



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

### **“ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA ENVASADORA DE LECHE IQ – 1500 Y PLANIFICACIÓN DE SU MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH TUNSHI”**

**ESTRELLA BONILLA CRISTIAN PAUL  
ZAVALA OROZCO HENRRY DAVID**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2015-10-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ESTRELLA BONILLA CRISTIAN PAUL  
ZAVALA OROZCO HENRRY DAVID**

---

Titulado:

**“ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA  
MÁQUINA ENVASADORA DE LECHE IQ – 1500 Y PLANIFICACIÓN DE SU  
MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH TUNSHI”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo  
**DIRECTOR**

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ESTRELLA BONILLA CRISTIAN PAUL

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA ENVASADORA DE LECHE IQ – 1500 Y PLANIFICACIÓN DE SU MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH TUNSHI”

**Fecha de Examinación:** 2016-06-17

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## **EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ZAVALA OROZCO HENRRY DAVID

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA ENVASADORA DE LECHE IQ – 1500 Y PLANIFICACIÓN DE SU MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH TUNSHI”

**Fecha de Examinación:** 2016-06-17

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos

**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA  
DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los Autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Zavala Orozco Henry David**

---

**Estrella Bonilla Cristian Paul**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Zavala Orozco Henry David y Estrella Bonilla Cristian Paul, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

---

**Zavala Orozco Henry David**  
Cédula de Identidad: 060374929-2

---

**Estrella Bonilla Cristian Paul**  
Cédula de Identidad: 060336615-4

## **DEDICATORIA**

A Dios por cuidarme en cada momento y fortalecerme para continuar esforzándome por ser mejor cada día, a mi madre y a mi hermana, quienes siempre estuvieron velando por mi bienestar a lo largo de mi vida, que con su tenacidad y lucha incansable se convirtieron en un ejemplo a seguir, apoyándome en cada paso, siendo mi soporte en cada momento para superar con éxito todos los retos presentes hasta ahora en el camino, que sin ellas no fuera el hombre que soy ahora.

**Henry David Zavala Orozco**

A mis padres: Nelson Estrella y Ana Bonilla, gracias por su apoyo incondicional brindada hasta el final de mi carrera. A mi hermana Ximena Estrella por el apoyo constante demostrado a lo largo de mi camino.

A mi familia gracias por su apoyo brindado hasta la culminación de mi carrera, A mis pares quienes son el pilar fundamental para vencer todas las barreras que se me presentaron y finalizar con éxitos todas mis metas planteadas.

A mi entrañable amigo, Ing. Marco Manzano, administrador de la planta de Lácteos EPOCH Tunshi por su apoyo brindado durante el desarrollo del presente trabajo de titulación.

**Cristian Paul Estrella Bonilla**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino del bien hasta ahora, por colmarme de bendiciones y sabiduría. En segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, motivando mi formación académica, creyendo en mí en todo momento sin dudar de mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa institución Escuela Superior Politécnica de Chimborazo abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

También mi sincero agradecimiento al Ing. Marco Manzano, administrador de la planta de Lácteos Espoch-Tunshi, un gran docente y amigo, que con su ayuda desinteresada nos brindó toda la ayuda y las facilidades para la realización del presente trabajo de titulación.

**Henry David Zavala Orozco**

Primero doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría todos los días de mi vida para seguir adelante en mi formación profesional y personal.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

Y en especial para toda mi familia, los amigos y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito otra etapa de mi vida.

**Cristian Paul Estrella Bonilla**



## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 Estación Experimental Tunshi .....	5
2.1.1 <i>Reseña histórica.</i> .....	5
2.1.2 <i>Personal responsable y ubicación de la planta.</i> .....	5
2.2 <b>Proceso de envasado de leche: conceptos descripción y funciones</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 <i>Leche.</i> .....	5
2.2.2 <i>Envase.</i> .....	6
2.2.3 <i>Embalaje.</i> .....	6
2.2.4 <i>Máquina envasadora.</i> .....	6
2.2.5 <i>Envasado.</i> .....	6
2.2.6 <i>Proceso de envasado.</i> .....	6
2.2.7 <i>Funciones del envasado.</i> .....	7
2.2.8 <i>Reseña histórica.</i> .....	7
2.2.9 <i>Concepto de automatización.</i> .....	8
2.2.10 <i>Objetivo de la automatización.</i> .....	8
2.2.10.1 <i>Ventajas y desventajas</i> .....	8
2.3 <b>Procesos industriales.</b> .....	<b>9</b>
2.4 <b>Sistemas de control.</b> .....	<b>9</b>
2.5 <b>Diseño de un automatismo</b> .....	<b>11</b>
2.5.1 <i>Diagrama del proceso.</i> .....	11
2.5.2 <i>Grafcet</i> .....	12
2.5.3 <i>Listado de asignación de entradas y salidas.</i> .....	11
2.5.4 <i>Desarrollo de la lógica en ladder.</i> .....	13
2.6 <b>Elementos que componen una instalación automatizada</b> .....	<b>12</b>
2.6.1 <i>Máquinas.</i> .....	12
2.6.2 <i>Accionadores.</i> .....	12
2.6.3 <i>Accionadores eléctricos.</i> .....	12
2.6.3.1 <i>Motor-reductor.</i> .....	13
2.6.3.2 <i>Electroválvulas.</i> .....	13
2.6.4 <i>Pre-accionadores eléctricos.</i> .....	13
2.6.4.1 <i>Relés auxiliares.</i> .....	14
2.6.4.2 <i>Contactores.</i> .....	14
2.6.5 <i>Elementos de protección.</i> .....	15
2.6.5.1 <i>Relé térmico.</i> .....	15
2.6.5.2 <i>Interruptor magnetotérmico.</i> .....	15
2.6.5.3 <i>Base para fusible y fusible.</i> .....	16
2.6.6 <i>Captadores.</i> .....	17
2.6.6.1 <i>Sensor inductivo.</i> .....	17

2.6.6.2	<i>Fin de carrera</i> .....	17
2.6.6.3	<i>Captadores de posición incrementales (Encoders)</i> .....	18
2.6.7	<i>Elementos de dialogo hombre-máquina</i> .....	18
2.6.7.1	<i>HMI</i> .....	18
2.6.8	<i>Elementos de mando</i> .....	19
2.6.8.1	<i>Controlador lógico programable</i> .....	19
2.7	<b>Lenguajes de programación</b> .....	20
2.7.1	<i>Instruction list (IL), texto</i> .....	20
2.7.2	<i>Ladder (LD), diagrama de contactos</i> .....	21
2.7.3	<i>Function block diagram (FBD), gráfico</i> .....	21
2.7.4	<i>Structured text (ST), texto</i> .....	22
2.8	<b>Mantenimiento</b> .....	22
2.8.1	<i>Concepto</i> .....	22
2.8.2	<i>Tipos de mantenimiento</i> .....	23
3.	<b>ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO DE LA ENVASADORA IQ-1500. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES REQUERIDOS PARA LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN</b> .....	24
3.1	<b>Estudio técnico de la máquina de envasado IQ-1500</b> .....	24
3.1.1	<i>Sistema de arranque y puesta en marcha del motor</i> .....	29
3.1.2	<i>Sistema de arranque y puesta en marcha de la bomba</i> .....	31
3.1.3	<i>Sistema de funcionamiento de las niquelinas</i> .....	32
3.2	<b>Estado inicial de los equipos</b> .....	33
3.3	<b>Diagnóstico operativo de la máquina IQ-1500</b> .....	33
3.4	<b>Solución propuesta</b> .....	36
3.5	<b>Selección y descripción de los equipos de control y monitoreo</b> .....	37
3.5.1	<i>Características del equipo de control requerido</i> .....	37
3.5.1.1	<i>PLC Siemens S7 1200 1214c</i> .....	38
3.5.2	<i>Características del equipo de control requerido</i> .....	39
3.5.2.1	<i>HMI (Interfaz Hombre Máquina) Siemens MP 277</i> .....	40
3.5.3	<i>Conexión ethernet</i> .....	40
3.5.4	<i>Diagrama de bloques del hardware del proceso</i> .....	41
3.5.5	<i>Comunicación vía ethernet</i> .....	41
3.5.6	<i>Dimensionamiento de componentes</i> .....	42
3.5.6.1	<i>Dimensionamiento de la fuente para sensores y actuadores</i> .....	42
3.5.6.2	<i>Dimensionamiento, recomendaciones de conductores eléctricos</i> .....	45
3.5.6.3	<i>Dimensionamiento del tablero de control</i> .....	45
3.5.7	<i>Selección y descripción de los componentes para el proyecto</i> .....	47
3.5.7.1	<i>Spur Gear Motor</i> .....	47
3.5.7.2	<i>Fuente de Poder Mean Well Drp-240-24</i> .....	47
3.5.7.3	<i>Captador de posición incremental</i> .....	48
3.5.7.4	<i>Sensores de proximidad inductivo Toky Tk-12pc4c F</i> .....	49
3.5.7.5	<i>Electroválvula 2W-25</i> .....	49
3.5.7.6	<i>Relé de 24 Vcd Siemens</i> .....	49
3.5.7.7	<i>Luz piloto de 24 Vcd</i> .....	50
3.5.7.8	<i>Fusible y base para fusible</i> .....	50
3.6	<b>Listado de equipos y materiales</b> .....	51
3.7	<b>Estructura propuesta</b> .....	52

