos elementos de interés.
- **Sensores de Frecuencia de Luz:** Los sensores de frecuencia de luz pueden percibir impulsos lumínicos y decodificar la intensidad de frecuencia de estos, dando como resultado un parámetro que puede contrastarse en una escala ayudando a detectar color.
- **Sensores de Humedad:** Los sensores de humedad permiten medir la temperatura y la cantidad de humedad relativa en el aire dentro de un espacio específico.
- **Sensores de Luz:** Un sensor de luz es un dispositivo capaz de percibir la luz ambiental (o la que se origina de un punto en concreto) y luego reaccionar a ella con un impulso eléctrico que varía dependiendo de la intensidad de la luz que ha detectado.
- **Sensores de Posición:** Los sensores de posición, tal como lo indica su nombre, permiten medir la posición lineal o angular de un objeto con respecto a un plano (o usándose a sí mismo como referencia), para transformarla en una señal eléctrica que puede ser interpretada por un sistema de control mayor.
- **Sensores de Presión:** Los sensores de presión permiten determinar el nivel de presión que ejerce un fluido dentro de un espacio definido.
- **Sensores de Proximidad:** Los detectores de proximidad ayudan a detectar la presencia de un objeto y su cercanía con el punto de referencia (usualmente el mismo sensor).
- **Sensores de Sonido:** Los detectores de sonido reciben ondas acústicas en el ambiente producto de las ondas mecánicas que se generan a partir de las oscilaciones de presión de aire y, dependiendo de los niveles de intensidad para los que esté programada su respuesta, convierte estas perturbaciones en impulsos eléctricos.
- **Sensores de Temperatura:** Los sensores de temperatura son los más utilizados

dentro del ámbito industrial y ayudan a medir la diferencia de energía calórica que existe entre un punto de referencia y el campo que se está midiendo, convirtiendo dichos datos en salidas eléctricas.

2.2.11 PLC Omron CPM2AH

Omron presenta un PLC de alta velocidad, alto rendimiento, compacto con 36 entradas y 24 salidas integradas.

Controlador lógico programable CP1 de Omron diseñado para máquinas compactas, Omron es un PLC avanzado, de alta velocidad, compacto y todo en uno. Cuatro contadores de alta velocidad y cuatro salidas de pulso son ideales para el control de posición de multieje. El CP1H-XA viene con cuatro entradas y dos salidas analógicas integradas. Esto lo hace conveniente para el control de bucle simple con función de control PID avanzada de PLC con auto sintonización, (ver figura del 8 al 10).

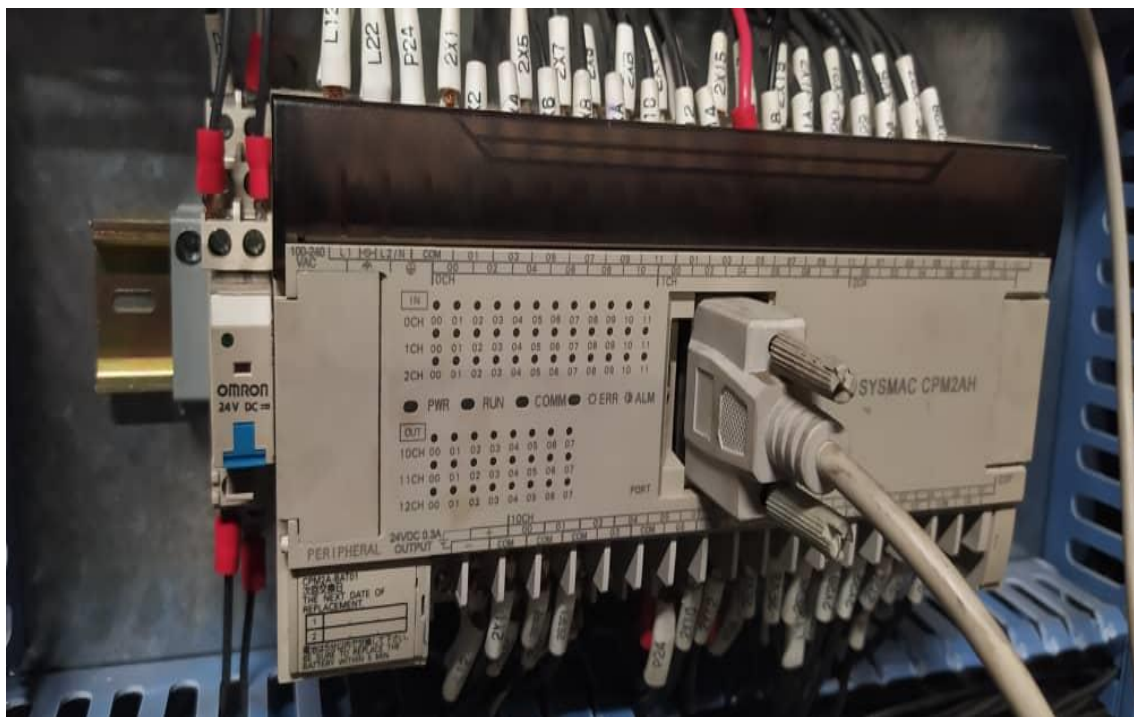


Figura 8. PLC Omron CPM2AH.

Fuente: Chacón y Fernández.

2.2.11.1 Especificaciones generales del PLC Omron.

Item		CPUs con 20 puntos de E/S	CPUs con 30 puntos de E/S	CPUs con 40 puntos de E/S	CPUs con 60 puntos de E/S
Tensión de alimentación	c.a.	100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz			
	c.c.	24 Vc.c.			
Rango de tensión de operación	c.a.	85 a 264 Vc.a.			
	c.c.	20.4 a 26.4 Vc.c.			
Consumo	c.a.	60 VA máx.			
	c.c.	20 W máx.			
Corriente máxima	c.a.	60 A máx.			
	c.c.	20 A máx.			
Fuente de A. externa (sólo fuentes de c.a.)	Tensión	24 Vc.c.			
	Capacidad	300 mA			
Resistencia de aislamiento		20 MΩ mín. (a 500 Vc.c.) entre terminales de c.a. externa y terminales de tierra de protección			
Rigidez dieléctrica		2.300 Vc.a. 50/60 Hz durante 1 min entre terminales de c.a. externa y terminales de tierra de protección, corriente de fuga: 10 mA máx.			
Inmunidad al ruido		1,500 Vp-p, anchura del pulso: de 0.1 a 1 μs, tiempo de subida: 1 ns (vía simulador de ruido)			
Resistencia a vibraciones		10 a 57 Hz, 0.075-mm de amplitud, 57 a 150 Hz, aceleración: 9.8 m/s ² en las direcciones X, Y y Z durante 80 minutos en cada una de ellas (Coeficiente de tiempo; 8 minutos × factor 10 = 80 minutos de tiempo total)			
Resistencia a golpes		147 m/s ² tres veces en cada una de las direcciones X, Y y Z			
Temperatura ambiente		Operación: 0° a 55°C Almacenaje: -20° a 75°C			
Humedad		de 10% a 90% de HR (sin condensación)			
Atmósfera		Debe estar libre de gases corrosivos			
Métrica de tornillos de terminales		M3			
Tiempo de corte de alimentación		Fuente de A. de c.a.: 10 ms mín. Fuente de A. de c.c.: 2 ms mín.			
Peso de la CPU	c.a.	650 g máx.	700 g máx.	800 g máx.	1,000 g máx.
	c.c.	550 g máx.	600 g máx.	700 g máx.	900 g máx.
Peso de unidad de expansión de E/S		Unidades con 20 puntos de E/S: 300 g máx. Unidades con 8 puntos de E/S: 250 g máx. Unidades con 8 puntos de entrada: 200 g máx. Unidades de E/S analógicas: 150 g máx. Unidades I/O Link de CompoBus/S: 200 g máx.. Unidades de sensor de temperatura: 250 g máx.			

Figura 9. PLC Omron especificaciones generales.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

2.2.11.2 Ventajas del sistema

- Controlador de estilo bloque que presenta capacidades de comunicaciones y control de posición de gran alcance
- Funciones incorporadas incluyen E/S digitales, contadores de alta velocidad, salidas de pulsos y entrada/salidas analógicas para integrar datos de proceso con control secuencial
- Funciones de gateway de comunicaciones integradas hacen que el CP1H sea el primer PLC compacto en concepto de plataforma inteligente de Omron.
- Todos los dispositivos de Omron conectados al CP1H por Ethernet, DeviceNet o

enlace serial pueden ser configurados, programados y supervisados a través de una única conexión con la suite de software CX-One.

- Software CX-Programmer Jr. ofrece un paquete económico para la programación de diagrama de escalera sencilla
- Puertos periféricos y dos placas de comunicaciones seriales con enchufe para RS - 232C y RS-422/485 simplifican la conexión directa a dispositivos seriales y herramientas de programación.

Item		Especificaciones			
Método de control		Método de programa almacenado			
Método de control de E/S		Scan cíclico con salida directa (se puede refrescar inmediatamente con IORF(97).)			
Lenguaje de programación		Diagrama de relés			
Longitud de instrucción		1 paso por instrucción, de 1 a 5 palabras por instrucción			
Instrucciones		Instrucciones básicas: 14 Instrucciones especiales: 105 instrucciones, 185 variaciones			
Tiempo de ejecución		Instrucciones básicas: 0.64 μ s (instrucción LD) Instrucciones especiales: 7.8 μ s (instrucción MOV)			
Capacidad de programa		4,096 palabras			
Capacidad de E/S	Sólo CPU	20 puntos	30 puntos	40 puntos	60 puntos
	Con expansores de E/S	80 puntos máx.	90 puntos máx.	100 puntos máx.	120 puntos máx.
Bits de entrada		IR 00000 a IR 00915 (Los canales no utilizados para bits de entrada se pueden utilizar para bits de trabajo)			
Bits de salida		IR 01000 a IR 01915 (Los canales no utilizados para bits de salida se pueden utilizar para bits de trabajo)			
Bits de trabajo		928 bits: IR 02000 a IR 04915 (Canales IR 020 a IR 049) y IR 20000 a IR 22715 (Canales IR 200 a IR 227)			
Bits especiales (área SR)		448 bits: SR 22800 a SR 25515 (Canales IR 228 a IR 255)			
Bits temporales (área TR)		8 bits (TR0 a TR7)			
Bits de retención (área HR)		320 bits: HR 0000 a HR 1915 (Canales HR 00 a HR 19)			
Bits auxiliares (área AR)		384 bits: AR 0000 a AR 2315 (Canales AR 00 a AR 23)			
Bits de enlace (área LR)		256 bits: LR 0000 a LR 1515 (Canales LR 00 a LR 15)			
Temporizadores/Contadores		256 temporizadores/contadores (TIM/CNT 000 a TIM/CNT 255) Temporizadores de 1-ms: TMHH(---) Temporizadores de 10-ms: TIMH(15) Temporizadores de 100-ms: TIM Temporizadores de 1-s/10-s: TIML(---) Contadores descendentes: CNT Contadores reversibles: CNTR(12)			
Memoria de datos		Lectura/Escritura: 2.048 palabras (DM 0000 a DM 2047)* Sólo lectura: 456 palabras (DM 6144 a DM 6599) Setup del PLC: 56 palabras (DM 6600 a DM 6655) *El registro de error está contenido en DM 2000 a DM 2021.			

Figura 10. PLC Omron especificaciones generales.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

2.2.12 CX – One

El software CX-One permite a los usuarios elaborar, configurar y programar una serie de dispositivos como PLCs, Terminales Programables, sistemas Motion Control y redes con un solo paquete de software con una sola instalación y número de licencia. De este

modo se reduce considerablemente la complejidad de la configuración y permite que los sistemas de automatización se programen o configuren con una mínima formación. Este programa es desarrollado por la empresa OMRON, el cual presenta al público el uso de su software para los equipos de su autoría, y tener una homogenización del sistema.

2.3 Bases Legales

2.3.1 Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación

La Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación, publicada en Gaceta Oficial N° 39575 de fecha 16 de diciembre de 2010, tiene por objeto dirigir la producción científica y tecnológica, y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos.

Dirigir la generación de una ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos.

A tales fines, el Estado Venezolano formulará, a través de la autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación, las políticas públicas dirigidas a la solución de problemas concretos de la sociedad, por medio de la articulación e integración de los sujetos que realizan actividades de ciencia, tecnología, innovación 26 y sus aplicaciones como condición necesaria para el fortalecimiento del Poder Popular.

2.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo

Esta ley orgánica, cuyos objetivos consisten en garantizar a los trabajadores, permanentes y ocasionales, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un medio ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio de sus facultades físicas y mentales, objetivos que son de la responsabilidad de los empleadores, subsidiarios o agentes, es aplicable a los trabajos efectuados por cuenta de un empleador en empresas y en general en todos los establecimientos industriales o agropecuarios, comerciales, de servicios, y cualquiera sea la naturaleza de sus actividades, el lugar donde se ejecuten, persigan o no fines de lucro, sean públicas o privadas.

Consta de doce capítulos, que versan, en particular, sobre el Consejo Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (cap. III) creado por la ley, las obligaciones de los empleadores y de los trabajadores (cap. VI), la higiene y seguridad laborales (cap. VII), las enfermedades y accidentes profesionales (cap. VIII) y las sanciones (cap. IX).

Esta ley tiene que ser tomada en cuenta en la realización de la lógica de control, ya que el diseño tiene que ser completamente seguro y sin poner en riesgo la vida de ninguno de los trabajadores.

2.3.3 Ley para la Promoción y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Industria

El presente Decreto Ley para la Promoción y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Industria pretende desarrollar la misión constitucional del Estado de protección y promoción de la pequeña y mediana industria con el fin de contribuir con el desarrollo económico del país, sustentándolo en la iniciativa popular y asegurándole la capacitación, la asistencia técnica y el oportuno financiamiento. La pequeña y mediana industria viene siendo reconocida como fuente de generación de empleos y de inversiones. Constituyéndose así en un elemento dinamizador de la economía, al propiciar el desarrollo nacional equilibrado que conlleve a una distribución más equitativa de la riqueza y, en consecuencia, a una mayor estabilidad social. Esta importancia ha motivado que los países la materialicen en políticas y legislaciones específicas, dirigidas a promover y desarrollar este sector industrial.

2.4 Definición de Términos Básicos

Actuadores: Dispositivo que puede transformar energía eléctrica, hidráulica o neumática cuando se activa un proceso con el objetivo de crear un efecto sobre un determinado proceso automatizado.

Controladores: Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

Instrucciones: Cada una de las órdenes de trabajo de un programa, pudiendo ser de tipo aritmético, lógicas, memorias. E/S (entradas/salidas) y otras.

Lenguaje Ladder: Sistema de comunicación estructurado para el que existe un contexto de uso y ciertos principios combinatorios formales, este lenguaje de programación se programa mediante símbolos gráficos y en diferentes segmentos. Como en las escaleras, en cada segmento (o escalón), programamos las diferentes sentencias de la lógica.

PLC: Un controlador lógico programable es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje u otros procesos de producción.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico se describe como el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que emplean para formular y resolver problemas.

En este capítulo se describirán y analizarán el diseño y las acciones destinadas a resolver el problema planteado. El objetivo general es determinar el tipo de investigación, mientras que el diseño se basa en los procedimientos a realizar. Además, se determinará la unidad de estudio y las técnicas de recolección de datos.

3.1 Tipo de Investigación

La naturaleza del proyecto, hace que la investigación entre en la clasificación de proyecto especial, puesto que se desarrollará una implementación de automatización para una máquina llenadora de bebidas para el consumo humano en envases PET, en la empresa Embotelladora Venezuela, S.A. En lo anteriormente descrito, Meverell Loker y Vosti. (1993) define como proyecto especial a: "...Los trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizados como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural...". (pág. 22)

Así pues, según señala la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2010), los Proyectos Especiales, en todos los casos, deben incluir la demostración de la necesidad de la creación o de la importancia del aporte, según sea el caso, la fundamentación teórica, la descripción de la metodología utilizada y el resultado concreto del trabajo en forma acabada.

Esta información puede ser obtenida directamente de la realidad que se estudia o también de fuentes secundarias, parámetros respectivamente correspondientes a las modalidades de investigación de campo y documental, lo que justifica, a percepción de la UPEL (2010), que éstas sirvan de sustento a los proyectos especiales.

3.2 Diseño de la Investigación

Diseño de investigación se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio. La presente

investigación entra en la clasificación de investigación de campo, puesto que se desarrollará una implementación de automatización para una máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A. Basado en lo anteriormente descrito Arias. (2012) define como investigación de campo o diseño de campo:

“...la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí sus caracteres de investigación no experimental...” (p31)

Dicha investigación es del tipo investigación de campo puesto que la máquina llenadora será puesta en operación, estará fundado en revisión documental de basamentos existentes que especifiquen el funcionamiento y diseño de la producción; así como el diseño requerido para la solución a la problemática planteada.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación se refiere según Arias. (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno” (p.47). El nivel de investigación que se emplea es del tipo descriptivo y documental, definido por Arias. (2012), como: “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación.” (p.95).