<b>4.</b>	<b>DESARROLLO DEL PROYECTO, PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y RESULTADOS DE LA ADAPTACIÓN DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.</b>	<b>54</b>
4.1	Proceso de automatización	54
4.1.1	<i>Descripción del proceso.</i>	55
4.1.2	<i>Asignación E/S del PLC.</i>	57
4.1.2.1	<i>Diagrama de bloques del PLC.</i>	57
4.1.2.2	<i>Lista de variables.</i>	58
4.1.3	<i>Programación del PLC y HMI en el software.</i>	60
4.1.3.1	<i>Software de programación Tia Portal V13.</i>	60
4.1.3.2	<i>Programación PLC Simens S7-1200 Ac/Dc/Rly.</i>	61
4.1.4	<i>Programación HMI Simens MP 277 8".</i>	67
4.1.5	<i>Diseño de las imágenes del HMI.</i>	74
4.2	<b>Planificación y programación del mantenimiento para la máquina envasadora IQ-1500.</b>	<b>81</b>
4.2.1	<i>Planificación del mantenimiento.</i>	81
4.2.2	<i>Parámetros que se tomaron en cuenta para elaborar el programa de mantenimiento.</i>	82
4.2.3	<i>Inventario técnico de los equipos.</i>	82
4.2.4	<i>Elaboración de tareas, procedimientos y determinación de frecuencias.</i>	87
4.2.5	<i>Programación del mantenimiento para la máquina envasadora IQ-1500.</i>	99
4.2.6	<i>Solicitud de trabajo de mantenimiento (ST).</i>	103
4.2.7	<i>Orden de trabajo de mantenimiento (OT).</i>	100
4.3	<b>Condiciones de funcionamiento de la máquina envasadora IQ-1500 antes y después de la adaptación del sistema de automatización.</b>	<b>102</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.</b>	<b>107</b>
5.1	Conclusiones	107
5.2	Recomendaciones	108

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Estado técnico de los equipos .....	35
2 Problemas identificados en el sistema mecánico.....	38
3 Problemas identificados en el sistema eléctrico.....	39
4 Índice de protección (IP) primer y segundo número. ....	49
5 Listado de equipos y materiales.....	54
6 Equipos y elementos que intervienen en el proceso. ....	60
7 Entradas digitales.....	61
8 Marcas o memorias.....	62
9 Salidas digitales.....	63
10 Creación del proyecto .....	64
11 Configuraciones de dispositivos .....	64
12 Selección del PLC S7-1200 Ac/Dc/Rly.....	65
13 Selección del HMI MP 277 8" Touch.....	65
14 Bloque de programación .....	65
15 Pantalla de programación.....	66
16 Configuración de variables .....	66
17 Arranque de la máquina .....	67
18 Encendido y apagado de niquelinas .....	67
19 Control de bomba.....	68
20 Selección de cantidades .....	68
21 Encendido y apagado de niquelinas .....	69
22 Configuración del encoder.....	69
23 Contador rápido .....	70
24 Direcciones contador rápido .....	70
25 Rutina tamaño de la funda .....	71
26 Configuración HMI conexión.....	71
27 Configuración HMI color .....	72
28 Configuración HMI pantallas .....	72
29 Configuración HMI botones .....	72
30 HMI pantalla inicial .....	73
31 HMI configuración de variables .....	73
32 Imagen raiz.....	74
33 Insertar imagen.....	74
34 Conexión de botones.....	75
35 Pantalla del proceso .....	75
36 Activación/desactivación de bits.....	76
37 Monitoreo de actuadores.....	76
38 Entrada de cantidad.....	77
39 Pantalla de lavado .....	77
40 Descripción de los elementos de la imagen PRODUCCION (1) .....	80

41	Descripción de los elementos de la imagen LAVADO (1): .....	82
42	Codificación de equipos.....	86
43	Ficha técnica de la envasadora.....	87
44	Ficha técnica de la bomba centrífuga.....	88
45	Ficha técnica del PLC Siemens.....	89
46	Ficha técnica de la HMI Siemens. ....	90
47	Estandarización de frecuencias. ....	91
48	Inspección del sistema eléctrico de la envasadora. ....	91
49	Inspección del sistema mecánico de la envasadora. ....	92
50	Lubricación del sistema mecánico de la envasadora. ....	92
51	Cambio de rodamientos del motor de la envasadora. ....	93
52	Limpieza general del equipo.....	93
53	Cambio del motor de avance de funda.....	94
54	Cambio de electroválvula inoxidable.....	94
55	Cambio del encoder. ....	95
56	Cambio del sensor.....	95
57	Lavado interno del equipo. ....	96
58	Cambio de teflón térmico.....	96
59	Revisión de la carcasa y anclaje de la electrobomba sanitaria.....	97
60	Cambio de rodamientos de la electrobomba sanitaria. ....	97
61	Lubricación de rodamientos, electrobomba sanitaria. ....	98
62	Cambio de anillos de desgaste de la bomba.....	98
63	Cambio de empaques y sello mecánico de la bomba.....	99
64	Revisión de tuberías de succión y descarga. ....	99
65	Cambio de empaques de tuberías de succión y descarga.....	100
66	Inspección y limpieza del PLC .....	100
67	Cambio de batería del PLC .....	101
68	Cambio del PLC.....	101
69	Limpieza de la pantalla .....	102
70	Cambio de la HMI. ....	102
71	Ejemplo de la solicitud de trabajo de mantenimiento. ....	103
72	Ejemplo de la orden de trabajo de mantenimiento parte frontal. ....	104
73	Ejemplo de la orden de trabajo de mantenimiento parte posterior. ....	105
74	Condiciones de funcionamiento que presentaba el sistema mecánico antes de la adaptación del sistema de automatización. ....	106
75	Condiciones de funcionamiento que presentaba el sistema eléctrico antes de la adaptación del sistema de automatización. ....	107
76	Condiciones de funcionamiento del sistema mecánico posterior a la adaptación del sistema de automatización. ....	108
77	Condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico y control posterior a la adaptación del sistema de automatización. ....	109

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto. ....	11
2 Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado. ....	11
3 Motor-reductor. ....	14
4 Electroválvula. ....	14
5 Relé auxiliar. ....	15
6 Contactor. ....	15
7 Relé térmico. ....	16
8 Interruptor magnetotermico. ....	17
9 Base para fusible y fusible. ....	17
10 Sensor inductivo. ....	18
11 Final de carrera. ....	18
12 HMI Siemens MP 277. ....	19
13 Controlador logico programable. ....	20
14 Ejemplo de programación en IL. ....	22
15 Ejemplo de programación en Ladder. ....	22
16 Ejemplo de programación FBD. ....	23
17 Ejemplo de programación en structured text. ....	23
18 Tanque dosificador. ....	26
19 Conexión doble Y. ....	27
20 Motor y transmisión mecánica. ....	27
21 Tornillo regulador. ....	28
22 Leva y final de carrera de control de niquelinas. ....	29
23 Niquelina de sellado vertical. ....	29
24 Transformadores monofásicos 220V/24V, 700VA. ....	30
25 Niquelina de sellado horizontal. ....	30
26 Final de carrera para posicionamiento del motor. ....	31
27 Esquema de potencia de arranque de motor. ....	32
28 Esqema de control de motor. ....	32
29 Circuito de potencia de la bomba. ....	33
30 Circuito de mando de la bomba. ....	34
31 Circuito de control de potencia de las niquelinas. ....	34
32 Regulador de potencia de las niquelinas. ....	35
33 Verificación del volumen de líquido mediante pesaje. ....	36
34 Mecánica a modificar. ....	37
35 Circuito de potencia y control. ....	37
36 Controlador SIMATIC S7-1200 1214 AC/DC/RELÉ. ....	40
37 Pantalla táctil SIMATIC MULTI PANEL MP 277 8" Touch. ....	42
38 Cable ethernet Siemens. ....	43
39 Conector RJ45 Siemens. ....	43

40	Diagrama de bloques del hardware.....	43
41	Comunicación ethernet. ....	44
42	Motor.....	50
43	Fuente de poder MEAN WELL DRP-240-24 .....	51
44	Encoder ISC3806-401G100BZ1-5-24E.....	51
45	Sensores de proximidad inductivo TOKY TK-12PC4C F .....	52
46	Electroválvula 2W-25. ....	52
47	Relé de 24 Vcd.....	53
48	Luz piloto de 24 Vcd.....	53
49	Base para fusible y fusible .....	54
50	Diagrama de comunicación.....	56
51	Sistema de envasado. ....	59
52	Diagrama de entradas al PLC. ....	60
53	Diagrama de salidas del PLC.....	61
54	Orden jerárquico de las pantallas del proceso.....	78
55	PANTALLA PRINCIPAL.....	78
56	Imagen PRODUCCION (1).....	79
57	Imagen LAVADO (1):.....	81
58	Imagen AYUDA (1): .....	83

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
CPU	Unidad central de procesamiento
MP	Panel Múltiple
TIA	Automatización Totalmente Integrada
HMI	Interface humano máquina
GRAF CET	Grafico Funcional de Control de Etapas y Transiciones
DIN	Instituto Alemán de Normalización
PC	Computador Portátil
Kb	Kilo byte
IL	Lista de Instrucciones
LD	Diagrama de Escalera
FBD	Diagrama de Bloque de Funciones
ST	Texto Estructurado
IP	Índice de Protección
UNE	Una Norma Española
EN	Normas Europeas
AFNOR	Asociación Francesa de Normalización
HP	Caballos de Fuerza
HMI	Interface hombre máquina
IO	Entradas y Salidas
AWG	Calibre de Alambre Americano
IEC	Comisión Electrónica Internacional
HSC	Contador de Alta Velocidad
OT	Orden de trabajo
ST	Solicitud de Trabajo

## RESUMEN

Se ha realizado la adaptación de un sistema de automatización para el envasado y sellado de la máquina envasadora de leche IQ - 1500 de la planta de lácteos ESPOCH-Tunshi y la planificación de su mantenimiento. Dicha adaptación se la realizó con equipos de control industriales de última tecnología. Durante el desarrollo del presente trabajo se realizó un diagnóstico del sistema de envasado con el propósito de determinar las posibles fallas existentes en el proceso de envasado de leche pasteurizada. Luego de entender los requerimientos del sistema inicial se seleccionaron los equipos y materiales más adecuados, se asignaron las entradas y salidas del sistema, se materializó el proceso en la programación del PLC (PLC: Controlador Lógico Programable) y HMI (HMI: Interface Hombre Máquina), concluyendo con la planificación de su mantenimiento. La adaptación del sistema automático se aplicó mediante la implementación de un tablero de control, una electroválvula inoxidable, sensores y el acople de motor para el manejo de una mejor escalabilidad en cuanto a presentaciones del producto, una dosificación y avance de funda más precisos. Para la programación del PLC S7 1200 y la pantalla Touch MP 277 (MP: Panel Múltiple) se utilizó el software TIA PORTAL V13 Profesional (TIA: Automatización Totalmente Integrada) con su respectiva licencia. Se establece un plan de mantenimiento y manual de usuario para preservar las funciones de los equipos y su adecuado manejo, los cuales se recomienda sirvan de guía para el resto de máquinas existen en la planta.