Así mismo, Arias. (2012) “La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios; es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.” (p.25).

El nivel de investigación permite situarse y establecer límites de investigación que se plantean. También el nivel permite saber todos los elementos que intervienen y forman parte del desarrollo de la investigación. Lo descrito por Arias, se aplica a todas las investigaciones que conllevan a diseños dirigidos a cubrir necesidades y que están basados en conocimientos anteriores.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

Asimismo, Baptista, P; Fernández, C. y Hernández, R. (2014) definen la población como el agregado de elementos, bien sean personas, organizaciones, eventos, objetos o fenómenos, que presentan alguna característica o rasgo en común y que constituyen el foco de una investigación.

Para la presente investigación, la población objeto de estudio estará representada por la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

3.4.2 Muestra

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

Bajo esta premisa, diversos autores (Tamayo y Tamayo (2003); Borja, M. (2016); Baptista, P; Fernández, C. y Hernández, R. (2014)) clasifican a los muestreos como probabilístico o no probabilístico. En referencia a los muestreos no probabilísticos, los autores señalados expresan que son aquellos que se emplean cuando la probabilidad que tiene cada elemento de la población de ser incluido en la muestra no es conocida, pudiendo ser casuales o intencionados: si el investigador conforma la muestra a partir de aquellos individuos que se encuentran a su disposición al momento de efectuar el análisis, el muestreo será no probabilístico casual; caso contrario, si se basa en juicios previamente establecidos y justificados, se trata de un muestreo no probabilístico intencionado.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006), la muestra “es en esencia un subgrupo de la población, es decir, pertenecen al conjunto definido en sus características”.

(pág. 240).

Dicho esto, para el caso estudio la muestra es de tipo censal y va a estar representada solo por la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, para la empresa Embotelladora Venezuela, S.A., porque son los que están directamente relacionados con la automatización del proceso.

3.5 Técnicas de Recolección de Datos

3.5.1 Observación Directa

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de cualquier trabajo de investigación. Uno de los utilizados para este caso de estudio, es la observación directa.

Según Tamayo y Tamayo (2003), la observación directa “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”. (pág. 193). Para Méndez, C. (2009) la observación directa es el proceso mediante el cual se perciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base en ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar. (pág. 251).

Por lo que, gracias a este instrumento, se puede recolectar la información suministrada en el proceso, las variables existentes, y los objetos relacionados a la máquina de estudio en cuestión.

3.5.2 Revisión Documental

Se procederá a hacer una revisión documental, la cual Hernández, Fernández y Baptista (2014) reseñan como “implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria para enmarcar el problema de investigación” (p.61).

En el presente trabajo de investigación dicha técnica tiene como objetivo recolectar datos mediante análisis de fuentes secundarias del fenómeno estudiado, como una toma de contacto para la comprensión del mismo.

3.5.3 Entrevista no estructurada

Según Sabino, C. (1992), “...Es más flexible y abierta, aunque los objetivos de la investigación rigen a las preguntas, su contenido, orden, profundidad y formulación se encuentran por entero en manos del entrevistador. Si bien el investigador, sobre la base del

problema, los objetivos y las variables, elabora las preguntas antes de realizar la entrevista, modifica el orden, la forma de encauzar las preguntas o su formulación para adaptarlas a las diversas situaciones y características particulares de los sujetos de estudio.”.(pág.34).

La entrevista no estructurada o en profundidad es aquella que se realiza sin un guión previo. Sigue un modelo de conversación entre iguales. En esta modalidad, el rol del entrevistador supone no sólo obtener respuestas sino también saber que preguntas hacer o no hacer.

3.6 Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos para la recolección de datos, según Tamayo y Tamayo (2003) “...Los define como de gran utilidad en la investigación ya que constituyen una forma concreta de la técnica de la técnica de observación logrando que el investigador fije su atención en ciertos aspectos y se sujeten a determinadas condiciones...”. (pág. 119). En esta investigación los instrumentos aplicados son:

3.6.1 Excel

Excel es un software de aplicación a través del cual se pueden realizar operaciones con números organizados en una cuadrícula, implementar fórmulas, crear gráficas, realizar cálculos probabilísticos, análisis de datos, estadística descriptiva, recopilar información relevante en tablas y agruparlas, entre otras acciones.

3.7 Técnicas de Análisis de Resultados

Las técnicas de análisis de datos, según Arias, F. (2012), “Describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan” (p. 111). En este sentido, las técnicas señaladas representan el procedimiento a seguir para la comprensión de los datos recolectados. En virtud de lo anteriormente expuesto, de las variables trabajadas y los instrumentos empleados, con base en el enfoque cualitativo del presente proyecto de investigación, se aplicaron las siguientes técnicas de análisis:

3.7.1 Tabulación

Para Sabino, C. (1992) la tabulación “Significa hacer tablas, listados de datos que los muestren agrupados y contabilizados. Para ello es preciso contar cada una de las respuestas que aparecen, distribuyéndolas de acuerdo a las categorías o códigos previamente definidos” (p.141). Esta técnica resultó útil para el presente proyecto de investigación en la representación de los datos obtenidos mediante observación directa, revisión documental

y levantamientos topográficos, por cuanto facilitó su comprensión y su uso como base para el trabajo.

3.7.2 Matriz FODA

Para Francés, A. (2001), "...La matriz FODA; es una herramienta básica, de gran utilidad en el análisis estratégico. La matriz FODA permite resumir los resultados del análisis externo e interno y sirve de base para la formulación de la estrategia...". (pág.98). Esta técnica resulta útil para la investigación ya que permite las estructuras los aspectos relevantes de la investigación, permitiendo obtener un enfoque global de la situación por medio de los aspectos internos y externos.

3.7.3 Lista de Cotejo

Según Saavedra R, M. (2001) es una lista de indicadores de logro, ítems o de aspectos que forman el estándar de aprendizaje de la competencia, escogidos por el o la profesora, en conjuntamente con los niños y niñas; estableciendo la ausencia o presencia en el aprendizaje conseguido. (pág. 34). Es un instrumento estructurado dentro de la técnica de la observación, que tiene una lista de criterios o desempeños de evaluación, en los que se aprecia la presencia o ausencia a través de la escala dicotómica. Se aprovecha para evaluar trabajos, operaciones, productos, procesos de aprendizaje, o comportamientos.

3.8 Fases Metodológicas

Fase I: Recolección de información sobre el funcionamiento y uso adecuado de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, mediante la búsqueda de distintos manuales.

Actividades:

- Revisión de fuentes bibliográficas acerca de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET que se encuentra disponible en la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.
- Revisión de distintos manuales, tanto del modelo de la máquina, así como de otros fabricantes para el dominio total de información necesario para su comprensión, ya sea para el personal actual o futuro.

Fase II: Selección de las variables involucradas en el proceso, así como los instrumentos para la medición.

Actividades:

- Extracción de variables del proceso mediante el método de observación directa en la planta de llenado de envases PET de botellas para el consumo humano de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.
- Extracción de instrumentos del proceso mediante el método de observación directa en la planta de llenado de envases PET de botellas para el consumo humano de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

Fase III: Elaboración de los planos eléctricos correspondientes al proceso, así como el desarrollo del programa de control en lenguaje escalera.

Actividades:

- Creación de los planos eléctricos correspondientes al tablero de control del proceso de llenado de botellas en envases PET para consumo humano con el software AutoCAD de la empresa AutoDesk y CADe SIMU.
- Creación y desarrollo del programa de control del proceso de llenado de botellas en envases PET para consumo humano en lenguaje escalera con el uso del software CX – One para el PLC OMRON CPM2AH.

Fase IV: Realización de las pruebas finales de puesta en marcha del proceso.

Actividades:

- Pruebas definitivas para la puesta en marcha del proceso de llenado de botellas en envases PET para consumo humano, analizando todos los casos disponibles.
- Eliminación de errores que pudieron existir en las pruebas anteriores, para evitar posibles defectos.
- Comprobación final del funcionamiento del programa, apuntando a lograr su adecuado comportamiento y uso de la máquina.

3.9 Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
LÓGICA DE CONTROL (Dependiente)	Diseño lógico.	<ul style="list-style-type: none"> • PLC. • Software. • Lenguaje escalera.
	Rangos de trabajo nominal.	<ul style="list-style-type: none"> • Margen de error. • Tiempo de acción.
	Durabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de diseño. • Manipulación de dispositivo. • Vida útil.
PLANOS ELÉCTRICOS (Independiente)	Funcionabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia. • Funcionalidad correcta.
	Estabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de calidad. • Soporte técnico.
	Escalabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización. • Escalabilidad Futura. • Crecimiento del proyecto.

Cuadro 1. Cuadro de operacionalización de variables.

Fuente: Chacón y Fernández.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Recolección de información sobre el funcionamiento y uso adecuado de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, mediante la búsqueda de distintos manuales.

4.1.1 Identificación del modelo y tipo de máquina llenadora

Existen diferentes tipos de máquinas llenadoras de líquidos o bebidas a nivel industrial, para esta investigación no se contó con ningún manual o medio documental que identificara a la máquina llenadora clasificándola por su tipo y modelo, mediante una revisión directa se pudo identificar el modelo de la máquina por medio de un número de serial que contiene en la parte frontal de la misma, (ver figura 11).

Modelo RCGF- 32-32-8



Figura 11. Máquina llenadora ubicada en planta de empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al ser una máquina adquirida por importación, se logra conseguir el modelo con sus características por fabricante, el encargado de la fabricación de esta máquina es una empresa de nombre Shine Dew Water Equipment Co., Ltd., fundada en 2006, se encuentra

en la Zona Económica Especial Shenzhen, que es el lugar más dinámico del sur de China. Shine Dew es una empresa que se esfuerza por promover el desarrollo empresarial y logró con éxito la transformación de una fábrica de procesos orientada a la producción a una empresa integrada, que combina la producción, comercio, planificación y el diseño en conjunto. Desde la producción inicial del equipo de tratamiento de agua hasta la máquina de llenado, la máquina de moldeo por soplado de botellas y la máquina de envasado. En su lista de productos se logró conseguir el modelo de la máquina llenadora instalado en la empresa Embotelladora Venezuela, S.A., (ver figura 12 y 13).

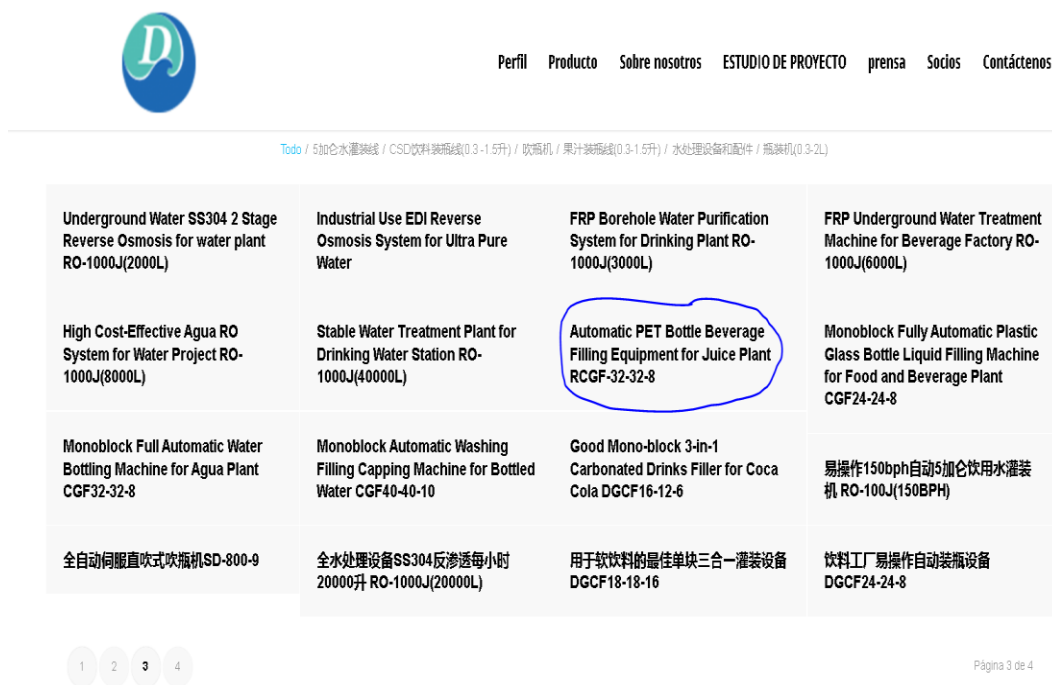


Figura 12. Modelo de máquina en catálogo de fabricante.

Fuente: Shine Dew Water Equipment Co.



Figura 13. Modelo de máquina llenadora PET en catálogo del fabricante.

Fuente: Shine Dew Water Equipment Co.

4.1.2 Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9

N	Artículo	Especificación
1	Bomba de llenado	Marca CNP/sur/nanfang
2	Bomba de lavado	Marca CNP/sur/nanfang
3	Tanque/Buque	Acero inoxidable 304
4	Cilindro de aire	Marca Airtac o marca Festo opcional
5	Capacidad de producción	2000 a 24000 botellas por hora
6	PLC y demás	Marca Omron/Mitsubishi/Siemens
7	Componente electrónico	Marca Schneider
8	Tubería	SS304 o U-PVC
9	Alimentación	380/220V, 50/60 Hz

Tabla 1. Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

- 1) La máquina está estructurada de forma compacta, perfectamente controlada, convenientemente operada y altamente automática.
- 2) Pinza enjuagadora especialmente diseñada sin contacto con el tornillo de la boca, evitando la contaminación de la boca.
- 3) Los componentes en contacto con los materiales están hechos de S / S 316L sin ángulos muertos, fáciles de limpiar.
- 4) Las válvulas de llenado de alta precisión y alta velocidad garantizan un nivel preciso sin pérdidas, satisfaciendo la demanda de llenado completo.

- 5) Los cabezales de tapado están controlados por par magnético para garantizar la calidad del tapado y no dañar las tapas.
- 6) El sistema de clasificación y esterilización de tapas altamente eficiente está equipado con un dispositivo de alimentación y protección de tapas.
- 7) Las botellas se pueden cambiar a través de ruedas estrella, tornillo de alimentación y placa guía, fácil de operar.
- 8) El sistema CIP perfecto garantiza un sistema de llenado limpio para satisfacer las técnicas de llenado en caliente.
- 9) La tecnología de soporte de cuello en el sistema de llenado evita la segunda contaminación para garantizar técnicas de llenado en caliente.
- 10) Equipado con un dispositivo de protección contra sobrecarga que ayuda a asegurar los equipos y los operadores.
- 11) Boquillas de pulverización altamente efectivas de la tecnología de American Spraying Company que limpian cada lado dentro de las botellas.
- 12) El sistema de control es capaz de controlar la velocidad, la inspección de la botella de falta, la parada de la botella de bloque y el conteo de capacidad.
- 13) Los principales componentes electrónicos y neumáticos son productos mundialmente famosos.
- 14) Control de pantalla táctil.

Encendido	Pistones de llenado	Capacidad (B/H)	Potencia (Kilovatios)	Agua de enjuague utilizada (T/h)
1	Para 12	3000 a 4000	2.2	0.8
2	Para 18	6000 – 7000	2.2	0.8
3	Para 24	10000- 12000	3.0	1.2
4	Para 32	12000 – 15000	4.0	1.5

Tabla 2. Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

Modelo	RCGF32-32-8	
Número de puestos de trabajo	Enjuague 32 Llenado 32 Tapado 8	
Capacidad	15000BPH 330ml/botella	5000BPH

	(1500ml/botella)
Presión de suministro de aire	0.7MPa
Consumo de aire	0,8 m ³ /min
Presión del agua de enjuague	0.2 0.25MPa
Consumo de agua de enjuague	1,8 toneladas/hora
Potencia del motor principal	3 KW
Potencia de la máquina	6.5KW
Dimensión	3430X2630X2750
Peso de la máquina	7000kg

Tabla 3. Características de la máquina llenadora RCGF- 32-32-9.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

4.1.3 Tipo de máquina llenadora de PET RCGF- 32-32-8

Según el fabricante de la máquina, el modelo de llenadora instalado en la empresa es un modelo de tipo volumétrica, la cual trabaja con pistones, la máquina tiene 4 tipos de encendido; para trabajo con 12, 18, 24 y 32 pistones de llenado.

- Máquina semiautomática.
- Dosifica productos viscosos.
- De envases PET.
- Es de alta producción.
- Permite calibrar número de pistones.
- Sus boquillas se mueven en x para garantizar el llenado.
- El equipo de llenado de bebidas incluye un contenedor de sujeción de tapas con un sistema de alimentación de tapas rotativas para tapas planas de 28/30mm.
- Los diferentes tipos de aceites no se mezclan entre un proceso y otro.

4.1.4 Diagrama de caja negra del proceso

El diagrama de caja negra pretende situar y dar perspectiva de un contexto formal de la situación presentada, de forma que pueda ser interpretado detalles globales de la

misma.