**PALABRAS CLAVES:** <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>, <LICTO (PARROQUIA)>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFACE HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADA (TIA)>, <AUTOMATIZACIÓN DE MAQUINARIA>, <PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO>

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Equipos para la automatización
- B** Encoder ISC3806-401G100BZ1-5-24E
- C** Sistema de envasado
- D** Tablero de control automático
- E** Manual de usuario
- F** Manual de mantenimiento
- G** Programación de mantenimiento

## SUMMARY

The adaptation of an automation system for the packaging and sealing of the IQ-1500 milkpackaging machine of the ESPOCH-Tunshi plant and the planning of its maintenance has been carried out. This adaptation was made with a state-of-the-art industrial control equipment. During the development of the present work a diagnosis of the packaging system was carried out in order to determine the possible flaws in the pasteurized milk packaging process. After understanding the requirements of the initial system, the most suitable equipment and materials were selected, the inputs and outputs of the system were assigned, the process was carried out in the programming of the PLC (PLC: Programmable Logic Controller) and HMI (Machine Man Interface ), Concluding with the planning of their maintenance. The adaptation of the automatic system was implemented by the application of a control board, a stainless solenoid valve, sensors and the motor coupling for the handling of a better scalability in terms of product presentations, a more precise dosing and sheath advancement. The TIA PORTAL V13 professional software (TIA: Automation, Fully Integrated) was used for the programming of the S7 1200 PLC and the Touch MP277 (MP: Multiple Panel) screen with its respective license. It establishes a maintenance plan and user manual to preserve the functions of the equipment and its proper management, which is recommended to guide the rest of the machines that exist in the plant.

**KEYWORDS:** <CHIMBORAZO (PROVINCE)>, <RIOBAMBA (CANTON)>, <LICTO (PARISH)>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <MACHINE MAN INTERFACE (HMI)>, <FULLY AUTOMATED AUTOMATION (TIA)>, <MAINTENANCE PLANNING>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La necesidad de un alimento que contenga un balance nutricional para el consumo de la humanidad ha sido prioridad desde tiempos remotos, es así que el hombre encontró en la leche bovina la respuesta para su búsqueda y se convirtió en un producto de primera necesidad omnipresente en todos los hogares, la cual suple la mayoría de los requerimientos alimenticios convirtiéndola en base de nuestra dieta. Sin embargo si esta no tiene un tratamiento adecuado para eliminar agentes patógenos presentes perjudiciales para el ser humano, no es recomendable su consumo ya que no es un alimento apto.

Para cubrir esta necesidad y lograr eliminar bacterias dañinas para el ser humano el químico Louis Pasteur y su colega Claude Bernard descubrieron la pasteurización la cual cumple el propósito de esterilizar la leche, muy utilizado en industrias lácteas, cuyo fin es proveer la leche como un alimento inoculado apto para el consumo.

Para conservar la asepsia del producto desde la salida del pasterizado hasta su llegada al consumidor existen diversos sistemas de envasado, los cuales son de naturaleza mecánica en su mayoría en las pequeñas industrias a nivel nacional.

Los sistemas mecánicos fueron los primeros en aparecer. A lo largo de la revolución industrial uno de los principales objetivos ha sido y será la automatización de los procesos industriales, para obtener los bien conocidos beneficios como bajos tiempos de producción, alta fiabilidad y menores costos inherentes a la disminución de la mano de obra. Es así que desde ese entonces se ha priorizado el área de la automatización industrial en toda empresa que se proyecta a crecer. El proceso de automatización actualmente cuenta con herramientas diseñadas para la rápida implementación de algoritmos y procesos de control tales como los controladores lógicos programables, ampliamente usados en la industria debido a que cumplen con normas de calidad y confiabilidad necesarias para estos ambientes. Éstos controladores son ampliamente usados en procesos donde la tradicional lógica cableada resulta obsoleta.

Es así que las máquinas están en una constante mejoría, como un caso especial de estudio constituyen las máquinas envasadoras de leche verticales, pues en el país existen una gran cantidad de máquinas cuyos actuadores son accionados únicamente por la mecánica de la máquina. Éste tipo de máquinas tiene como principal desventaja la incapacidad de cambiar el proceso productivo sin antes modificar la mecánica de la máquina.

En estas máquinas envasadoras existen una gran cantidad de variables a controlar, así como actuadores y sensores, motivo por el cual éste trabajo se ha enfocado en la realización de un proyecto de adaptación de un sistema de automatización y puesta en marcha de la máquina.

El proceso de envasado comienza desde el año 1810, donde los principales productos fueron frutas y legumbres, sometidos a un proceso de calentamiento hasta temperaturas de 116 grados centígrados. Desde esos años la humanidad ha visto la necesidad de empaquetar y conservar los productos para su comercialización y almacenamiento.

En la actualidad la industrialización de la producción de leche ha llevado a la creación de envasadoras, uno de los diseños más populares son las selladoras verticales. Presentan ventajas debidas a su diseño como el aprovechamiento de la gravedad como fuerza para mover el líquido hacia la funda.

Las máquinas más actuales cuentan con servomecanismos capaces de realizar tareas más complicadas sin necesidad de un diseño mecánico puro, que disminuye la modularidad del diseño. Son capaces de realizar tareas en tiempos más cortos con un consumo de energía menor a las máquinas convencionales.

## **1.2 Justificación**

Para cumplir los parámetros de producción, se puede implantar métodos innovadores para mejorar la productividad, la calidad, la seguridad e higiene de los productos.

La planta investigativa de lácteos ESPOCH-Tunshi en la actualidad dispone de un sistema de producción deficiente por la demora en el proceso de envasado de leche y la dificultad de versatilidad en los volúmenes de envasado, debido a la carencia de tecnología e

implementación de nuevos métodos de automatización que impiden el desarrollo y crecimiento de la planta.

Como solución a esos problemas se plantea la aplicación del control automático, principalmente en el sistema de envasado, utilizando un controlador lógico programable con el fin de acceder al control no solo del proceso de envasado y regulación del volumen a envasar, en la planta se envasa el producto en fundas de 1 lt, 1/2 lt y 1/4 lt, sino también del sistema de sellado y bloqueo.

Mediante la adaptación del sistema de control automático se logrará una mayor confiabilidad de la máquina, garantizando los tiempos de operación diarios sin fallos que obliguen a parar la máquina con la consecuente pérdida económica.

Otra ventaja técnica de la adaptación del sistema de control automático se evidencia en la posibilidad de concentrar los parámetros a controlar en un solo punto optimizando así tiempos y movimientos de los operarios de la máquina envasadora, por medio de la interfaz hombre máquina, que además permitirá configurar los procesos y observar varios datos de interés para el usuario.

Además se garantiza la precisión y exactitud del volumen envasado para evitar reclamos de los clientes que compran el producto. Por tratarse de un producto alimenticio, se tomarán en cuenta las normas que rigen para estos casos, en cuanto al tipo de materiales a usar que deberán ser inoxidable, con esto se logra mayor higiene.

Por razones de seguridad es importante que las máquinas dispongan de bloqueos por fallas eventuales, garantizando así la seguridad en la operación.

Este proyecto tecnológico beneficia al aprendizaje de los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, porque dispondrán de una máquina en condiciones óptimas de funcionamiento para el desarrollo de sus prácticas en la planta de lácteos.

La nueva era tecnológica ha elevado el nivel de exigibilidad para que las empresas puedan mantenerse en un sistema competitivo, de ahí la importancia de desarrollar esta propuesta tecnológica.

Para la planificación del mantenimiento se debe partir del diagnóstico previo de las condiciones de la máquina, tanto de las partes mecánicas y eléctricas. Luego de esta verificación se diseñará el plan de mantenimiento para satisfacer dichos requerimientos.

Al final de este trabajo de adaptación de un sistema de automatización de la máquina envasadora se podrá contar con un manual de mantenimiento, para su uso práctico.

### **1.3       Objetivos**

**1.3.1       Objetivo general.** Adaptar un sistema de automatización para el envasado y sellado de la máquina envasadora de leche IQ - 1500 de la planta de lácteos ESPOCH-Tunshi y planificar su mantenimiento.

#### **1.3.2       Objetivos específicos:**

Analizar el proceso de envasado de leche actual.

Identificar la tecnología adecuada para el proceso de envasado de leche.

Seleccionar los componentes para la automatización de la máquina envasadora de leche.

Someter a pruebas de funcionamiento el sistema de automatización adaptado.

Elaborar el manual de mantenimiento de la máquina.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Estación Experimental Tunshi

**2.1.1 *Reseña histórica.*** La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se ha caracterizado siempre por un alto grado de investigación y emprendimiento por parte del cuerpo docente y sus estudiantes. Es por ello que se ha impulsado un proceso de transferencia tecnológica gracias a la cooperación con la Corporación Técnica Suiza, donde se adecuó un mini laboratorio para elaboración de productos derivados de la leche, posteriormente la unidad se traslada a la planta de investigación en Tunshi con la donación de equipos de pasteurización, gracias al convenio “Proyecto Plan Piloto de Lácteos”, entre la embajada de Japón y la ESPOCH en el año 2000.

Desde entonces la planta permite además a los estudiantes realizar prácticas e investigaciones, no solo en temas relacionados con los procesos productivos de la leche, sino también temas relacionados con la ingeniería, tal es el caso de la automatización de procesos que requieran más atención, así como en el tema de investigación del presente trabajo.

**2.1.2 *Personal responsable y ubicación de la planta.*** La Estación Experimental ESPOCH-Tunshi está localizada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, parroquia Licto, Comunidad de Tutsi San Nicolás.

La planta cuenta con un personal calificado para la administración y la producción, como administrador se encuentra el Ing. Marco Manzano, técnico docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias, y colaborando en el área de mantenimiento se encuentran el Ing. Gustavo Pantoja y brindando servicios externos ocasionales el Ing. Patricio Villacrés.

#### 2.2 Proceso de envasado de leche: conceptos descripción y funciones

**2.2.1 *Leche.*** La leche bobina es el producto de la secreción de vacas saludables y bien cuidadas, obtenida mediante su ordeño, destinada a satisfacer los requerimiento

nutricionales de una dieta saludable, ya que contiene un alto valor nutricional. (GIL HERNÁNDEZ et al., 2010: p. 3)

**2.2.2 Envase.** “Cualquier producto que se usa para contener, proteger, manipular, distribuir, almacenar, transportar y presentar mercancías, desde materias primas hasta productos terminados, y desde el fabricante hasta el usuario o consumidor, incluyendo el procesador, ensamblador u otro intermediario”. (NTE INEN-ISO 21067, 2013: Artículo 2.1.1)

NOTA: Se consideran también envases todos los artículos “desechables” utilizados para este fin.

**2.2.3 Embalaje.** “Operaciones involucradas en la preparación de mercancías para la contención, protección, manipulación, distribución, almacenamiento, transporte y presentación, desde las materias primas hasta productos terminados, y desde el fabricante hasta el usuario o el consumidor”. (NTE INEN-ISO 21067, 2013: Artículo 2.1.2)

**2.2.4 Máquina envasadora.** Una máquina envasadora es aquella cuya función es combinar, en una unidad simple, el material de envase y el producto a envasar .esto debe ser realizado de un modo eficiente con un mínimo de desperdicio de producto y de material de envase y crear un conjunto final que conjugue las propiedades de protección y presentación del producto.

**2.2.5 Envasado.** Es un procedimiento para conseguir un estado libre de la presencia de microorganismos patógenos no deseados y dañinos para el ser humano en el envase (estado de esterilización) y en el llenado de un producto esterilizado a comercializarse y así evitar su re-contaminación. Debe cumplir con característica de protección ante la luz solar y un cierre que permita total hermeticidad. Para el caso de la leche el envase será de polietileno el cual recubrirá una fina capa de aluminio, para así evitar la degradación de sus propiedades organoléptica.

**2.2.6 Proceso de envasado.** El proceso de envasado comienza una vez que se ha elegido el producto y se lo haya sometido a un proceso de esterilización para eliminar

todo tipo de agentes patógenos. Luego se procede a la dosificación del producto, ya sea en volumen o por cantidades, para proceder a ser sellado en un envase, seleccionado previamente e igualmente esterilizado, capaz de protegerlo y aislarlo. El etiquetado es el siguiente punto a ejecutar en la secuencia de envasado, ya que se debe proveer de la información necesaria para ser identificado, con número de lote, su debido registro sanitario, fechas de elaboración y caducidad, como mínimo. Antes de ser dirigidos a los lugares de almacenamientos, por lo general cuartos fríos o de refrigeración para mantener la cadena de frío y aislados de sustancias objetables, deben ser sometidos a pruebas a aseguren su calidad. Se procede posteriormente al despacho del producto a su destino final de comercialización.

**2.2.7** *Funciones del envasado.* Las funciones del envasado aséptico son:

- Permitir una fácil distribución del alimento de manera eficiente.
- Conservar un producto higiénico.
- Proteger el contenido nutricional y propiedades organolépticas.
- Impedir el pronto deterioro del producto.
- Aumentar la disponibilidad del producto contenido.
- Dar información relevante sobre el producto.

**2.2.8** *Reseña histórica.* Si se piensa en Automatización Industrial no es extraño imaginar robots realizando complicadas tareas y solucionando problemas matemáticos mediante programas y ordenadores, sin embargo esto no es del todo cierto, ya que la venimos utilizando desde hace ya mucho tiempo. Iniciando junto a la revolución industrial, pasando por diversas etapas, hasta llegar a nuestros días, como se detalla a continuación:

**1779:** Gracias a James Watt y su máquina de vapor, se consiguió remplazar la fuerza humana y animal usada hasta el momento, con máquinas que facilitaron el trabajo

industrial. Mediante un complejo sistema de poleas, ejes y correas se logró que varias máquinas entren en funcionamiento tan solo con una máquina de vapor.

**1820:** Oersted, físico y químico danés, descubre la relación entre la electricidad y el magnetismo (electromagnetismo)

**1834:** Aparece el primer motor de corriente continua gracias a Thomas Davenport.

**1837:** Gracias al invento de Joseph Henry, un conmutador electromagnético que luego fue llamado relé, se empiezan a desarrollar los primeros controles lógicos cableados utilizados hasta hoy en día.

**1913:** Aparece la producción en serie con Henry Ford y su famoso automóvil Modelo T, las horas de producción se redujeron de 750 a 93, incrementando la producción de manera considerable.

**1947:** El primer transistor es desarrollado por los físicos Jhon Bardeen, Walter Brattain y William Shokkley en los laboratorios de Bell.

**1968:** El primer Control sin cableado es desarrollado por Struger, por primera vez se utiliza el PLC (Controlador Lógico Programable) para de forma simple modificar un programa sin variar la mayor parte de su cableado.

**1997:** Se consigue que los componentes existentes de automatización puedan ser comunicados entre sí mediante Ethernet industrial, logrando así una descentralización de los controladores.

**2004:** La funcionalidad del PLC fue desarrollada como un chip.

**2.2.9** *Concepto de automatización.* Surge a partir de la definición de la automática que es la aplicación de diferentes tecnologías en procesos que cumplen funciones repetitivas, que tiene como propósito final la sustitución del operario en tareas tanto físicas como intelectuales que han sido previamente programadas, así podemos decir que la automatización es la aplicación de la automática. (GARCÍA HIGUERA, 2005)

**2.2.10 Objetivo de la automatización.** El objetivo de la automatización es el de minimizar la intervención del talento humano en tareas repetitivas. Esto no se traduce en la disminución del plantel de trabajadores, sino por el contrario trae como consecuencia la capacitación de los mismos, con la finalidad de que puedan desenvolverse en el manejo de las nuevas tecnologías. (GARCÍA HIGUERA, 2005)

#### **2.2.10.1 Ventajas y desventajas**

##### **Ventajas**

- Productividad alta y constante.
- Mayor precisión.
- Mayor seguridad para los trabajadores.

##### **Desventajas**

- Mayores costos de inversión.
- Plantel especializado de trabajadores.

### **2.3 Procesos industriales.**

Un proceso es la transformación o alteración de un material que al aplicarle energía, información y trabajo, se obtiene como resultado un producto deseado.

Los procesos industriales se conocen como:

- **Procesos continuos.**- Es un proceso que tiene una alimentación constante con el propósito de obtener a su salida una generación continua de productos, como ejemplo se puede citar la generación de electricidad.
- **Procesos discretos.**- En este proceso la transformación y obtención de piezas se realiza de forma secuencial, como ejemplo tenemos la fabricación de automóviles.
- **Procesos batch.**- Se trata de aquellos procesos que a su salida resultan productos agrupados, como ejemplo sería la producción de cerveza.

*Los procesos detallados anteriormente están relacionados con los existentes en las industrias de manufactura que su producción se caracteriza por utilizar sistemas de control. Por otro lado las industrias encargadas de los procesos se caracterizan por el control numérico avanzado como en el caso de las industrias petroquímicas, alimenticias, cementeras, etc. (VILANOVA ARBÓS et al., 2005)*

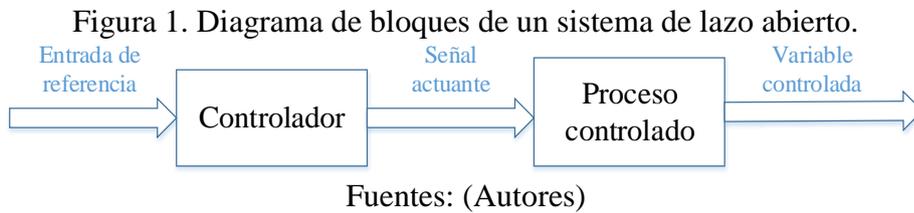
En la actualidad la creciente competencia en el mercado y la necesidad de la mejora de la calidad y productividad, hace imperante la aplicación de sistemas automáticos que ayuden a cumplir con este propósito. (GARCÍA HIGUERA, 2005).