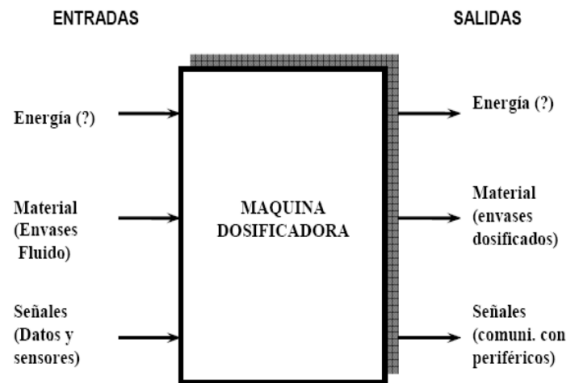


Figura 14. Diagrama de caja negra.

Fuente: Tomado de formato de ULRICH, Karl.

4.1.5 Identificación de conexiones entre PLC y máquina en Excel

Se realizó un seguimiento de todas las conexiones eléctricas y sus elementos asociados, por medio de los identificadores ya asignados en sus cables y componentes, partiendo del tablero principal donde se ubican, el PLC Omron, Contactores, Drivers, fuente conmutada de alimentación para el PLC, entre otros... (Ver figura 15 al 17).



Figura 15. Conexiones a entrada del PLC.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 16. Levantamiento de conexiones.

Fuente: Chacón y Fernández.

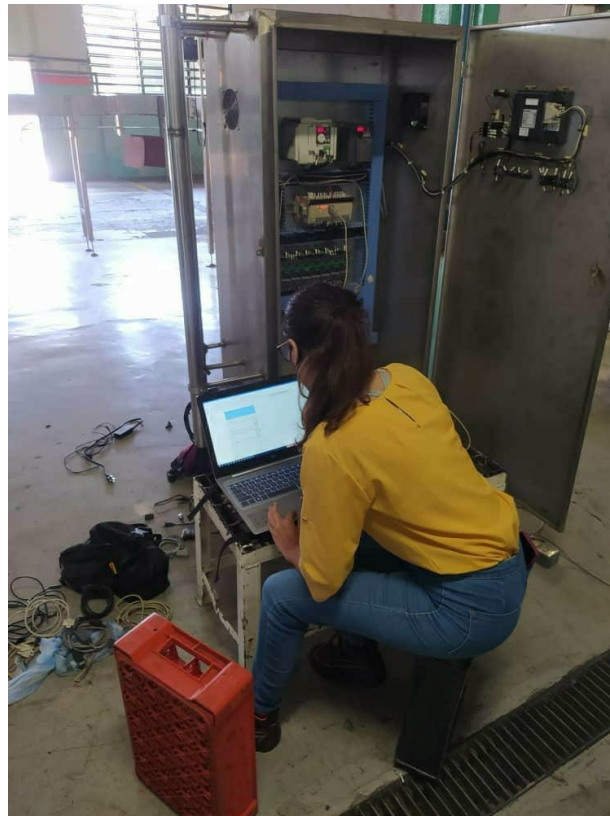


Figura 17. Digitalización y tabulación de las conexiones.

Fuente: Chacón y Fernández

Una vez identificado todas las conexiones entre el autómata programable y los elementos que conforman la máquina, se procedió a realizar la tabulación en Excel de las entradas y salidas del PLC. (Ver figura 18 y 19).

ENTRADAS	
IDENTIFICACIÓN DEL CABLE	CONEXIÓN EN MÁQUINA
	SIN CON
2X1	SENSOR DE BOTELLAS 1
2X2	SENSOR DE BOTELLAS 2
	SIN CON
2X4	SENSOR DE TAPAS 2
2X5	SENSOR DE TAPAS 1
2X6	SENSOR SALIDA DE BOTELLA
2X7	CONTROLADOR DE TEMPERATURA
2X8	CONTROLADOR DE TEMPERATURA
2X9	
2XA	SENSOR DE NIVEL ALTO 1
2XB	SENSOR DE NIVEL BAJO 1
2X10	SELECTOR MANUAL
2X11	SELECTOR AUTOMATICO
2X12	BOTÓN DE ARRANQUE
2X13	BOTÓN DE STOP
2X14	BOTÓN DE RESET
2X15	MARCHA MANUAL HACIA ADELANTE
CABLE ROJO	MARCHA MANUAL HACIA ATRÁS
2X17	PARADA DE EMERGENCIA
2X18	SENSOR DE NIVEL ALTO 2
2X19	SENSOR DE NIVEL BAJO 2
2X1A	VARIADOR DE VELOCIDAD MITSUBISHI S500
2X1B	VARIADOR DE VELOCIDAD MITSUBISHI D700
2X20	CONTACTOR 1
2X21	CONTACTOR 2
2X22	CONTACTOR 3
2X23	CONTACTOR 4
2X24	CONTACTOR 5
2X25	CONTACTOR 6
2X26	CONTACTOR 7
2X27	CONTACTOR 8
2X28	CONTACTOR 9
	SIN CON
	SIN CON
	SIN CON

Figura 18. Tabla de Excel con las identificaciones de conexiones de entrada al PLC.

Fuente: Chacón y Fernández.

SALIDAS	
IDENTIFICACIÓN DEL CABLE	CONEXIÓN EN MÁQUINA
2Y1	BOMBA 1
2STF2	
2STF1	
CABLE BLANCO	MARCHA ATRÁS DEL VARIADOR
	SIN CONE.
	SIN CONE.
	SIN CONE.
	SIN CONE.
2Y10	VÁLVULA 0
2EV1	VÁLVULA 1
2Y2	
CABLE NEGRO	CONTACTO EXTRA OMRON
2EV2	VÁLVULA 2
2EV3	VÁLVULA 3
2EV4	VÁLVULA 4
2EV5	VÁLVULA 5
2Y20	
2Y21	
2Y22	
2Y23	
2Y24	
2Y25	
2Y26	
2Y27	

Figura 19. Tabla de Excel con las identificaciones de conexiones de salida al PLC.

Fuente: Chacón y Fernández.

Máquina llenadora para envases PET	Sí	No	Observaciones
Modelo de la Máquina Instalado RCGF- 32-32-9:	X		Máquina de tipo Volumétrica.
32 pistones	X		A máxima capacidad.
Cilindro básico	X		
Bombas			
• Bombas de alta presión	X		2 bombas.
• Bombas neumáticas		X	
• Bombas sumergibles		X	
• Bombas de engranaje		X	
• Bombas Centrifugas		X	
Sensores			
• Sensores fotoeléctricos	X		Solo en algunas etapas de la máquina o proceso.

• Sensores inductivos	X		
• Sensores capacitivos		X	Solo en algunas etapas de la máquina
Drivers			
• MITSUBISHI –D700	X		
• MITSUBISHI –S500	X		
• Otros		X	
Tanque			
• Principal	X		Tanque principal con jarabe listo para servir en pistones de la máquina llenadora.
• Secundarios		X	
Controlador de temperatura			
• Omron E5CZ- C2MT	X		
HMI			
• Pro face (GP37W2 – BG41 -24V)	X		Una sola.
• Otras		X	

Tabla 4. Lista de equipos o elementos que pertenecen al proceso de la máquina llenadora.

Fuente: CPM2A Specifications Manual.

4.2 Fase II: Selección de las variables involucradas en el proceso, así como los instrumentos para la medición.

Partiendo de la fase anterior, se procederá a seleccionar las variables involucradas en el proceso, así como también la identificación de la instrumentación para cada etapa del proceso de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET.

En la fase anterior se realizó el levantamiento de información del proceso y la máquina, realizando un entendimiento del mismo, logramos identificar las variables principales que son pilares en el proceso de llenado y para la máquina en general, las cuales son las siguientes:

4.2.1 Variable de nivel en tanque principal y suministro de tapas

En el proceso están involucrados dos tanques que cumplen funciones de almacenaje para diferentes situaciones del proceso. Para el tanque 1 o tanque principal que contiene el jarabe final que será servido en los recipientes PET para el llenado y tapado, este contiene dos sensores de nivel que se encargan de avisar al PLC el estado del mismo, si es nivel alto

o bajo, (ver figura 20 y 21).

Si el nivel es bajo (LL) no se actuará la válvula que dará inicio a la entrega de jarabe para los pistones de llenado, debe cumplirse el nivel alto del tanque que sugiera al PLC que el tanque 1 se encuentra en su nivel máximo para empezar la entrega a la máquina.



Figura 20. Tanque 1 y 2 del proceso.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 21. Válvula de drenaje del jarabe para la máquina llenadora.

Fuente: Chacón y Fernández.

Como se puede observar en la figura 21, se encuentra el tanque 1 con la válvula principal ubicada justo debajo del tanque y a su vez se observan dos válvulas más, una en la parte superior del tanque, así como también una en la parte lateral del tanque, estas se encargarán del llenado y están situadas de esa manera debido a que se busca preservar la temperatura de llenado deseada para el producto.

El tanque 2 es un tanque de recirculación, este tanque se encarga de recibir todo el líquido excedente de los pistones de llenado; debido a que una vez se esté llevando a cabo el proceso de llenado puede existir producto excedente que ira directamente de los pistones de llenado hacia el tanque 2 de recirculación y de allí devuelta al proceso de jarabe para ser procesado nuevamente. Estos tanques censan el nivel por medio de sensores tipo boya, estos sensores de nivel cuentan con un interruptor de flotador, este es un instrumento que permite la medición del nivel de líquidos para identificar si se alcanza o excede un nivel predeterminado. Estos sensores se instalan desde el exterior proporcionando un control sencillo del nivel de un líquido dentro de tanques. El sensor está habilitado para un contacto conmutado y tiene un imán instalado dentro del flotador que actúa para el interruptor Reed, y se utiliza para activar o desactivar un circuito de baja potencia (20 W), en este caso una señal al PLC, (ver figura 22).



Figura 22. Sensor tipo flotador para nivel de tanque 1 y tanque 2.

Fuente: Chacón y Fernández.

Por otra parte, se tiene un tanque de almacenaje de tapas para el sellado de las botellas, este suministra tapas al conducto que registra por medio de un sensor foto reflectivo cada tapa que entra al conducto, y entregara tapa por cada botella llenada en los pistones. Este tanque que almacena las tapas cuenta con el sensor foto reflectivo que se encarga de medir

el nivel de suministro de tapas en el que se encuentra el tanque, de modo que existan tapas suficientes al momento de iniciar producción; de no encontrarse en el nivel deseado de tapas, se encenderá una bomba que surtirá de tapas al tanque hasta alcanzar el nivel deseado.

4.2.2 Variable de posición

En la máquina existen sectores del proceso que necesitan censar la posición como es el caso de las botellas y las tapas.

- **Posición de botellas en pistones de llenado:** En esta etapa del proceso un sensor foto reflectivo se encarga de detectar la posición de botellas en los pistones de llenado, este sensor es uno de los más importantes debido a que este se encarga de registrar si existe envase PET en los pistones llenándose, de modo que el próximo sensor se encargara de contar las tapas de sellado para cada envase detectado. (Ver figura 23).



Figura 23. Sensor foto reflectivo para detectar el nivel de tapas en tanque de tapas.

Fuente: Chacón y Fernández.

- **Sensor de posición de botellas en cinta final:** En la siguiente etapa se necesita censar el flujo de botellas que salen del proceso de llenado y sellado del producto hacia la cinta final que se encargara de llevar los envases al proceso de etiquetado. Un sensor foto reflectivo como se observa en la figura 24, es

quien dará orden al motor para encender la cinta que se encarga de dar marcha para trasladar los envases a la etiquetadora.



Figura 24. Sensor foto reflectivo para detectar botella en cinta final.

Fuente: Chacón y Fernández

- **Posición de las tapas:** Como se mencionó anteriormente es importante que una vez se detecten envases en los pistones de llenado, lo cual indica que se está llenando producto en los mismos; es ahí cuando otro sensor foto reflectivo del ducto de tapas se ve referenciado por la señal del sensor de botellas en pistones de llenado, el cual mandara una señal al PLC que registrará el número de botellas en pistones para que el sensor foto reflectivo del ducto de entrega de tapas, proceda a detectar la posición y número de tapas exacta para sellar el producto, acorde al número de envases detectados. (Ver figura 25).

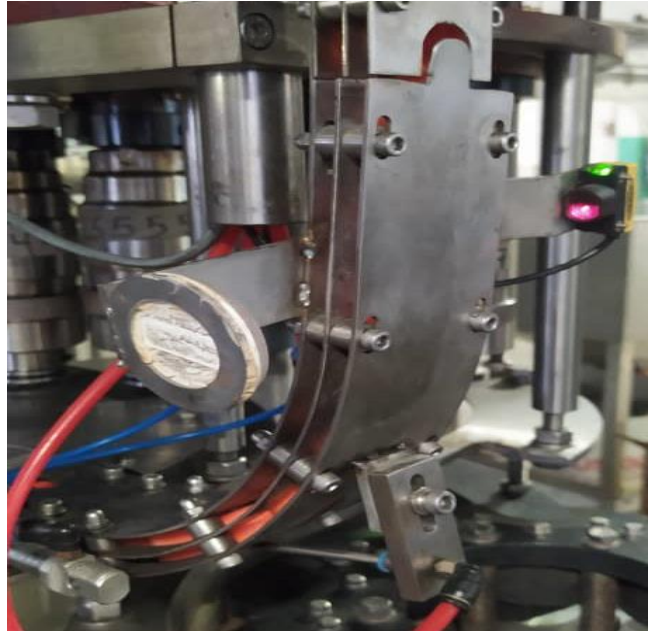


Figura 25. Sensor foto reflectivo para detectar posición y número de tapas a sellar por cada envase llenado.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.2.3 Variable de temperatura

El llenado en caliente es un método ampliamente utilizado en la moderna industria de alimentos y bebidas. El proceso se divide en varias etapas principales:

- 1) Calentar las bebidas.
- 2) Colocar las bebidas en diferentes recipientes.
- 3) Tapar o cerrar los recipientes (para garantizar la pasteurización del espacio del cabezal).
- 4) Mantener las bebidas frías nuevamente.

La temperatura se mantiene a un nivel constante mediante un sistema de control de temperatura con PLC, lo que hace que el proceso sea lo más preciso posible. Estas bebidas se mantienen más seguras y tienen una duración más larga que las bebidas llenadas de otras formas. El llenado en caliente también ofrece beneficios económicos al usar botellas de PET en lugar de botellas de vidrio.

La Norma COVENIN 798:1994 - SENCAMER establece los requisitos para la producción de bebidas, y estipula la temperatura y el tiempo de pasteurización necesarios para garantizar la calidad y la seguridad de los productos. Esta norma específica los

métodos de pasteurización, como el pasteurizado en tanque (*vat pasteurization*), el pasteurizado a temperatura alta y tiempo corto (HTST) y el pasteurizado a temperatura y tiempo ultra-altos (UP), la temperatura de llenado de líquidos para preservar la pasteurización debe estar entre los 22 °C y los 60 °C. Esta temperatura depende del tipo de bebida que se está llenando.

Las bebidas con un índice de pH inferior a 4,6 deben llenarse a temperaturas más altas. Además, la temperatura de llenado debe mantenerse constante para garantizar que el proceso de pasteurización sea efectivo.

Para el proceso de llenado de la máquina se tiene la variable temperatura del producto final que se encuentra en el tanque principal 1, esta temperatura es controlada por un controlador de la familia Omron (E5CZ- C2MT), (ver figura 26 y 27). Este controlador utiliza una fórmula matemática para calcular la diferencia entre el punto de ajuste de temperatura deseado y la temperatura del proceso actual para garantizar que la temperatura del proceso permanezca lo más cerca posible del punto de ajuste, en este caso junto con un sensor PT100 en controlador se encargará de censar la temperatura a 70°C para garantizar la preservación del producto; de no estar en los límites establecidos de temperatura el controlador se encargará de enviar una señal que no permita la apertura de la válvula principal que suministra el producto hacia los pistones de llenado.



Figura 26. Controlador Omron para la temperatura.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 27. Controlador Omron para el control de temperatura.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3 Fase III: Elaboración de los planos eléctricos correspondientes al proceso, así como el desarrollo del programa de control en lenguaje escalera.

La máquina llenadora cuenta con una serie de interconexiones eléctricas que es necesario tomar en cuenta y por tanto desarrollar planos que permitan una mejor interpretación de los elementos que conforman el proceso.

4.3.1 Desarrollo de los planos eléctricos

4.3.1.1 Planos esquemáticos de las tuberías del proceso

Se realizó dos planos esquemáticos donde se muestra las tuberías y los componentes relacionados del flujo del proceso físico. En este caso partiendo de la salida del proceso de jarabe a la máquina llenadora. (Ver figura 28 y 29).