## **2.4 Sistemas de control.**

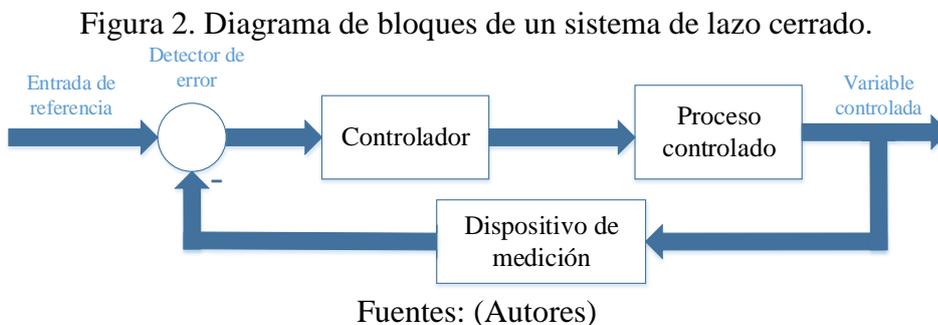
Un sistema puede ser como un bloque con entradas y salidas, que se relacionen entre sí. La función de un sistema de control es mantener las variables involucradas dentro de los límites necesarios para la operación, aplicando métodos o técnicas que faciliten alcanzar este propósito.

- *Control de lazo abierto:* También llamados sistemas no realimentados, debido a que las salidas no afectan de ninguna manera la acción de control a realizar, por lo tanto no son medidas para luego ser comparadas con lo que se desea obtener, y poder comprobar que tanto nos hemos alejado del resultado esperado. Son sistemas utilizados en aplicaciones sencillas debido a su simplicidad y economía

para ser adaptados, Por lo general son manuales, es decir que requieren de una persona que indique las acciones que debe realizar el sistema. Para ser aplicados primero necesitamos saber cuáles son las entradas y que esperamos que ejecute el sistema.



- *Control de lazo cerrado:* También conocidos como sistemas retroalimentados, ya que a diferencia de los anteriores, la señal de salida ejerce un efecto directo sobre la acción de control, es así que en estos sistemas se necesita la medición de la salida del proceso para verificar la existencia de desviaciones del valor deseado. La retroalimentación se realiza a través de los sensores involucrados en el proceso transmitiendo estas señales al sistema de control, lo que le permite conocer si las acciones ordenadas a los actuadores son las correctas. Son automáticos y operan sin interrupción, ni participación externa.



## 2.5 Diseño de un automatismo

Para el diseño de un automatismo debemos seguir pasos lógicos y secuenciales empezando por establecer el sistema a automatizar.

**2.5.1 Diagrama del proceso.** El primer paso para el diseño de un automatismo es establecer en forma gráfica el trabajo que se va a realizar y la descripción del proceso, en el cual se incluyan el desarrollo de las fases que componen el ciclo de manera simple y

esquemática, representando los mecanismos y elementos motrices.

**2.5.2 Grafcet.** Una vez que entendamos el proceso que se va a automatizar, cómo funciona y en el orden que se lo va a hacer funcionar, gracias al método Grafcet (Gráfico funcional de control de etapas y transiciones) se puede perfilar la lógica del automatismo, independientemente del lenguaje de programación a utilizar, ya que permite diseñar la programación de manera secuencial, representando acciones y transiciones.

Del diagrama del proceso, se entenderá cada fase como una etapa del Grafcet, la cual se representará con un cuadrado con un número en su interior, que indique la secuencia o el orden de ejecución de cada una. Las acciones a desarrollar se describirán al lado derecho de cada etapa con la ayuda de una etiqueta. Para el caso de la etapa inicial se la diferenciará por ser un cuadrado con doble línea, cuya función será la de posicionar el sistema para arrancar la secuencia del sistema por primera vez.

Para representar la consecución del sistema, entre cada etapa se colocará líneas de evolución, que para su interpretación se entenderán que van orientadas de arriba hacia abajo, a no ser que se representen indicando lo contrario, mediante una flecha que mostrará el sentido de la secuencia.

Con el fin de dar a conocer las condiciones necesarias para la evolución entre etapas, éstas se ubicarán sobre las líneas de transición, las cuales se deberán cumplir para finalizar una actividad e iniciar con la siguiente. (DANERI, 2008)

**2.5.3 Listado de asignación de entradas y salidas.** Para realizar el control de los sistemas automatizados los PLC cuentan con entradas y salidas, para recibir las señales provenientes del proceso captadas por los sensores se utilizan las entradas, mientras que las salidas servirán para accionar los motores eléctricos, válvulas y cualquier actuador que ayude a la transformación energética en el proceso.

Las entradas y salidas digitales se las designa mediante las letras I y Q respectivamente. La letra I representa a una entrada digital y la Q a una salida digital. Los valores de entradas y salidas van desde el 0 al 7, lo que representa un byte.

El propósito del listado de asignación de entradas y salidas es indicar el canal que se utiliza para cada uno de los sensores y actuadores del automatismo, lo que es indispensable para que no se forme equivocación alguna en cuanto a las señales conectadas a las borneras en el PLC y las direcciones internas del dispositivo de control ocupado utilizadas dentro del programa. (DANERI, 2008)

**2.5.4** *Desarrollo de la lógica en ladder.* El Grafcet para efectos de programación en diferentes softwares nos ayuda ya que es simple y sistemático, además de que cada acción y transición se pueden traducir a las líneas del lenguaje ladder. Aunque no en todos los casos puede ser aplicado, lo cual sería una de sus limitaciones. (DANERI, 2008)

El lenguaje de programación a utilizar dependerá mucho del software elegido y de la casa comercial a la cual pertenezca. Una vez realizados los pasos descritos anteriormente, se carga la programación en el programa seleccionado e instalado con anterioridad.

## **2.6 Elementos que componen una instalación automatizada**

Los elementos que componen una instalación automatizada son:

**2.6.1** *Máquinas.* Es donde se realizan las transformaciones, alteraciones o cambios por introducción de energía o información para obtener un producto final. (PIEDRAFITA MORENO, 2004, p.8)

**2.6.2** *Accionadores.* También llamados actuadores los cuales son encargados de realizar el trabajo físico, son los elementos finales de control, estos pueden ser motores, bombas, cilindros neumáticos. (PIEDRAFITA MORENO, 2004: p.8)

**2.6.3** *Accionadores eléctricos.* Son los actuadores que utilizan la electricidad como fuente para realizar su trabajo, los cuales pueden ser válvula de accionamiento eléctrico, motores de tipo eléctrico, resistencias de calentamiento entre otras. (PIEDRAFITA MORENO, 2004, p.8)

**2.6.3.1** *Motor-reductor.* Pueden ser de corriente alterna o de corriente directa, se acoplan por medio de engranes para transmitir o transformar cualquier tipo de movimiento. Los beneficios que presentan son regularidad en velocidad y potencia,

mayor eficiencia y seguridad de transmisión de la potencia, reduce costes de mantenimiento y espacio requerido.

Figura 3. Motor-reductor.



Fuentes: (Autores)

**2.6.3.2** *Electroválvulas.* Es un dispositivo que permite regular el caudal de un fluido. Tiene dos partes básicas, el solenoide y la válvula. La bobina o solenoide transforma la energía eléctrica en mecánica para accionar la válvula ya sea de un estado de apertura a cierre o viceversa al excitarse el solenoide. (CREUS SOLÉ, 2010)

Figura 4. Electroválvula.



Fuentes: (Autores)

**2.6.4** *Pre-accionadores eléctricos.* Permiten activar o controlar los accionadores antes mencionados. Estos pueden ser relés auxiliares o térmicos, contactores variadores de frecuencia. (PIEDRAFITA MORENO, 2004, p.9)

**2.6.4.1** *Relés auxiliares.* Su función es permitir la ejecución de una secuencia para la activación de los diversos actuadores que están presentes en un sistema de control los cuales poseen una única posición de reposo diseñados para trabajar bajas intensidades

.estos están compuestos de contactos auxiliadores y de un electroimán. (SOLBES MONZÓ, 2014, p.68)

Figura 5. Relé auxiliar.



Fuentes: (Autores)

**2.6.4.2 Contactores.** Elementos de uso industrial similar a los relés auxiliares, pero a diferencia de los relés éstos incorporan un nuevo bloque de contactos de potencia, los cuales se aplican comúnmente en el control de motores eléctricos. Los cuales permiten la circulación de corriente o su interrupción según sea el caso, su diseño permite trabajar con las sobrecargas propias de los arranques de motores.

Figura 6. Contactor



Fuentes: (Autores)

Los contactores están compuestos principalmente por contactos normalmente abiertos que se encargan de alimentar al circuito de potencia, contactos auxiliares para controlar un electroimán que accionan los contactos de potencia, también cuentan con una armadura que es la parte móvil y el núcleo de la bobina como parte fija, además poseen

resortes antagónicos para regresar a su estado de reposo. Para extinguir la chispa producida por el arco eléctrico existe la cámara de extinción, y por último tienen un apoyo para sujeción al riel DIN. (SOLBES MONZÓ, 2014, pp. 69-70).

## 2.6.5 Elementos de protección.

**2.6.5.1 Relé térmico.** Elemento utilizado para protección de motores eléctricos frente a sobrecargas.

Un relé térmico trabaja en función a la temperatura, así que cuando alcanza un cierto rango se accionan los contactores propios del relé los cuales permiten el control de los motores. La temperatura medida es aquella que circula por los motores eléctricos. Éstos por si solos no tienen poder de interrumpir la circulación de corriente por lo que deben ir siempre asociados a un actuador como sería el caso de los contactores. (SOLBES MONZÓ, 2014).

Figura 7. Relé térmico.



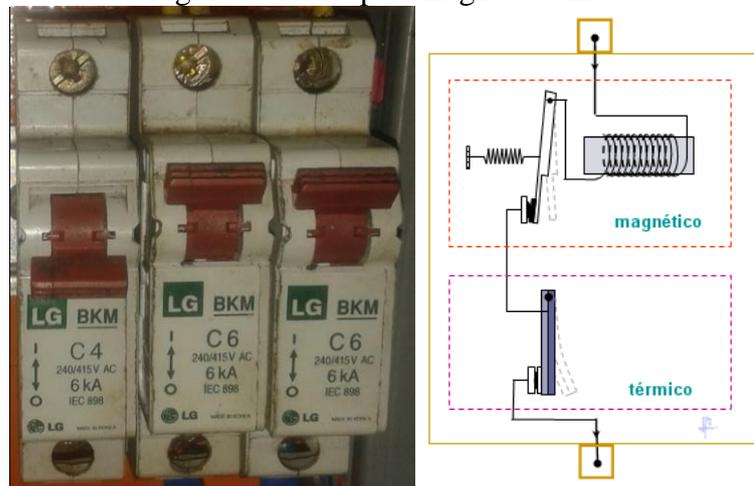
Fuentes: (Autores)

**2.6.5.2 Interruptor magnetotérmico.** Como su nombre lo indica son dispositivos que combinan dos elementos conectados en serie, uno térmico y uno magnético. Se los utilizan para abrir el circuito en caso de presencia de corrientes de sobrecarga o cortocircuitos, así evitando el daño de los elementos que constituyen el circuito.

Ante la presencia de corrientes de sobrecarga actúa el elemento térmico, que actúa al pasar un cierto tiempo protegiendo al circuito mediante la deformación de una lámina bimetalica, el dispositivo no se puede rearmar mientras ésta siga deformada. En cambio

el elemento magnético actúa ante la presencia de corrientes de cortocircuito por la bobina que funciona como un electroimán abriendo el circuito, el dispositivo se puede rearmar y no deben ser sustituidos por lo que pueden reemplazar a los fusibles.

Figura 8. Interruptor magnetotermico.



Fuentes: (Autores)

**2.6.5.3 Base para fusible y fusible.** Al igual que el elemento descrito anteriormente, éste dispositivo protege al circuito o instalación de corrientes de sobrecarga y cortocircuito, al cortar el paso del flujo de corriente cuando la intensidad que circule sea superior a la nominal de trabajo. La principal desventaja que presenta es que debe ser sustituido una vez haya actuado.

Este debe ser sustituido una vez que haya interrumpido la corriente.

Figura 9. Base para fusible y fusible.



Fuentes: (Autores)

**2.6.6 Captadores.** Son los encargados de transmitir información sobre el estado,

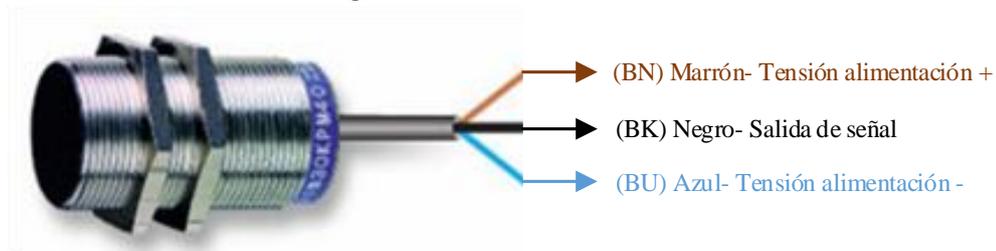
eventos o desarrollo del proceso que ocurre en el sistema al elemento de control, lo cual lo realiza captando para ello señales de posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración. (PIEDRAFITA MORENO, 2004, p.10)

Los más utilizados en la industria suelen ser los captadores de posición.

**2.6.6.1** *Sensor inductivo.* Es un captador que detecta la presencia de cuerpos metálicos.

Su funcionamiento se debe la formación de un campo metálico gracias a dos bobinas situadas en la parte delantera del dispositivo, al acercarse un elemento metálico al alcance del sensor éste es detectado el campo detecta un objeto metálico. (SOLBES MONZÓ, 2014).

Figura 10. Sensor inductivo.



Fuentes: (Autores)

**2.6.6.2** *Final de carrera.* Es un sensor de posición que actúa como un interruptor. Es un dispositivo electromecánico, que se acciona mecánicamente por el contacto de un objeto móvil. Se utiliza cuando la trayectoria del objeto es conocida y fija. (SOLBES MONZÓ, 2014).

Figura 11. Final de carrera.



Fuentes: (Autores)

**2.6.6.3** *Captadores de posición incrementales (Encoders).* También conocidos como

generadores ópticos o como generadores de pulsos, constan de un rotor acoplado a un disco opaco con perforaciones, las cuales son detectadas gracias a la ayuda de una serie de emisores y captadores ópticos, los cuales dan una señal pulsátil cada vez que detectan una perforación. Dentro de las industrias, la medición de velocidad y la detección de posición, son sus principales, para cumplir con este propósito cuentan con dos conjuntos emisor-receptor desfasados entre sí, uno de los canales es llamado A, mientras el otro B, que al girar cada par generan señales cuadradas. Gracias a un desfase de  $\frac{1}{4}$  de división. Además de estas señales algunos encoders dispondrán de un canal adicional conocido por la designación Z, el cual puede ser usado como reset o como contador de vueltas. Los PLC's poseen contadores rápidos y canales de entradas especiales encargados del conteo de pulsos de elevada frecuencia directamente por hardware. (DANERI, 2008)

**2.6.7** *Elementos de dialogo hombre-máquina.* Permiten la interacción entre el operario y el equipo de control, los cuales pueden ser visualizadores, pilotos, pantallas, teclados, que están implantados en el pupitre de la máquina.

**2.6.7.1** *HMI.* La interfaz entre humano y máquina permite satisfacer las necesidades del operador para el manejo y visualización del proceso, lo que se traduce en funcionamiento óptimo de la máquina, mayor disponibilidad y productividad. (SIEMENS, 2005)

Figura 12. HMI Siemens MP 277.



Fuentes: (Autores)

**2.6.8 Elementos de mando.** Son dispositivos de control que permiten gobernar los diferentes actuadores como motores, electroválvulas, bombas entre otros, para poseer un mayor control del proceso, estos pueden realizar cálculos y detectar señales provenientes de los diferentes sensores logrando controles con una mayor adaptabilidad a los nuevos sistemas productivos.

**2.6.8.1 Controlador lógico programable.** Para la automatización de los diversos procesos, máquinas o dispositivos industriales se han diseñado computadoras especiales que permitan el control de los mismos en condiciones propias de la industria.

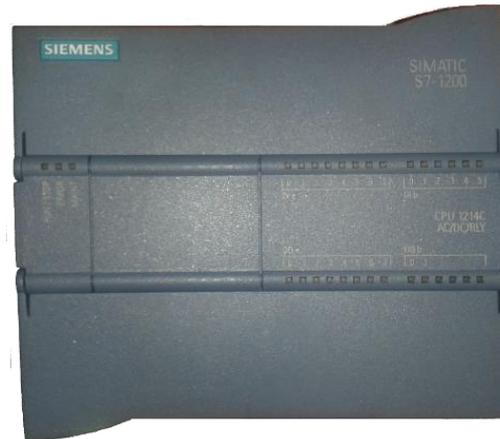
La diferencia entre un PLC y un ordenador tradicional radica en que este no requiere de un teclado, monitor, ratón, disco duro y tampoco requiere de Windows no obstante el controlador lógico programable pero está constituido procesadores, memorias sistemas de alimentación así como puertos de comunicación en su hardware y en lo concerniente a su programación se lo realiza en un sistema operativo llamado firmware

La principal diferencia entre un PC y un PLC es que contiene múltiples canales para medir distintas señales provenientes de sensores instalados en la máquina o proceso que controlan. Y también tienen canales de salida de señales que actúan sobre la máquina o proceso que controlan.

Ejecutar

La característica principal del PLC es la de disponer de entradas digitales para la recepción de señales proveniente de los diferentes sensores, así como de salidas digitales para comandar los actuadores que permiten realizar las diversas secuencias involucradas en un proceso. (CARROBLES MAESO et al., 2002).

Figura 13. Controlador logico programable.



Fuentes: (Autores)

### *Ventajas y desventajas*

#### *Ventajas*

- Procesos más seguros y precisos.
- Procesamiento de información más ágil.
- Flexibilidad ante el control de procesos con alta dificultad.
- Programación rápida y sencilla.
- Mínimos espacios requeridos para su instalación.
- Eficiente consumo energético.
- Monitoreo óptimo del proceso.
- Fácil mantenibilidad.
- Programas dinámicos.

#### *Desventajas*

- Altos costos de capacitación.

- Elevados costos de adquisición.
- Condiciones ambientales apropiadas

(DAVIDRC, 2009).

## 2.7 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación están diseñados para la comprensión del personal familiarizado con lógica cableada, estos lenguajes se encuentran estandarizados internacionalmente mediante la norma IEC 1131 los cuales son:

**2.7.1 *Instruction list (IL), texto.*** Es un lenguaje desarrollado en Alemania, maneja un limitado número de instrucciones en el cual se utiliza caracteres alfanuméricos que permitan una traducción en texto del lenguaje gráfico. (CARROBLES MAESO et al., 2002).

Figura 14. Ejemplo de programación en IL.