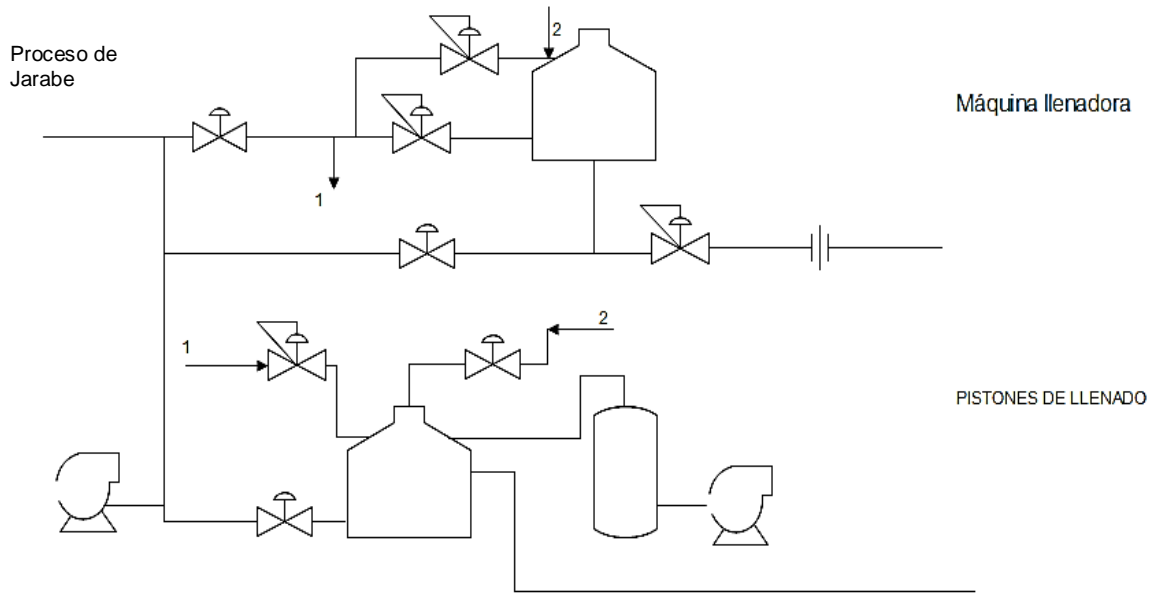


Figura 28. Esquemático de tuberías de la máquina.

Fuente: Chacón y Fernández.

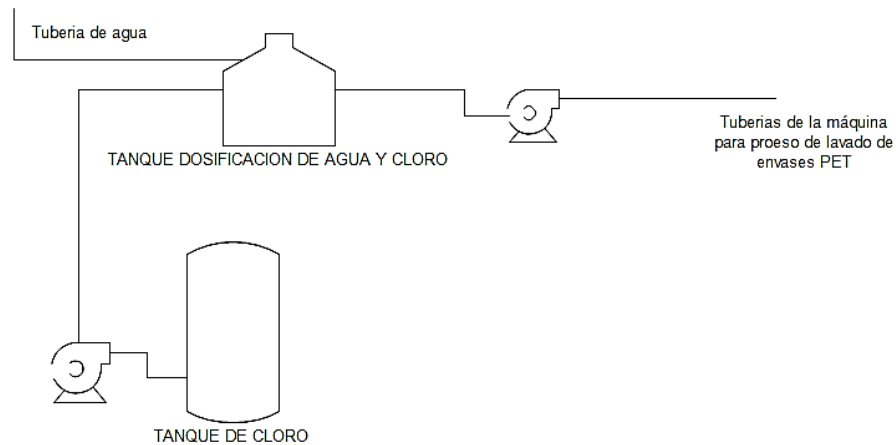


Figura 29. Esquemático de tuberías de la dosificación de cloro para el lavado de envases.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3.1.2 Planos de piezas de la máquina llenadora

Asimismo, se tiene el desarrollo de los planos de distintas piezas de la máquina llenadora de envases PET, donde su entendimiento es de vital importancia para los operarios, ya que, en caso de desgaste, mantenimiento, reparación de piezas o ajuste del equipo, sirvan como guía para la disposición de las partes que lo comprenden. Estos planos son desarrollados en el software AutoCAD 2020 suministrado por AutoDesk, con finalidad

de ser entregados en la administración de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A (ver figura 30 al 33).

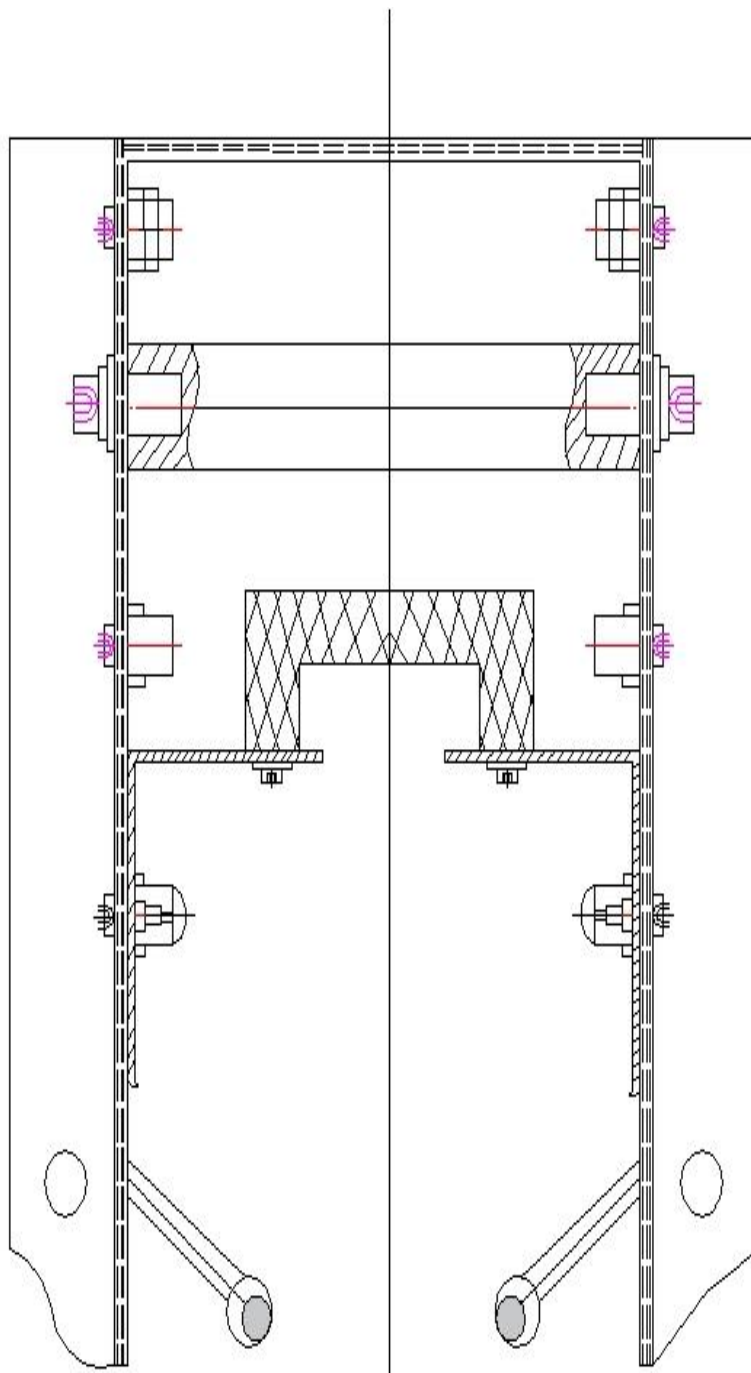


Figura 30. Transportador de alimentos de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

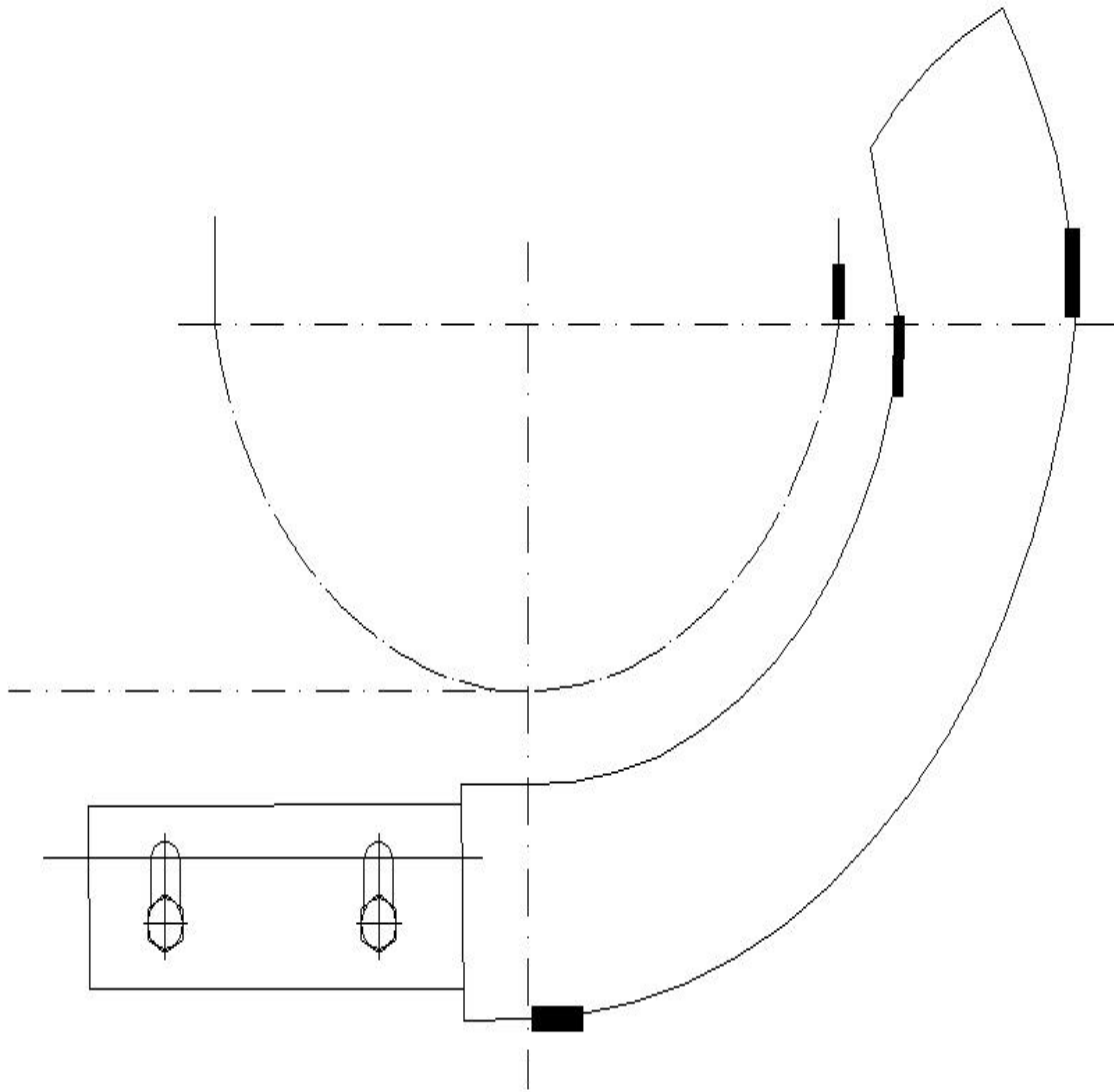


Figura 31. Deflector de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

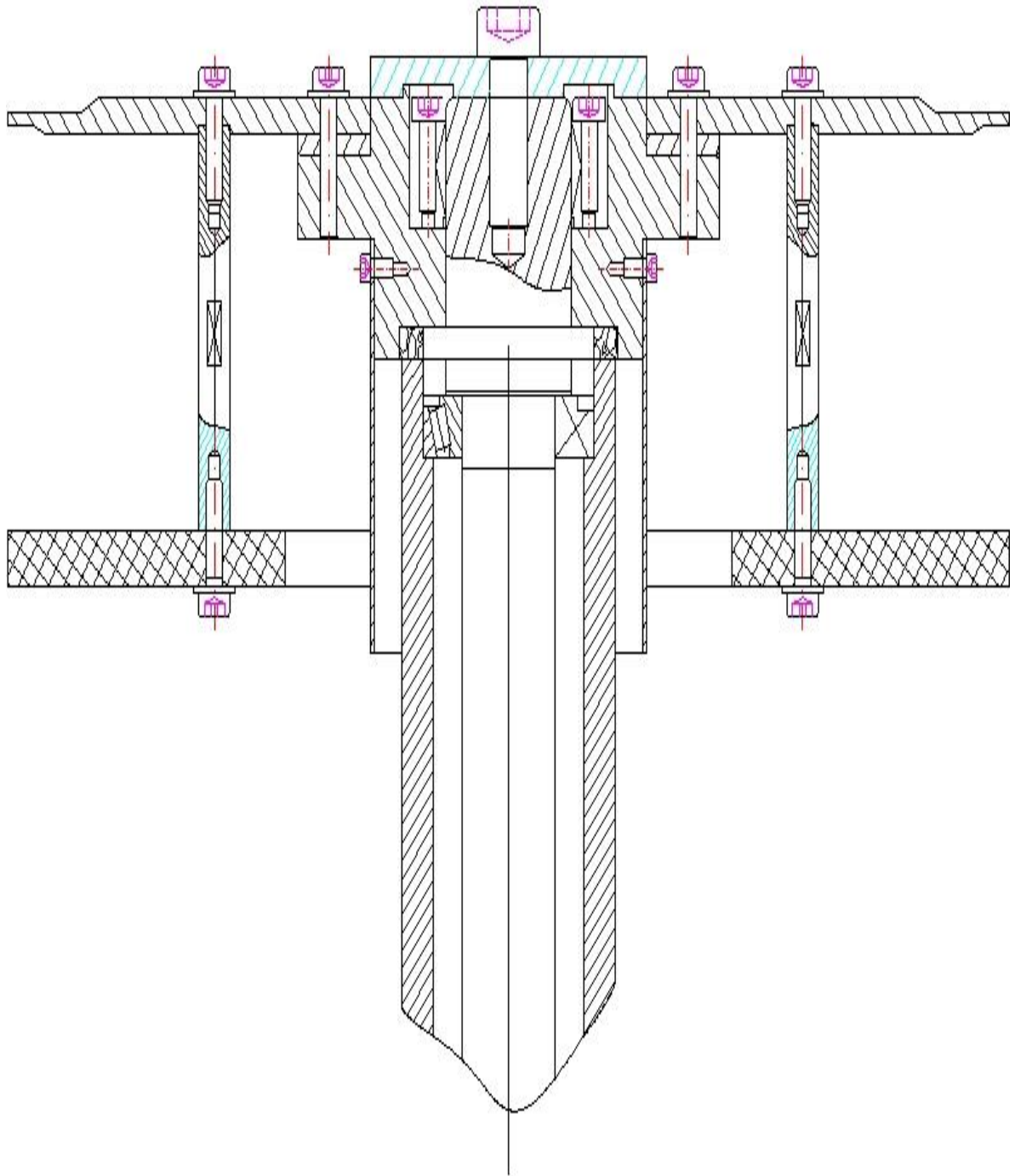


Figura 32. Botella Starwheel.

Fuente: Chacón y Fernández.

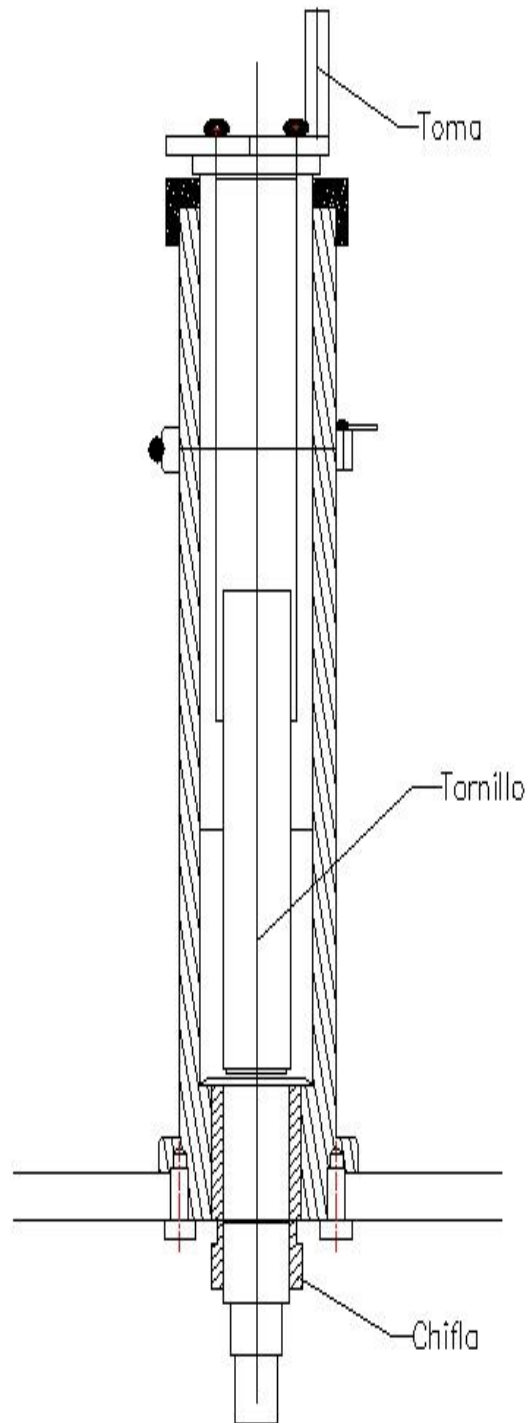


Figura 33. Leva de llenado.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3.1.3 Planos de fuerza y control de arranque de un motor trifásico

Continuando, se tiene el esquema del diagrama del arranque directo de un motor trifásico, el cual aplica para todos los motores que se tienen conectados en el sistema. Dicho diagrama

es realizado bajo la norma de la simbología ANSI, la cual se refiere a los estándares técnicos utilizados en los Estados Unidos para llevar a cabo el aseguramiento de la calidad de los productos industriales y científicos. Estos estándares se aplican a las empresas, al comercio, a los consumidores y a las instituciones públicas. El plano realizado fue diseñado en el software CADe SIMU (ver figura 34 y 35), el cual es ideal para insertar distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación.