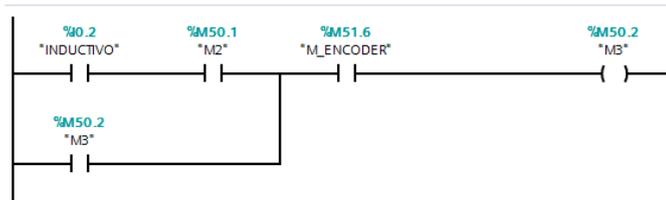
```
LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor
```

Fuentes: (Autores)

**2.7.2 *Ladder (LD), diagrama de contactos.*** Es el lenguaje más antiguo, representa mediante símbolos de circuito eléctricos las instrucciones a programar. Es el lenguaje más antiguo de programación de PLC's debido a que nace una vez que se ha sustituido la lógica cableada.

Es el lenguaje preferido por los electricistas acostumbrados a trabajar con la representación de contactos abiertos y cerrados, bobinas, relés, identificados mediante variables de entradas y salidas. (CARROBLES MAESO et al., 2002).

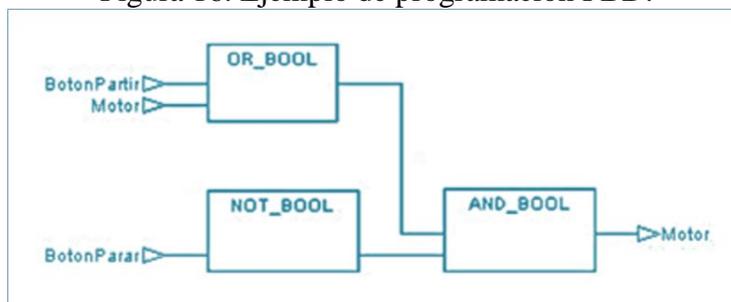
Figura 15. Ejemplo de programación en Ladder



Fuentes: (Autores)

**2.7.3 Function block diagram (FBD), gráfico.** Al igual que Ladder es también un lenguaje gráfico, pero con la diferencia de que en lugar de símbolos eléctricos se utiliza símbolos electrónicos para representar las instrucciones, los cuales se unen mediante operadores adecuado que pueden ser de entradas, salidas, etc. (CARROBLES MAESO et al., 2002).

Figura 16. Ejemplo de programación FBD.



Fuentes: (Autores)

**2.7.4 Structured text (ST), texto.** ST es un lenguaje de alto nivel, para le realización de tareas complejas de cálculo como algoritmos, es similar a Pascal, pero con desarrolladas especificaciones para trabajar con PLC. (CARROBLES MAESO et al., 2002).

Figura 17. Ejemplo de programación en structured text.

```

IF ( BotonPartir OR Motor ) AND NOT BotonParar THEN
  Motor :=TRUE;
ELSE
  Motor :=FALSE;
END_IF;

```

Fuentes: (Autores)

## 2.8 Mantenimiento

**2.8.1 Concepto.** Según la norma UNE EN 13306 el mantenimiento es la

*“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un ítem con el fin de mantenerlo, o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.”*

Según la norma AFNOR NF X 60 010 el mantenimiento se define como *“Todas las acciones para mantener o restaurar un bien en un estado o en condiciones especificadas para proporcionar un servicio específico.”*

Así podemos decir que el Mantenimiento Industrial son todas las acciones a nivel gerencial administrativo o técnico, que se aplican a un activo físico para lograr que desempeñe las funciones para las cuales fue adquirido, durante su tiempo de vida útil.

Para realizar las actividades de mantenimiento podemos tomar dos factores predeterminantes. Por un lado los manuales y catálogos que proveen los fabricantes de cada casa comercial entregan información valiosa a la hora de especificar las tareas y frecuencias de mantenimiento e inspección. No obstante la experiencia que adquiere cada trabajador del área de mantenimiento al interactuar con una máquina posibilita su aptitud para realizar planificaciones para la realización de las diversas actividades con el fin preservar las funciones para las cuales fueron adquiridos los diferentes activos. (CLLONI, 2007)

**2.8.2 Tipos de mantenimiento.** Los tipos de mantenimiento que podemos encontrar se los puede dividir basándose en la norma UNE EN 13306 en dos, el Mantenimiento Correctivo y el Mantenimiento Preventivo

- **Mantenimiento correctivo o accidental.** Mantenimiento que se lo efectúa una vez que aparece una falla. Es un mantenimiento que siempre existirá, siendo el menos deseado. Se puede realizar reparaciones provisionales, cuando hablamos de un mantenimiento Paliativo, y soluciones definitivas al hablar de un mantenimiento Curativo

- **Mantenimiento preventivo.** Es el mantenimiento efectuado según criterios previamente determinados para reducir la probabilidad de aparición de un fallo. Existen dos formas.
  - **Sistemático.** Mantenimiento preventivo efectuado según una planificación establecida, tiempo o número de revoluciones, con un criterio previamente establecido.
  - **Condicional.** Mantenimiento preventivo subordinado a un tipo de acontecimiento predeterminado (autodiagnóstico, información de un captador, etc.)

(Norma Europea EN 13306)

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO DE LA ENVASADORA IQ-1500. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES REQUERIDOS PARA LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

#### 3.1 Estudio Técnico de la Máquina de Envasado IQ-1500.

La máquina envasadora consta en mayor parte de elementos mecánicos, los cuales deben actuar con un alto grado de sincronismo, para su correcto funcionamiento. Para ello todo el sistema depende de un motor trifásico, el mismo que maneja de forma directa el proceso de sellado y dosificado, y de manera indirecta los sistemas de control de temperatura para el sellado horizontal y vertical de las fundas y el sistema de avance de las fundas.

La máquina cuenta con un pequeño tanque dosificador en su parte superior que almacena la leche proveniente del tanque de almacenamiento, trasladada por medio de una electrobomba sanitaria. El propósito del tanque es la dosificación de la leche por gravedad.

Figura 18. Tanque dosificador.



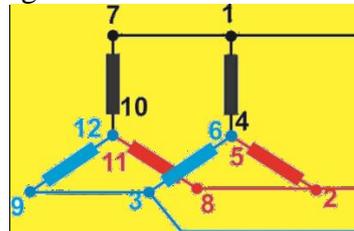
Fuentes: (Autores)

Previo al funcionamiento de la máquina envasadora, el operario debe verificar si el nivel del fluido en el tanque de almacenamiento ha llegado a niveles óptimos para el proceso.

Cuando se pone en marcha la máquina envasadora, inmediatamente comienza a funcionar el motor y pone en marcha todo el mecanismo.

El motor trifásico cuenta con una conexión Y interna y Y externa, con una caja de engranajes que aumenta el torque y reduce la velocidad del motor. El motor tiene una potencia de 1HP, funciona con 220 voltios con un factor de potencia de 0.77 y consume una corriente nominal de línea de 2.3A.

Figura 19. Conexión doble Y.



Fuentes: (Autores)

La velocidad de salida de la caja de reducción del motor es de 20 revoluciones por minuto, lo que limita la capacidad de producción a 20 fundas por minuto, sin importar la cantidad de líquido a llenar. La potencia del motor es transmitido mediante una cadena a un eje, que se encarga de controlar todos los actuadores que posee la máquina.

Figura 20. Motor y transmisión mecánica.



Fuentes: (Autores)

La máquina cuenta con 4 actuadores, dos para las niquelinas de sellado, uno para la válvula de llenado y un actuador adicional para recorrer la funda hacia abajo.

La dosificación del líquido se la realiza mediante la modificación de un tornillo regulador, que se encarga de disminuir el recorrido del pistón de la válvula, disminuyendo de esa manera la cantidad de líquido que ingresa en cada operación de llenado. El ajuste de este tornillo debe ser manual, y no existen límites fijados para determinados volúmenes a llenar, si no que el operario se encarga de determinar la posición del tornillo, además la palanca de inicio de dosificación es manual y su ubicación resulta poco accesible al operario.

El proceso para determinar por prueba y error la posición del tornillo causa que se obtengan en las primeras pruebas cantidades erróneas de líquido, lo que provoca pérdidas en tiempos de producción y recursos. Éste sistema de dosificación puramente mecánico es sensible a sufrir daños debido a la manipulación y regularmente debe ser ajustada debido a que por las vibraciones mecánicas cambia de posición.

Figura 21. Tornillo regulador.



Fuentes: (Autores)

El proceso de sellado de las fundas se encuentra a cargo de dos niquelinas, una vertical y otra horizontal con sus respectivos actuadores, que se encargan de sellar las fundas. Las niquelinas se accionan intermitentemente mediante un sensor final de carrera que es activado por una leva colocada en el eje de transmisión de potencia del motor.

Figura 22. Leva y final de carrera de control de niquelinas.



Fuentes: (Autores)

Las niquelinas poseen un sistema de enfriamiento de agua la que circula en una tubería que pasa a través de las mismas.

Para regular la temperatura de las niquelinas existe un controlador electrónico de potencia, que según el ángulo de disparo seleccionado, entrega cierta cantidad de potencia a la carga. El sistema de control de temperatura está formado por un controlador de fase a 220V que se conecta al primario de un transformador reductor, y el secundario del transformador está conectado a las niquelinas. Existen dos circuitos independientes al igual que dos transformadores monofásicos para la niquelina vertical y horizontal.

Figura 23. Niquelina de sellado vertical.



Fuentes: (Autores)

Los transformadores monofásicos poseen una tensión de entrada de 220V y una tensión de salida de 24V. La potencia nominal del transformador es de 700VA, lo que da una corriente en el primario de 3.17A, y una corriente en el secundario de 28A. El ángulo de disparo del controlador de potencia se puede variar mediante un potenciómetro presente en el circuito de disparo, éste potenciómetro está accesible al operador.

Figura 24. Trasnformadores monofásicos 220V/24V, 700VA.