Por medio de la interfaz CAD, el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema, por medio de una simulación se puede verificar el correcto funcionamiento.

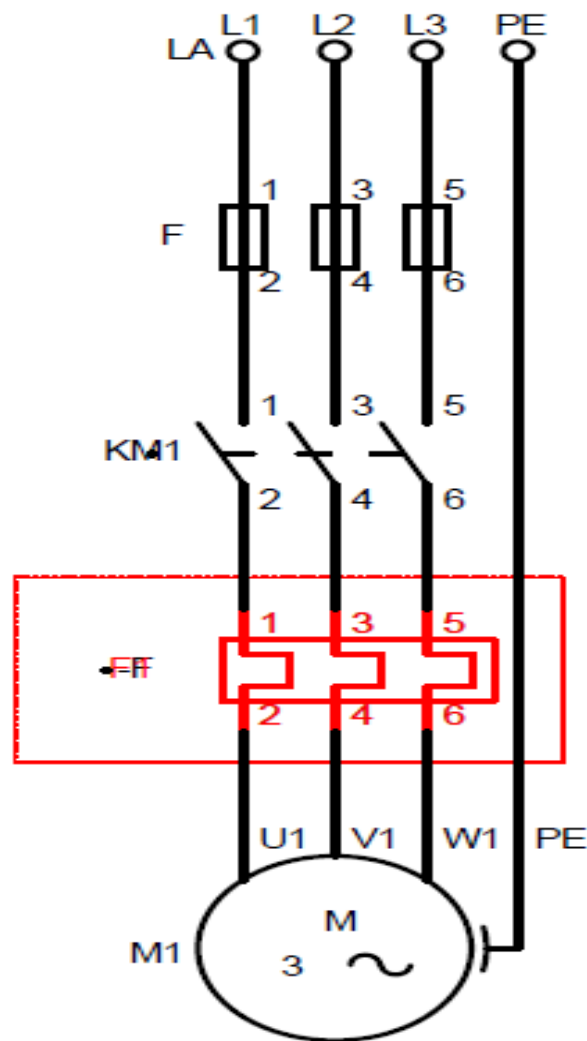


Figura 34. Diagrama de fuerza de un motor trifásico.

Fuente: Chacón y Fernández.

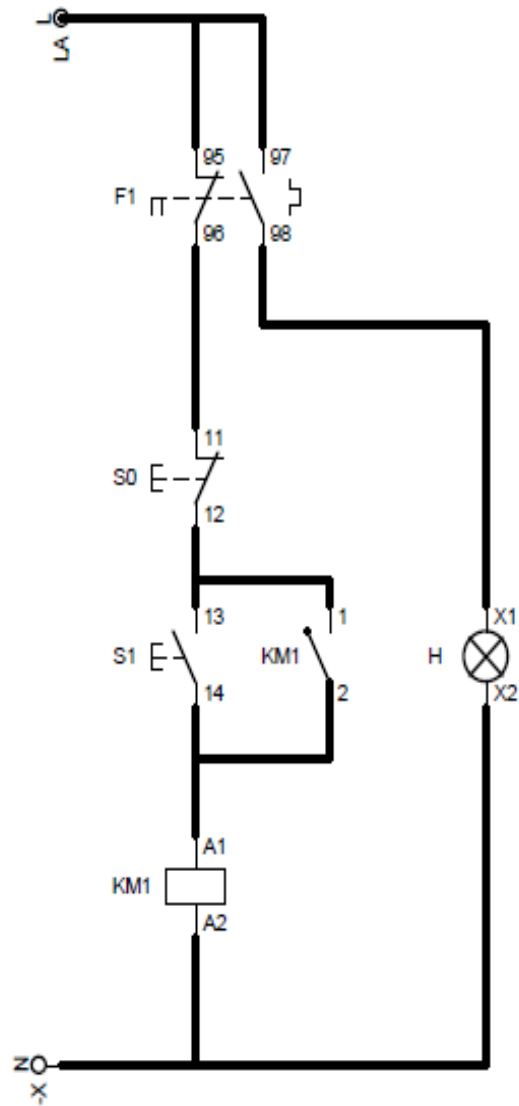


Figura 35. Diagrama de control de un motor trifásico.

Fuente: Chacón y Fernández.

Por último, tenemos un diagrama que refleja los elementos que se encuentran en el tablero de control del sistema, como lo son los variadores de frecuencia, el PLC, los contactores, los relés y la fuente, los cuales proporcionan el manejo del proceso automatizado (ver figura 36).



Figura 36. Esquema de elementos del tablero.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3.2 Desarrollo de la lógica de control

El diseño lógico está comprendido por una representación esquemática donde se visualiza el flujo de datos y la toma de decisiones del controlador ante el fenómeno físico con el que interactúa, buscando siempre la estructuración más óptima y tomando en cuenta las restricciones presentes en el modelo. Este diseño es implementado en el controlador por medio del lenguaje de programación que maneja el equipo, en esta investigación se realizó

toda la lógica de control en lenguaje escalera (LADDER).

- **Diseño de entrada:** Una vez que se completa la identificación de los elementos de arranque del proceso, se procede a realizar el lenguaje con los diferentes elementos de entrada; como lo son los pulsadores normalmente abierto o cerrado, en este caso un ejemplo de ello son el encendido de la máquina llenadora por un *push botton*, así como otras variables de entrada como lo marcas, sensores etc...
- **Diseño de salida:** Una vez establecidas las entradas, las salidas son las derivaciones o consecuencias de la activación de una entrada; al activarse un contacto como entrada de forma manual, este en la lógica deriva a la activación de una bobina que se traducirá en la salida de apertura de una válvula, encendido de algún led de indicación o motor.
- **Diseño de procesamiento:** En este punto se realizaron los cálculos, comparaciones y manipulaciones de datos en general que se requiere en la lógica o sistema y se determinaron durante la fase del pre desarrollo; algunos de estos fueron, enclavamientos, *timers*, funciones, etc.

4.3.3.1 Características del programa

El programa se realizó partiendo del lenguaje de programación LADDER debido a que fue el seleccionado y porque además este lenguaje nos permite tener orden de hechos. El sistema asociado al PLC instalado (Omron), consta de tres canales de entrada, cada uno con 12 entradas digitales, para dar un total de 36 entradas; del mismo modo cuenta con tres canales de salida, cada uno con 8 salidas digitales, para un total de 24 salidas digitales y memorias que en su gran mayoría corresponden a estados o instancias del programa que permiten controlar y saber si se puede o no dar el paso siguiente. Para el desarrollo se utilizó el software *Cx programmer* asociado al PLC OMRON, (ver figura 37).

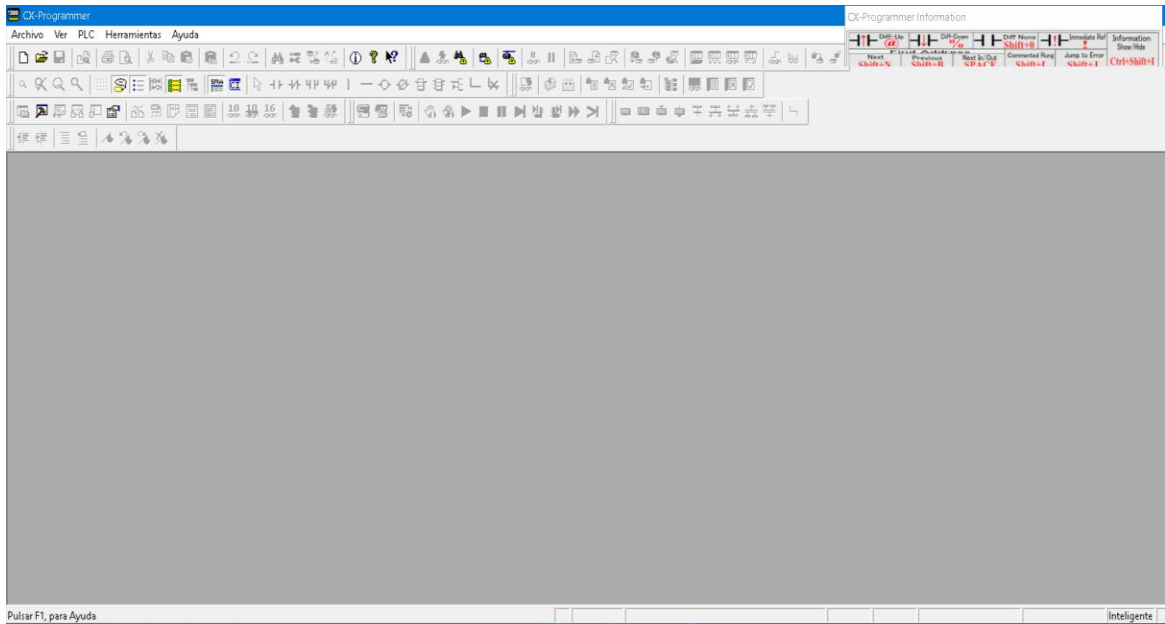


Figura 37. Software asociado al PLC Omron *Cx Programmer* para el desarrollo de la lógica de control.

Fuente: Chacón y Fernández.

En el desarrollo de la lógica de control en el software *Cx programmer*, se consideró los canales de entrada y salidas asociado al PLC; para las entradas tenemos canal del 0 al 2 y cada canal tiene 12 entradas del 0 a la ruta de entrada 11, por tanto, al momento de declarar una entrada en el programa, se empleó de la siguiente manera, (ver figura 38).



Figura 38. Declaración de entrada digital del PLC en canal 1 entrada 06.

Fuente: Chacón y Fernández.

De igual manera se adoptó la misma sintaxis para las salidas, a continuación, se declaró un ejemplo para una salida en el canal de salida 10 ruta de salida 03, (ver figura 39).

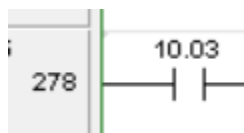


Figura 39. Declaración de salida digital del PLC en canal 10 salida 03.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3.3.2 Asignación de entradas y salidas del PLC a los elementos del proceso

Para el desarrollo de la lógica de control del proceso asociado a la máquina llenadora,

se tabuló en Excel la asignación de cada entrada y salida para cada elemento del proceso, (ver figura 40 y 41).

ENTRADAS			
CANAL PLC	IDENTIFICACIÓN DEL CABLE	CONEXIÓN EN MÁQUINA	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN
0.00	SIN CONEXIÓN		
0.01	2X1	SENSOR DE BOTELLAS 1	SENSOR DE ESTRELLA QUE COORDINA LA ENTREGA DE TAPA A LA BOTELLA
0.02	2X2	SENSOR DE BOTELLAS 2	DETECTA LAS BOTELLAS EN LA LLENADORA
0.03	SIN CONEXIÓN		
0.04	2X4	SENSOR DE TAPAS 2	INDICA LA PRESENCIA EN EL RESERVORIO DE TAPAS
0.05	2X5	SENSOR DE TAPAS 1	DETECTA LA PRESENCIA DE TAPAS EN EL CANAL DE DISPOSICIÓN
0.06	2X6	SENSOR SALIDA DE BOTELLA	CUANDO LA BOTELLA SE ACUMULA EN LA CINTA, PARA LA MÁQUINA
0.07	2X7	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	CONTROLA LA TEMPERATURA DE PAUSTERIZACIÓN
0.08	2X8	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	CONTROLA LA TEMPERATURA DE PAUSTERIZACIÓN
0.09	2X9		
0.10	2XA	SENSOR DE NIVEL ALTO 1	MEDICIÓN DE NIVEL ALTO HL
0.11	2XB	SENSOR DE NIVEL BAJO 1	MEDICIÓN DE NIVEL BAJO LL
1.00	2X10	SELECTOR MANUAL	SELECCIONA MANUALMENTE
1.01	2X11	SELECTOR AUTOMATICO	SELECCIONA AUTOMÁTICAMENTE
1.02	2X12	BOTÓN DE ARRANQUE	ARRANQUE DEL PROCESO
1.03	2X13	BOTÓN DE STOP	PARADA DEL PROCESO
1.04	2X14	BOTÓN DE RESET	RESET DEL PROCESO
1.05	2X15	MARCHA MANUAL HACIA ADELANTE	GIRA HACIA ADELANTE MANUALMENTE
1.06	CABLE ROJO	MARCHA MANUAL HACIA ATRÁS	GIRA HACIA ATRÁS MANUALMENTE
1.07	2X17	PARADA DE EMERGENCIA	PARADA DEL PROCESO EN MODO EMERGENCIA
1.08	2X18	SENSOR DE NIVEL ALTO 2	MEDICIÓN DE NIVEL ALTO HL***
1.09	2X19	SENSOR DE NIVEL BAJO 2	MEDICIÓN DE NIVEL BAJO LL***
1.10	2X1A	VARIADOR DE VELOCIDAD MITSUBISHI S500	SEÑAL DE HABILITACIÓN ***
1.11	2X1B	VARIADOR DE VELOCIDAD MITSUBISHI D700	CONEXIÓN ENTRE EL PUNTO A Y PUNTO C
2.00	2X20	CONTACTOR 1	DISPARO TÉRMICO
2.01	2X21	CONTACTOR 2	DISPARO TÉRMICO
2.02	2X22	CONTACTOR 3	DISPARO TÉRMICO
2.03	2X23	CONTACTOR 4	DISPARO TÉRMICO
2.04	2X24	CONTACTOR 5	DISPARO TÉRMICO
2.05	2X25	CONTACTOR 6	DISPARO TÉRMICO
2.06	2X26	CONTACTOR 7	DISPARO TÉRMICO
2.07	2X27	CONTACTOR 8	DISPARO TÉRMICO
2.08	2X28	CONTACTOR 9	DISPARO TÉRMICO
2.09	SIN CONEXIÓN		
2.10	SIN CONEXIÓN		
2.11	SIN CONEXIÓN		

Figura 40. Asignación de entradas del PLC con cada elemento del proceso.

Fuente: Chacón y Fernández.

SALIDAS			
CANAL PLC	IDENTIFICACIÓN DEL CABLE	CONEXIÓN EN MÁQUINA	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN
10.00	2Y1	BOMBA 1	BOMBA DEL TANQUE DE ABAJO
10.01	28TF2		
10.02	28TF1		
10.03	CABLE BLANCO	MARCHA ATRÁS DEL VARIADOR	MARCHA ATRÁS DEL VARIADOR MITSUBISHI S500
10.04		SIN CONEXIÓN	
10.05		SIN CONEXIÓN	
10.06		SIN CONEXIÓN	
10.07		SIN CONEXIÓN	
11.00	2Y10	VÁLVULA 0	LLV
11.01	2EV1	VÁLVULA 1	TANQUE 1
11.02	2Y2		
11.03	CABLE NEGRO	CONTACTO EXTRA OMRON	ACTIVACIÓN DEL RELÉ, ALIMENTA AL 2EV6 Y A LA BOMBA DE JARABE
11.04	2EV2	VÁLVULA 2	PISTÓN DE TAPA
11.05	2EV3	VÁLVULA 3	CIP V CÍRCULO DE LAVADO
11.06	2EV4	VÁLVULA 4	FILL V LLENADO
11.07	2EV5	VÁLVULA 5	CIRCU V CIRCULACIÓN
12.00	2Y20		
12.01	2Y21		
12.02	2Y22		
12.03	2Y23		
12.04	2Y24		
12.05	2Y25		
12.06	2Y26		
12.07	2Y27		

Figura 41. Asignación de salidas del PLC con cada elemento del proceso.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.3.3.3 Funcionamiento de la máquina con el desarrollo lógico

Todo el proceso inicia con el mando de arranque inicial, stop, parada de emergencia y modos de trabajo, para que la máquina pueda recibir la energía se debe activar el botón de arranque, la máquina cuenta con dos modos de trabajo; modo manual o automático; estos modos de trabajo nos darán inicio a la primera etapa del proceso de la máquina la cual es el lavado de botellas. Para el inicio o arranque de la máquina se asignó al canal 1 entrada 02 del PLC. (Ver figura 42).

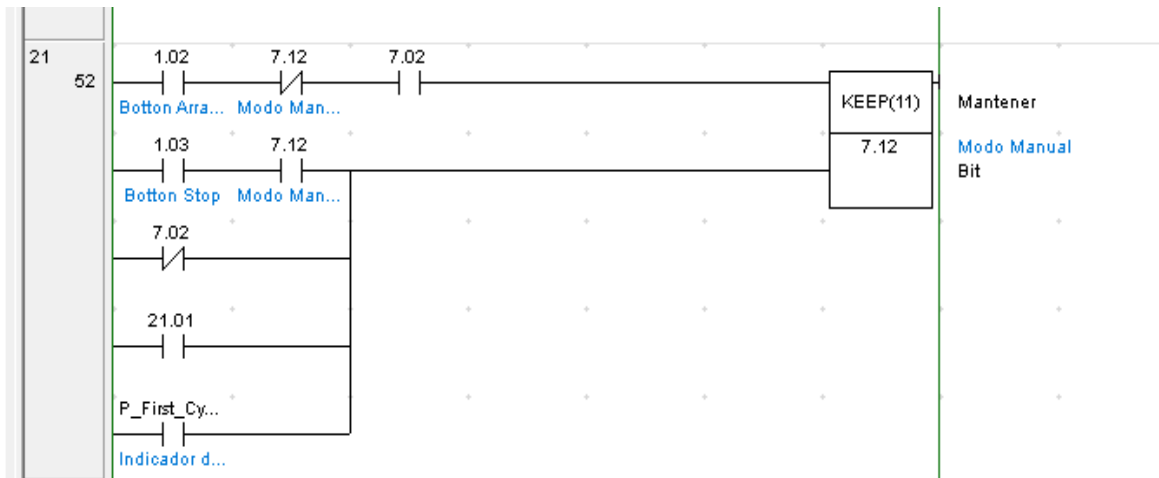


Figura 42. Inicio o arranque de la máquina.

Fuente: Chacón y Fernández.

Los modos de trabajo los cuales son modo manual y modo automático, permiten que el proceso se inicie en automático si así se escoge, y este modo de trabajo permite que el proceso se lleve a cabo con los parámetros establecidos por el programa, el modo automático fue asignado en el programa como canal 1 entrada 01, (CH1.01), ver figura 43; mientras que el modo manual permite que se regulen parámetros de velocidad de trabajo de producción de la máquina, esto lo hará de forma manual un operador de planta, el modo manual fue asignado en el programa al canal 1 entrada 00, (CH1.00).

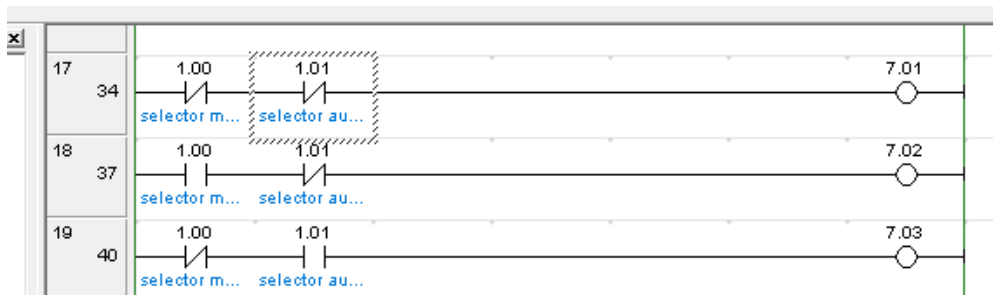


Figura 43. Modo de trabajo manual (CH1, 00) y modo de trabajo automático (CH1.01).

Fuente: Chacón y Fernández.

Por otra parte, los parámetros mencionados para iniciar un en modo manual la máquina, serán por medio de la entrada asignada en el programa como canal 1 entrada 06 (CH1.06), esta para dar marcha manual hacia atrás y el canal 1 entrada 05 (CH1.05) se asignó para la marcha manual hacia adelante, ver figura 44.

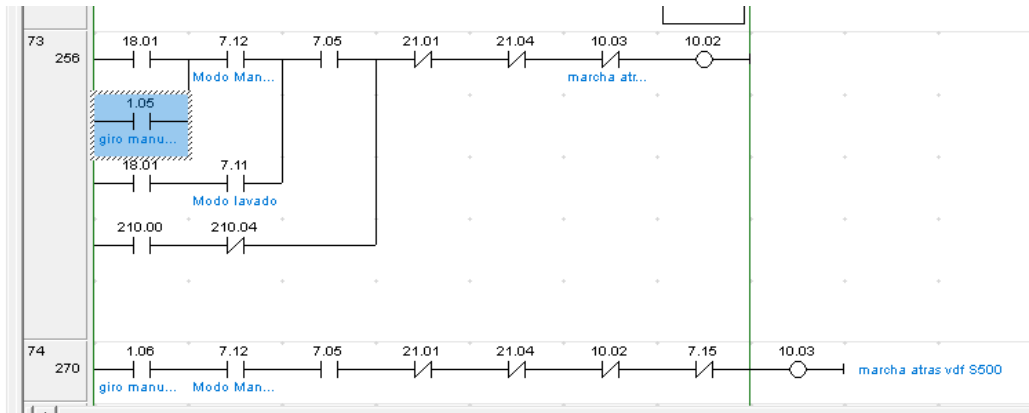


Figura 44. Marcha manual hacia atrás (CH1.06) y marcha manual hacia adelante (CH1.05).

Fuente: Chacón y Fernández.

La máquina llenadora cuenta con un proceso inicial de trabajo donde las botellas se alimentan a través del transportador de aire, que se encarga de llevar las botellas del tanque principal de suministro de botellas hasta la rueda estelar en la enjuagadora del monobloque. (Ver figura 45).



Figura 45. Tanque de suministro de botellas PET y transportador de aire de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández

Por otra parte, la abrazadera de botella instalada en la rueda giratoria de la enjuagadora agarrará la boca de la botella y hará un giro de 180° a lo largo de un riel guía, de modo que luego la boca de las botellas quede hacia abajo para que puedan recibir la dosificación de agua y cloro, (ver figura 46 y 47).



Figura 46. Boquillas de enjuague para las botellas con riel de posicionamiento a 180°.

Fuente: Chacón y Fernández.

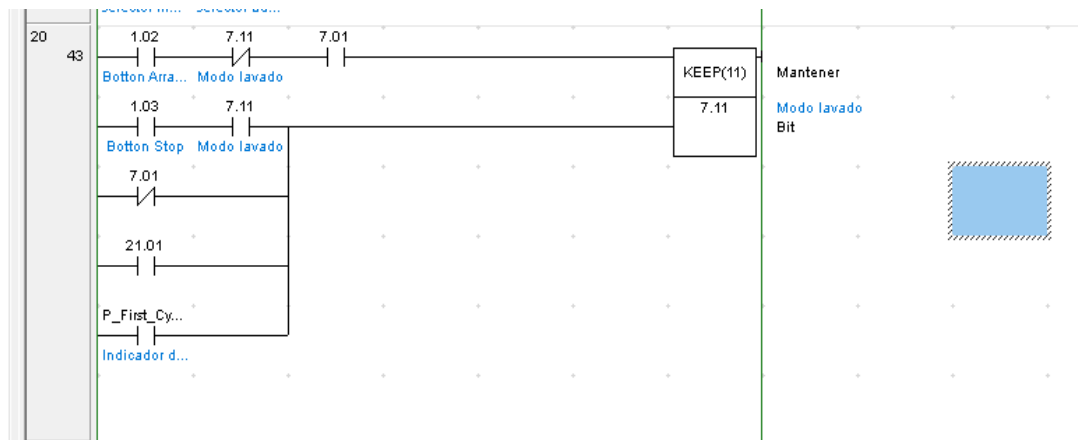


Figura 47. Boquillas de enjuague para las botellas con riel de posicionamiento a 180°.

Fuente: Chacón y Fernández.

En la sección designada de la enjuagadora, el agua se extrae por medio de un motor asociado a la marca (4.11), este motor extrae el agua de un tanque que a su vez se mezcla con cloro para cumplir con los protocolos de sanidad de envases, y por dosificación inicia el proceso de enjuague; cómo se puede observar en la figura 48, se tiene dos tanques, uno de agua y otro de cloro en conjunto con el motor que llevará la mezcla a las boquillas de enjuague. La mezcla de agua y cloro saldrá de las boquillas especiales para lavar el interior de las botellas, la activación de una válvula (LLV) fue asignada en el programa al canal 11 salida 00 (11.00), esta abrirá la salida neumática de aire para que a través del transportador las botellas PET lleguen a las boquillas especiales de enjuague, ver figura 49. Después de enjuagar y gotear, las botellas son agarradas por una abrazadera y harán otro giro de 180°

a lo largo del riel guía para ponerse de pie, de modo que luego las botellas limpias serán transmitidas a los pistones de llenado por algunas ruedas estelares.



Figura 48. Tanque principal de agua y tanque de cloro para la dosificación de lavado de las botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

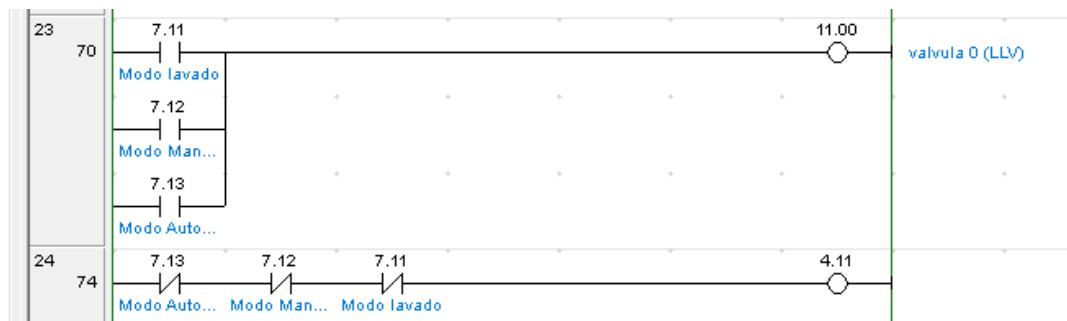


Figura 49. Válvula de apertura de mezcla de agua y cloro asociado a salida 11.00 y marca de motor 4.11.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al proceso también se le agregó una parada de emergencia que permita detener el funcionamiento de la máquina cuando ocurra algún inconveniente importante que lo amerite, esta parada de emergencia se identifica en el programa como canal 1 salida 07, (ver figura 50).

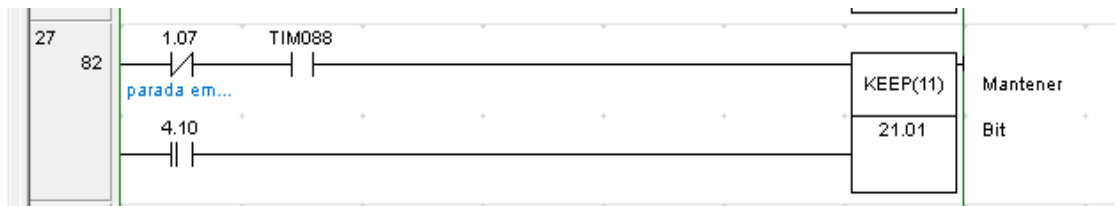


Figura 50. Parada de emergencia de la máquina.

Fuente: Chacón y Fernández.

Una vez terminado el proceso de enjuague de las botellas, las botellas pasan a entrar en la llenadora, las botellas se retienen mediante una tapa de campana en la boca, que se acciona mediante un cilindro elevador para elevarlas y acoplarlas con los pistones de llenado, y la cubierta de campana también se levanta al mismo tiempo. Las válvulas de llenado se abren mediante señales de presencia de botellas, la presencia de botellas en los pistones de llenado se detecta por medio un sensor foto reflectivo que detectará la presencia de botellas y dará apertura a la válvula principal de producto, en el programa la señal del sensor foto reflectivo se asigna como canal 0 entrada 02, (CH0.02) (ver figura 51 y 52).



Figura 51. Pistones de llenado y cubierta de campana.

Fuente: Chacón y Fernández.

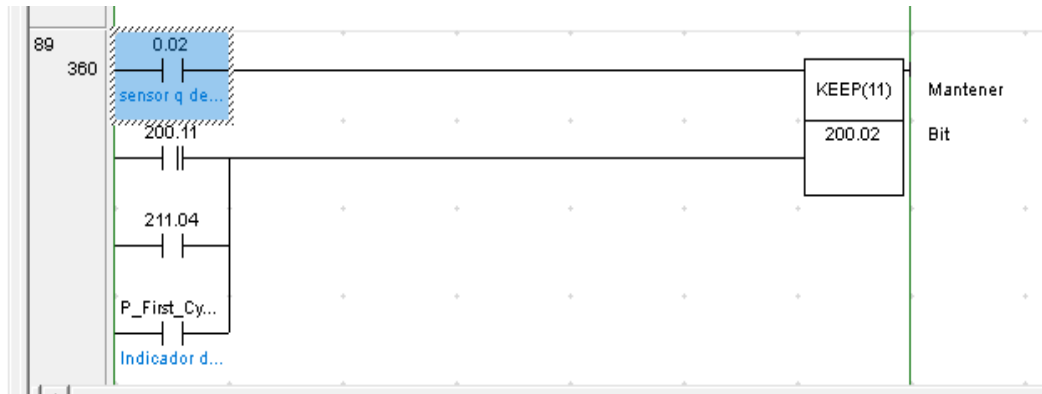


Figura 52. Asignación de entrada en programa asociada al sensor foto reflectivo de presencia de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

Antes de iniciar el proceso de llenado, es necesario que se cumplan los niveles de producto final en el tanque principal; debe existir un nivel alto en el tanque para que pueda iniciar el proceso de llenado, garantizando así producto suficiente, por otra parte al no cumplirse un nivel alto en el tanque se debe activar el sensor de nivel bajo para que no permita la apertura de la válvula de servir, esto se observa como un permisivo en la figura 53, que está asociado en el programa como entrada 0.11(LLV) al nivel bajo del tanque. Por medio de sensores tipo boya, se programa para que al existir un nivel alto asociado en el programa como entrada 0.10 (HLV) se pueda abrir la válvula principal que dará permiso a que el producto entre a los pistones de llenado, la válvula está asociada en el programa como salida 11.01, ver figura 54 y 55.



Figura 53. Sensor de nivel alto para tanque principal con jarabe.

Fuente: Chacón y Fernández.

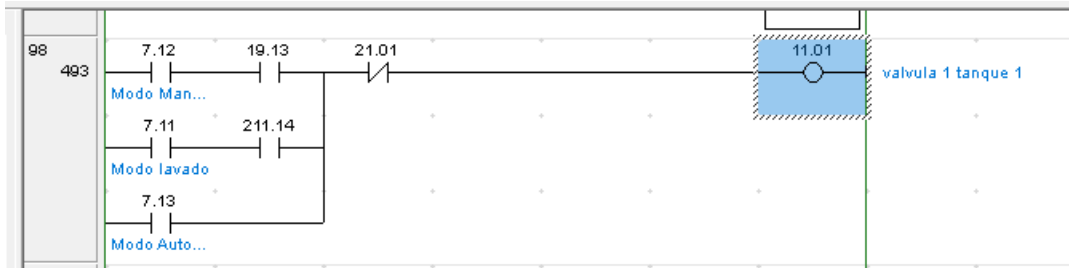


Figura 54. Válvula para servir producto de tanque principal en pistones de llenado.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al pasar el tiempo preestablecido, se puede pasar a la siguiente parte del proceso, que es el llenado de las botellas con la válvula 4 (ver figura 55). Cuando la botella llega su punto máximo de llenado, los pistones siguen entregando producto. La botella no va a rebotar producto, ya que el sellado es hermético, poseyendo un vacío que procederá a que el producto no esté recirculando, solo está siendo enviado de vuelta por la tubería (ver figura 56 y 57).

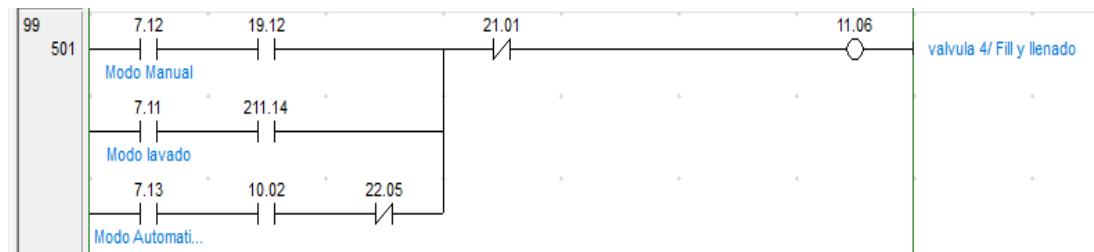


Figura 55. Válvula de llenado de producto en las botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 56. Válvula de circulación de producto.

Fuente: Chacón y Fernández.

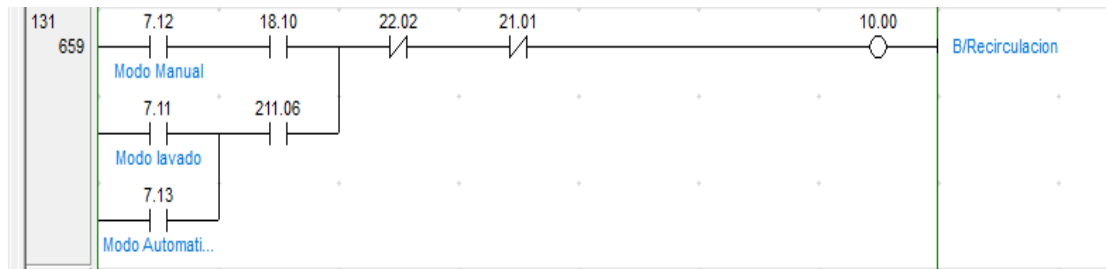


Figura 57. Bomba de recirculación.

Fuente: Chacón y Fernández.

Por otro lado, el ciclo de lavado se ve activado por la válvula 3, haciendo que la corriente de agua enjuague las botellas a presión para higienizarlas y evitar cualquier tipo de impurezas que pudieran haber quedado de procesos anteriores (ver figura 58).

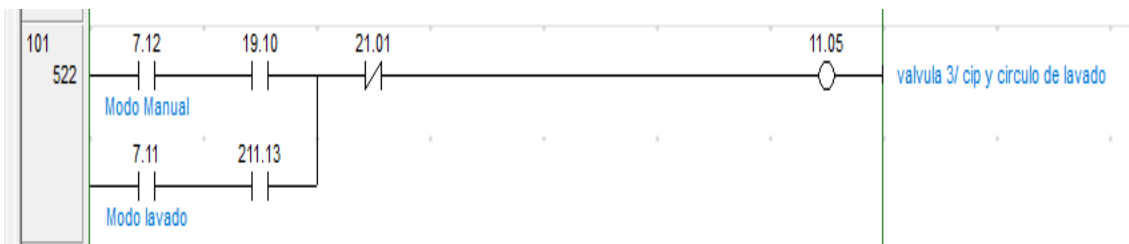


Figura 58. Válvula de ciclo de lavado de las botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

Así como se necesita el sistema de llenado, también la máquina posee un sensor de tapas que indica la presencia en el reservorio de tapas (entrada 0.04), para que de esta manera sea posible la continua colocación de tapas a medida que las botellas sean dispuestas en la estación de tapado (ver figura 59). Si no existen tapas en el canal del reservorio, la máquina debe parar. Este sensor trabaja en conjunto con el sensor que detecta la presencia de tapas en el canal de disposición, dado que, si este no posee tapas, el reservorio es capaz de suministrar la cantidad de tapas faltantes.

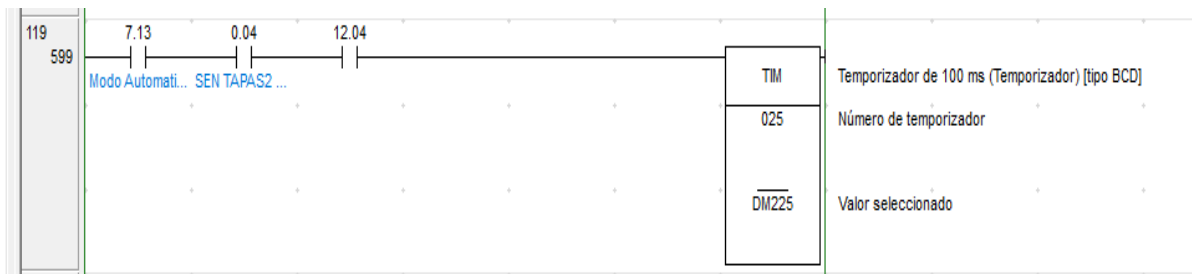


Figura 59. Sensor que indica la presencia de tapas en el reservorio.

Fuente: Chacón y Fernández.

Por tanto, debe existir una sincronización con la detección de las botellas en la llenadora (entrada 0.02), y de la misma manera con el sensor de estrella que coordina la entrega de la tapa a la botella (entrada 0.01), entrelazando completamente los tiempos de acción que necesitan para funcionar adecuadamente. (ver figura 60 y 61). Después de tapar la botella, puede salir de la estación de la máquina llenadora para seguir con las siguientes etapas del proceso de la creación del producto terminado.

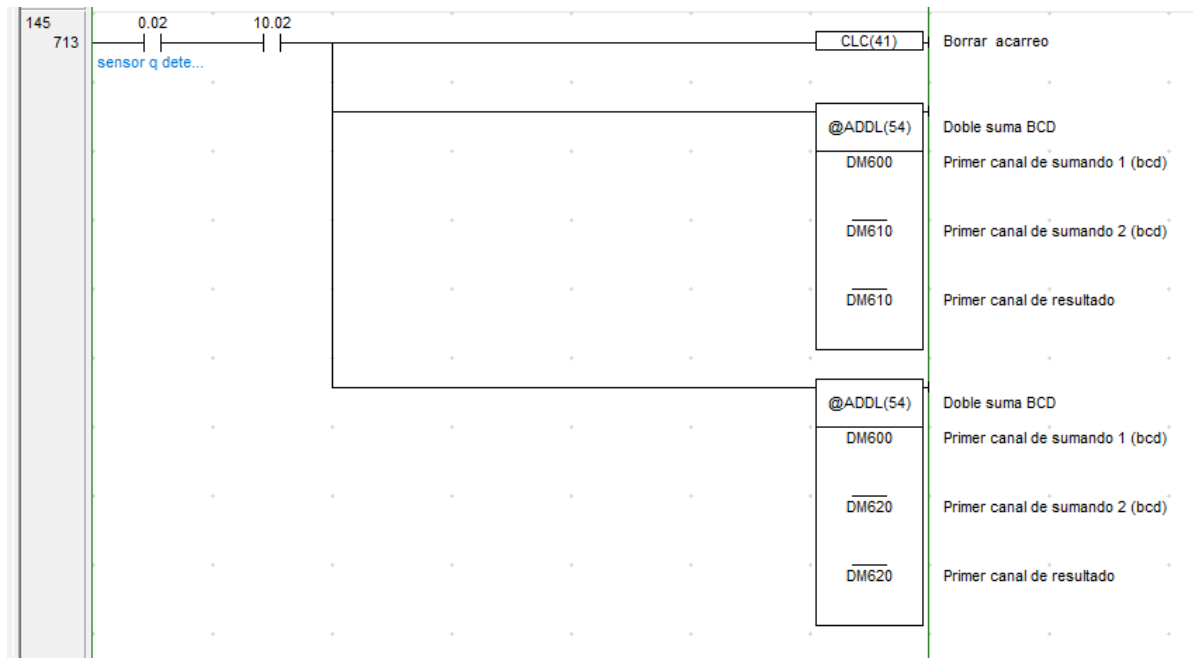


Figura 60. Sensor que detecta las botellas en la llenadora.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 61. Sensor de estrella que coordina la entrega de la tapa a la botella.

Fuente: Chacón y Fernández.

En otro orden de ideas, así como se tienen los sensores de nivel alto y bajo del tanque 2, también se poseen dichos sensores para el tanque 1 (ver figura 62), en dado caso que, si el tanque se llegue a llenar, cortar el suministro de producto para no causar ningún desbordamiento o accidente, y si el tanque se llega a vaciar, parar el proceso para restituir el producto en el tanque.



Figura 62. Sensor de nivel bajo (0.11) y alto (0.10) para el tanque 1.

Fuente: Chacón y Fernández.

Es importante señalar que los tiempos de acción están debidamente cronometrados para que ciertas etapas trabajen en simultáneo, lo que se realizó a medida de ensayo y error, para de esta manera terminar con la programación de la máquina llenadora de botellas PET.

4.4 Fase IV: Realización de las pruebas finales de puesta en marcha del proceso

La fase de pruebas es imprescindible para el buen funcionamiento de la máquina, ya que, sin ella, no se pueden dar fe de la eficiencia y trabajo apto que se tiene que cumplir, siguiendo con los parámetros preestablecidos anteriormente.

Cada apartado mostrará las capturas del proceso de pruebas, en función de corroborar los pasos relacionados a cada explicación realizada. Al mismo tiempo, el funcionamiento del sistema se produce con ciertos matices, que, con cada prueba, se van enmendando para que de esta manera se muestre una confianza en el proceso final.

4.4.1 Prueba de lavado de botellas

Primeramente, se realiza la prueba con la máquina llenadora de envases PET en modo Lavado. En los procesos con productos alimenticios, esta prueba es de suma importancia, ya que es realizada para higienizar por norma las botellas, y eliminar cualquier tipo de residuos o bacterias que se puedan encontrar en las mismas. El agua con el cual se realiza el lavado está aproximadamente entre 75 – 80 °C y contiene una pequeña dosificación de cloro, por lo que se tiene que tener un cuidado exhaustivo tanto del personal como de los equipos y materiales a utilizar.

El proceso de lavado inicia con la disposición de las botellas en el carril de entrada de

la máquina. Las botellas tienen que estar vacías y ordenadamente en fila para empezar el proceso (ver figura 63).



Figura 63. Carril de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al entrar las botellas a la máquina llenadora, estas son enjuagadas con una corriente de agua caliente a presión, lo cual funciona para separar cualquier tipo de residuo que esté adjunto a la botella, ya que, como el líquido es azucarado, es normal que posea una textura pegajosa que pueda ocasionar futuros sedimentos o remanentes (ver figura 64).



Figura 64. Lavado de botellas.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al terminar esta etapa, las botellas son transferidas al área de llenado, donde se aprecia como cada una de las botellas es cargada con agua hasta su tope máximo. Esta área es la misma utilizada en el llenado automático y manual con el producto final, pero al estar en el modo de lavado, se utiliza la misma agua caliente que recicla para aprovechar al máximo las características de la máquina llenadora (ver figura 65).



Figura 65. Transporte de botellas de zona de lavado a zona de llenado.

Fuente: Chacón y Fernández.

Por último, las botellas llenadas con el agua caliente salen por la cinta transportadora hacia el exterior de la máquina, donde son recibidas por uno de los operarios, el cual se encarga de desechar el contenido de las botellas y almacenarlas para su debido enfriamiento a temperatura ambiente, para que de esta manera puedan ser utilizadas posteriormente en el llenado de botellas con producto real (ver figura 66).



Figura 66. Salida de botellas de la máquina llenadora.

Fuente: Chacón y Fernández.

4.4.2 Prueba de llenado de botellas con sustancia de prueba

Así como en la prueba anterior, lo primero a realizar es la colocación de las botellas en el carril de entrada de la máquina llenadora para poder empezar con el proceso de llenado. A diferencia del proceso anterior, las botellas seguirán su camino por la máquina hasta llegar al proceso de llenado. Es decir, estas no son enjuagadas por ningún tipo de producto en el transcurso de su recorrido.

Es de suma importancia señalar que el producto a utilizar en esta prueba es agua con colorante verde claro, para que sea completamente visible el comportamiento del fluido y proporcione mayor facilidad tanto a los operarios como a los autores del trabajo de investigación (ver figura 67 y 68).



Figura 67. Llegada de botellas a la máquina llenadora.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 68. Traslado de botellas a través de la máquina.

Fuente: Chacón y Fernández.

Las botellas son cargadas con el producto hasta estar completamente llenas, siendo esto posible por el funcionamiento de los pistones. Cuando la botella llega a su punto máximo de llenado, la válvula sigue entregando producto. Al estar herméticamente sellado, el producto sobrante será desplazado a la tubería inferior hasta el tanque de retorno, sin estar recirculando, solo siendo enviado de vuelta para poder ser usado en las siguientes botellas (ver figura 69).



Figura 69. Llenado de las botellas con el producto de prueba.

Fuente: Chacón y Fernández.

Al salir de la etapa de llenado, se encuentran directamente en el área de distribución de tapas, la cual se encarga de colocar las tapas a las botellas con su respectivo sensor de posición, el cual está colocado en la parte superior de la máquina e indica que no se tienen tapas. Cuando no hay existencia de tapas, el motor encargado de enviar las tapas a su disposición es encendido, por lo que el sistema queda lleno de tapas nuevamente. También existe otro sensor de posición, que conjunto con el descrito anteriormente, van sincronizando los puntos de entrega de la tapa, y le indican al pistón que abra su mecanismo para que suelte las tapas. Si dicho sensor indica que no se tiene ninguna tapa en el canal, la máquina es paralizada (ver figura 70 y 71).



Figura 70. Funcionamiento del sensor de tapas del canal de disposición.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 71. Botellas debidamente tapadas.

Fuente: Chacón y Fernández.

Como paso final, las botellas son trasladadas a la cinta transportadora, para que de esta manera puedan pasar a los otros procesos faltantes, como lo son el enfriamiento de las botellas, la etiquetadora de tapas, la etiquetadora de las botellas y la empaquetadora, para de esta manera poder tener el producto final (ver figura 72).



Figura 72. Salida de las botellas con sus respectivas tapas de la máquina llenadora para pasar a las siguientes fases del proceso de la empresa Embotelladora Venezuela, S.A.

Fuente: Chacón y Fernández.

Es importante destacar que los operarios de la planta tienen un rol importante en las diferentes pruebas, ya que estos poco a poco van aprendiendo del funcionamiento completo de la máquina y aprenden a actuar en caso de errores o emergencias, como los ocasionados durante los ensayos realizados, donde se tienen que resolver problemas de contactos físicos, o mejoras de software del programa para lograr el mejor resultado posible (ver figura 73 y 74).



Figura 73. Resolución de problema de contactos físicos en la máquina.

Fuente: Chacón y Fernández.



Figura 74. Resolución de problemas de software.

Fuente: Chacón y Fernández.

En retrospectiva, la buena implementación de la máquina llenadora de botellas en envases PET da lugar a la delegación de nuevas tareas a los empleados para que mejoren el funcionamiento del sistema. El sistema añade nuevas propiedades, que son aprovechables de forma positiva si se hace especial énfasis en su manejo, preparación y posterior mantenimiento en el tiempo. Su uso no solo representa un activo para la empresa, sino una nueva forma de innovar al mercado venezolano con un nuevo producto, renovar su imagen como empresa productiva y reformadora, que no se queda atrás con las nuevas tecnologías y además contribuye al cuidado del ambiente, fomentando así el reciclaje y solucionando los problemas que se puedan encontrar por el camino.

CONCLUSIONES

Haciendo un énfasis en el desarrollo de la investigación del presente proyecto, se llevaron a cabo diferentes ensayos que, gracias a estos, se permitieron conformar la distribución final del trabajo de grado que representa al sistema de control para una máquina llenadora de botellas en envases PET para consumo humano.

Esto es posible, ya que cada una de las fases fueron parte fundamental de la investigación, y estas integran los objetivos básicos buscados desde un principio, permitiendo de esta manera ejecutar las funciones deseadas de forma adecuada, y seguir el esquema inicialmente planteado para la consecución de los objetivos básicos de la investigación. Las conclusiones más importantes logradas en este trabajo, relacionadas a cada uno de los puntos del sistema se observan a continuación.

- En la primera fase, se recolectó la información sobre el funcionamiento y uso adecuado de la máquina llenadora de bebidas para consumo humano en envases PET, mediante el uso de varios instrumentos, como la búsqueda de distintos manuales de la maquinaria, revisión de fuentes bibliográficas del proceso en la empresa, y entrevistas no estructuradas en la planta hacia los operarios. De esta forma, se evidenció el estado actual de los componentes del sistema y el desarrollo del funcionamiento.

- En la selección de las variables involucradas en el proceso, así como los instrumentos para la medición, se hizo énfasis en la influencia de los mismos en el desarrollo y su importancia en la ejecución del sistema, describiendo así de manera eficiente su apta operatividad, siendo seleccionados por observación directa.

- Llegando a la elaboración de los planos eléctricos correspondientes al proceso, fueron diseñados por el programa AutoCAD y CADe SIMU, dependiendo de las necesidades del plano en cuestión. El desarrollo del programa de control en lenguaje escalera, fue desarrollado por el software CX-One de OMRON para el PLC OMRON CPM2AH. La apta selección de los componentes y el ambiente de simulación del programa permitieron un buen desarrollo de la programación, influyendo en el buen manejo del sistema del proceso y eficiencia del mismo.

- Para finalizar, se culminó el desarrollo del trabajo de grado con la realización de las pruebas finales de puesta en marcha del proceso. Con estas pruebas, se analizaron los

casos posibles de funcionamiento, la eliminación de errores que pudieron existir en las pruebas anteriores, evitando así posibles defectos y la comprobación final del funcionamiento del programa, logrando su adecuado comportamiento y uso de la máquina. Con estas pruebas, la empresa Embotelladora Venezuela, S.A. pudo retomar las propuestas administrativas de cuándo poder empezar a operar la máquina.

RECOMENDACIONES

Antes de finalizar, se desea sugerir algunas recomendaciones en base a los resultados y las conclusiones a que se llegó luego del presente trabajo de investigación, siempre que se desee que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto, a los lectores que tengan interés en el proyecto, todos los elementos relacionados a la investigación que no hayan podido ser finalizados, o simplemente puedan renovarse dentro de un contexto diferente en la creación del sistema.

El primer aspecto a destacar, sería la colocación de un controlador PID para el control de temperatura en la pasteurización, tanto para el comienzo como para el final de dicho proceso, para que el producto sea controlado de una forma más eficiente y disminuir los errores que se producen. El producto al no tener un controlador, puede llegar a enfriarse, ya que no se cuenta con un intercambiador de calor, ni resistencia, ni entrada de vapor de aire, por lo que se necesita algún tipo de permisividad para que el producto entre o no entre al tanque.

Por otro lado, la instalación de un sensor de posición de botellas al comienzo de la entrada de la máquina llenadora sería de gran ayuda para el proceso en general, ya que esto verifica que sí existen botellas que le están llegando a la máquina y no se forza el sistema, evitando así posibles daños en ciertas piezas.

Así mismo, invertir en un presostato en la máquina llenadora facilitaría la corrección de ciertas fallas, ya que dicha máquina no posee un permisivo de presión de aire de entrada. Si la presión es baja, las válvulas pueden no cerrar o abrir completamente, causando fallas en el sistema, además, van a dificultar el paso del producto, ya que la presión que se tiene va a causar restricción del mismo pudiendo causar que las botellas terminen vacías o llenándose muy lento.

Como otro aspecto a destacar, la colocación de un Limit Switch para retornar la información de las válvulas y así confirmar con el PLC que estas realizaron su trabajo correctamente (abrieron, cerraron, etc.) y no ocurrió ninguna falla es de suma importancia, ya que muchas veces pueden ocurrir fallas en las válvulas donde los operarios no están al tanto ya que no poseen ningún dispositivo que transmita este tipo de información.

Por último, pero no menos importante, el rediseño de la interfaz de la pantalla HMI del proceso por un diseño y estructura más amigable sería ideal, ya que las entradas y salidas no

están bien identificadas, ciertos históricos se encuentran en inglés, y no es completamente amigable con el usuario. Con un nuevo diseño, se facilita la transmisión de la información entre los trabajadores y la facilidad del uso de la máquina.

Sabiendo esto, el funcionamiento del sistema logrado cumple con los requerimientos básicos buscados desde un principio, aunque claramente son modificables algunos aspectos desarrollados dentro del mismo. Igualmente, el modelo conseguido basa su desarrollo en las necesidades planteadas, y es por esta razón que todos los puntos relacionados a la construcción de este se manejan a partir de los elementos deseados dentro del sistema.

REFERENCIAS

- Aguilera, P. (2002). **Estructura básica de un PLC**. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Aguilera, P. (2002). **Programación de PLC**. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- ALCION (2019). **Botellas PET: qué son y cuáles son sus beneficios**. Recuperado de <https://alcion.com/botellas-pet-que-son-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- Arenas, L. C. (2012). **Interfaz Hombre Máquina**. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Máquina-HMI>
- Arias, F. (2012). **Proyecto de investigación "Introducción a la metodología científica"**. Caracas, Venezuela. Episteme, 5ta edición.
- Baptista, P., Fernández, C., y Hernández, R. (2014). **Metodología de la investigación**. 6a edición. México D.F., México: McGraw - Hill Education / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Borja, M. (2016). **Metodología de la investigación científica para ingenieros**. Recuperado de https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Briones, G. (1996). **Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales**. Bogotá, Colombia. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES.
- Campo Yesenia, G. V. (2018). **Elaboración y estandarización de un confite (caramelo duro) a base de panela**. Investigaciones agroindustriales, Vol. 5 Núm. 2.
- Carlos, T. (2021). **Propuesta de Diseño de un Sistema de Automatización para la Línea de Ensamblado de Congeladores en la Empresa Bellcar Service C.A ubicada en el municipio San Diego, Estado Carabobo**. San Diego, Venezuela. Universidad José Antonio Páez.
- Chang, A. (2022). **Propuesta de un sistema para el control del llenado de botellones de**

- agua en la planta purificadora.** Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico. San Diego, Venezuela. Universidad José Antonio Páez.
- Chirinos, Vizcaya, Garrido y Pereira (2017). **Diseño mecatrónico para la automatización del proceso trillado de café.** Lara, Venezuela. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.
- Cortez, A.; Parada, E. y Valencia, A. (2021). **Propuesta de diseño de una máquina llenadora de envases PET.** San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Delgado, E. (2017). **Qué es un controlador Lógico Programable.** Recuperado de <https://intrave.com/que-es-y-para-que-sirve-un-plc/>
- Francés, A. (2001). **Estrategia para la empresa en América Latina.** Caracas, Venezuela. Ediciones IESA, C.A.
- García, L. y Mijares, H. (2007). **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado.** Recuperado de <https://es.scribd.com/document/354318107/NORMAS-para-trabajos-de-gradotesis-UJAP>
- Guzmán, E. (2018). **Qué es Automatización.** Recuperado de <http://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/la-automatizacion-industrial-en-la-empresa-competitiva>
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). **Metodología de la investigación.** (5ª ed.). México Editorial: Mc. Graw Hill.
- Hurtado, J. (2010). **El proyecto de investigación.** Caracas, Venezuela. Quirón. Jácome.
- Joel, J. (2018). **Análisis del Proceso de Producción de caramelo duro en la empresa Ecuagolosina CIA.LTDA. y su incidencia en la productividad.** Quito, Ecuador. Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Kirk, J. y Millar, M. L. (1988). **Reliability and validity in qualitative research.** Qualitative research methods series 1. Beverly Hill: Sage Publications.

- Martínez (2016). **Automatización de una máquina de impresión tipográfica marca onda modelo OPM-W270III**. Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electricista. Caracas, Venezuela. Universidad Central de Venezuela.
- MCR (2016). **Ventajas y desventajas de la automatización industrial**. Recuperado de <https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>
- Méndez, C. (2009). **Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales**. México D.F, México. Editorial Limusa, 4ta edición.
- OMRON. **CPM2A Specifications Manual**. Recuperado de <https://docs.rs-online.com/1485/0900766b8012f998.pdf>
- PLC Design (s.f.). **PLC DESIGN sistemas de control**. Recuperado de <https://plcdesign.xyz/automatizacion-con-plc-soluciones-industriales/>
- Rojas, D.; García, E.; Guevara, A. (2020). **Diseño de un sistema de automatización de la máquina llenadora de botellas de desbordamiento de presión GI3300 de ACASI**. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico. Piuria, Perú. Universidad Nacional de Piuria.
- Saavedra R, M. (2001). **Evaluación del aprendizaje. Conceptos y Técnicas**. México D.F., México. Editorial Pax México.
- Sabino, C. (1992). **El proceso de investigación**. Caracas, Venezuela. Editorial Panapo.
- Shanghai Npack Machinery Co. (2022). **¿Sabes cómo funciona la máquina de llenado de pistón?** Recuperado de <https://es.npackmachine.com/do-you-know-how-the-piston-filling-machine-work.html>
- Shine Dew Water (2022). **Automatic PET Bottle Beverage Filling Equipment for Juice Plant**. Recuperado de <https://www.szsdwater.com/project/automatic-pet-bottle-beverage-filling-equipment-for-juice-plant-rcgf-32-32-8/?lang=es>
- Suárez, D. (2022). **Propuesta de automatización y sistema SCADA para las plantas de producción de caramelo duro**. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero

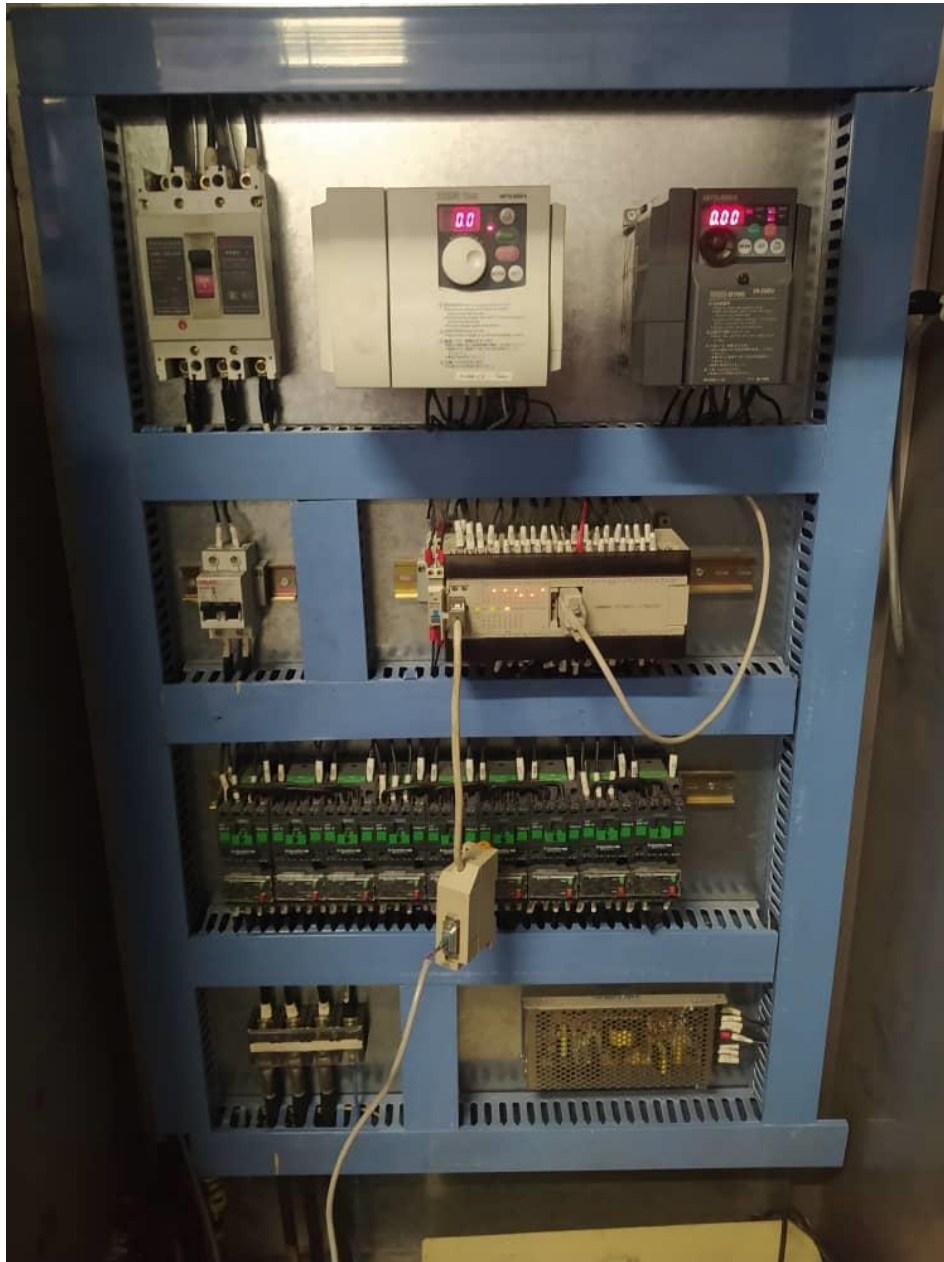
Electrónico. San Diego, Venezuela. Universidad José Antonio Páez.

Tamayo, M. y Tamayo (2003). **El proceso de la investigación científica**. Recuperado de https://www.academia.edu/17470765/EL_PROCESO_DE_INVESTIGACION_CIENTIFICA_MARIO_TAMAYO_Y_TAMAYO_1

ULRICH, K. (2013). **Diseño y desarrollo de productos**. México D.F, México. Editorial McGraw-Hill, 5ta edición.

UPEL (2010). **Proyectos factibles: Manual UPEL**. Recuperado de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/07/proyectos-factibles-manual-upel.html>

ANEXO A
ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DEL TABLERO DE CONTROL DE LA
MÁQUINA LLENADORA DE BEBIDAS PARA CONSUMO HUMANO EN ENVASES
PET.



Tablero de control.



Interruptor DELIXI CDM1-100L/3300 80A 3P.



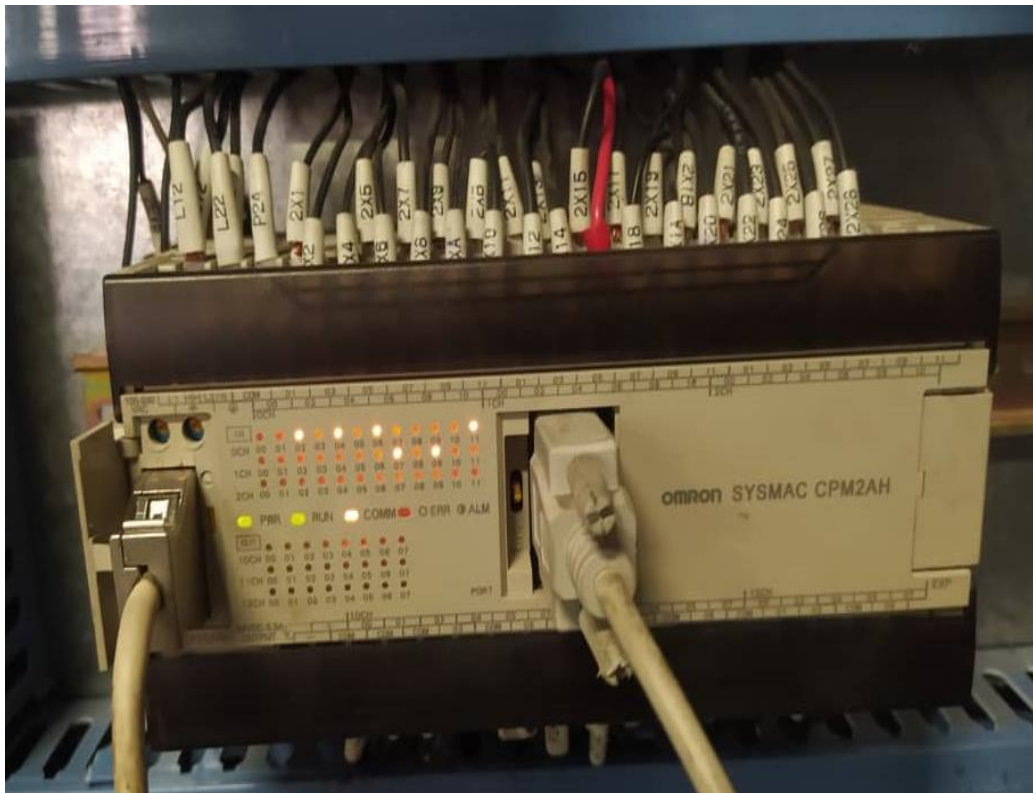
Mitsubishi Inverter Drive S500.



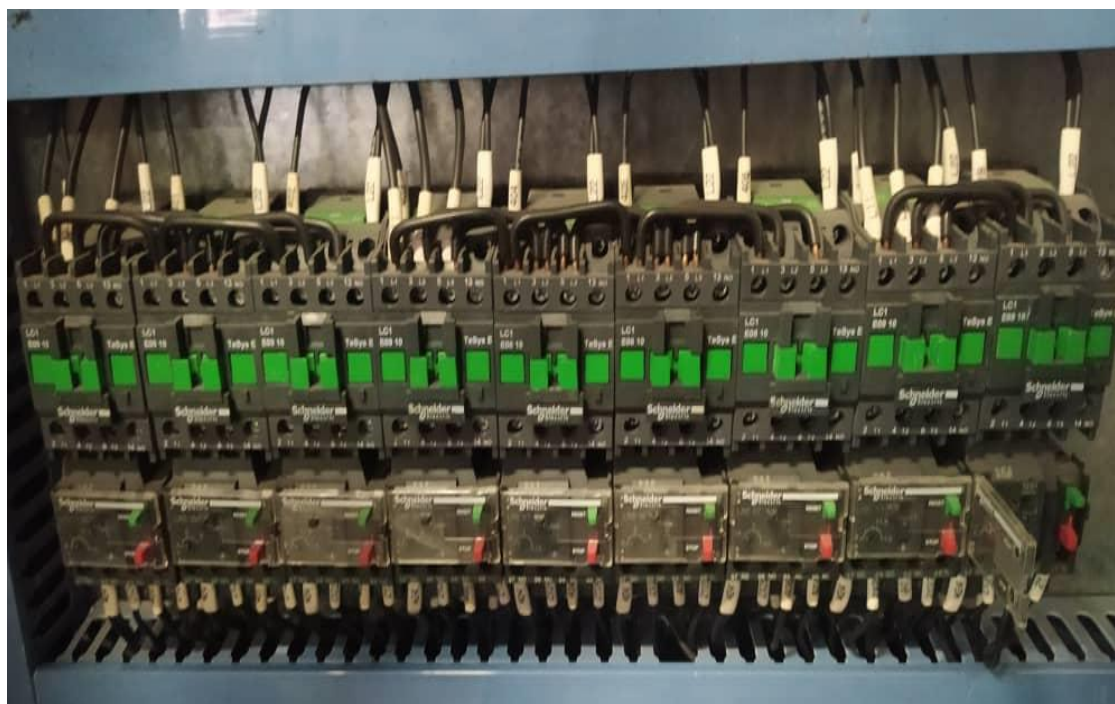
Mitsubishi FR-D700 Inverter.



Contactor DELIXI DZ47-63.



PLC Omron SYSMAC CPM2AH.



Contacteur Schneider Electric LC1 E09 10.



Fuente de poder.



Puerta de tablero con HMI, controlador de temperatura y botones.