Fuentes: (Autores)

El actuador de la niquelina horizontal está controlada mediante una leva, que se encarga de mover el émbolo que presiona a la niquelina contra la funda. De manera similar es el mecanismo de la selladora vertical. El émbolo es de simple efecto y cuenta con un resorte como medio de retorno a la posición inicial.

Figura 25. Niquelina de sellado horizontal.



Fuentes: (Autores)

**3.1.1 Sistema de arranque y puesta en marcha del motor.** El motor que se encarga de mover todos los mecanismos de la máquina es de una potencia de 1HP, por lo que no necesita ningún método de arranque especial. El arranque que posee es un arranque directo controlado por un selector de dos posiciones.

El motor tiene un sistema de posicionamiento, que permite que al momento de apagar la máquina el motor no se detenga sino hasta llegar a cierta posición, donde los actuadores de las niquelinas se encuentren en una posición de apertura y no se ejerce presión alguna sobre las fundas.

Para tal efecto cuenta con un sensor de contacto o final de carrera en el émbolo de sellado horizontal, el mismo se encarga de enclavar el contactor los segundos necesarios para posicionarlo antes del apagado, cuando el final de carrera llega a la posición de apertura. También cuenta con una barrera de protección en la niquelina horizontal, que en posición de cerrado permite el funcionamiento del motor, y mientras está abierta desactiva la máquina y el sistema de posicionamiento lleva al motor a la posición inicial.

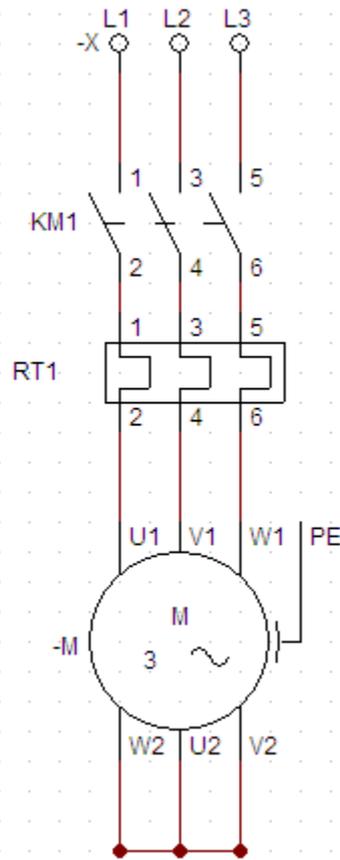
Figura 26. Final de carrera para posicionamiento del motor.



Fuentes: (Autores)

La protección destinada para éste motor es un relé térmico, y se ha conectado el contacto normalmente cerrado en serie a la bobina del contactor tripolar que maneja la carga del motor. El esquema de potencia del motor se muestra en la Figura 25.

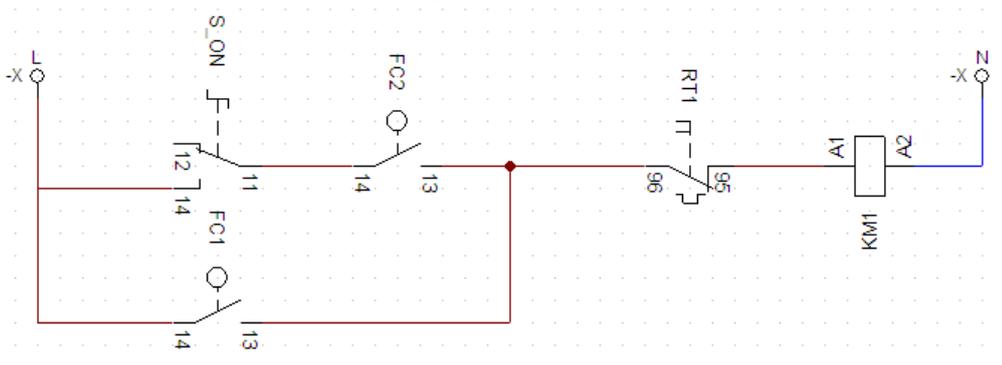
Figura 27. Esquema de potencia de arranque de motor.



Fuentes: (Autores)

El esquema de control del motor se observa en la figura 26.

Figura 28. Esquema de control de motor.



Fuentes: (Autores)

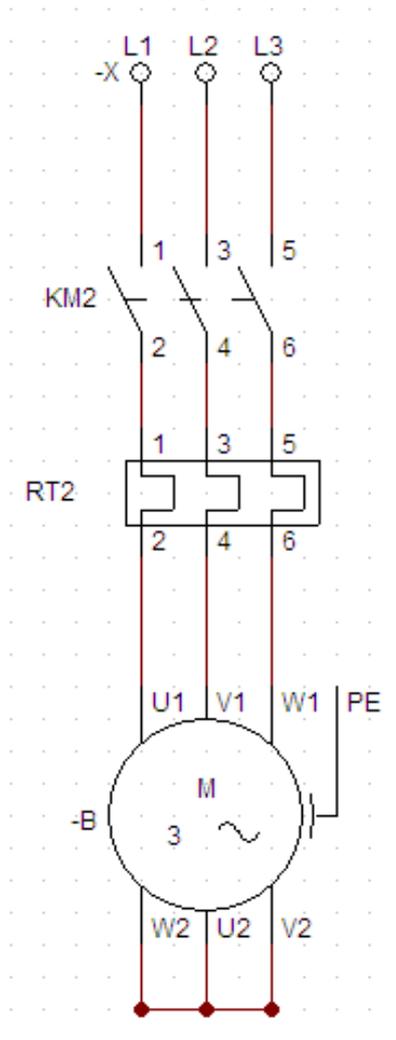
De la figura 26 el contacto S\_ON corresponde al interruptor de dos posiciones, accesible al usuario para poner en marcha la máquina. El contacto FC2 pertenece al final de carrera

de la barra de protecciones de la niquelina horizontal y el contacto FC1, final de carrera de posicionamiento de apagado. El sistema de control funciona a 220 voltios.

**3.1.2 Sistema de arranque y puesta en marcha de la bomba.** La bomba es la encargada de trasladar el fluido desde un tanque de almacenamiento hasta el tanque de dosificación que la máquina posee en la parte superior. La potencia de la bomba es igual a 1HP por lo que no necesita un arranque especial. La bomba es activada mediante un interruptor de dos posiciones y no posee un relé térmico como protección.

La activación y desactivación de la bomba es manual, por lo que el operario debe tener el cuidado de apagar la bomba una vez se ha terminado el proceso de envasado. El diagrama de potencia se observa en la figura 27.

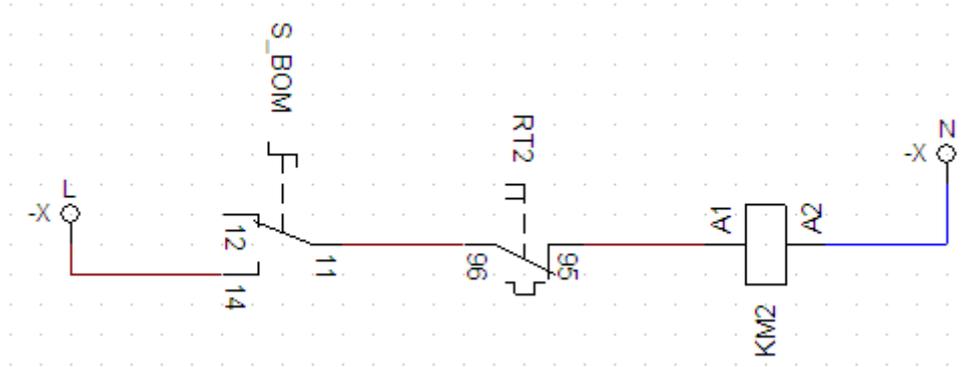
Figura 29. Circuito de potencia de la bomba.



Fuentes: (Autores)

El circuito de mando se detalla en la figura 28.

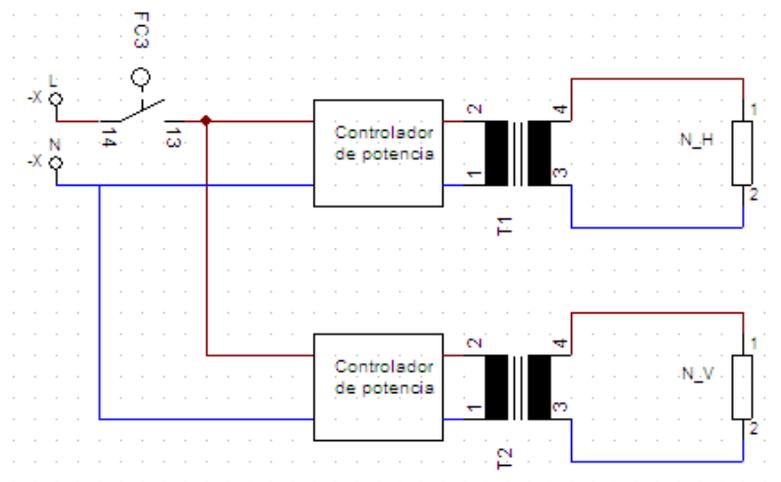
Figura 30. Circuito de mando de la bomba.



Fuentes: (Autores)

**3.1.3 Sistema de funcionamiento de las niquelinas.** El funcionamiento de las niquelinas es intermitente, controlado por el final de carrera activado por una leva. El final de carrera permite el disparo de los dos circuitos controladores de potencia de cada niquelina. El circuito controlador de potencia tiene como interruptor un triac de potencia. El control de potencia se produce a 220V en el primario del transformador, en el secundario del transformador se han conectado las niquelinas.

Figura 31. Circuito de control de potencia de las niquelinas..

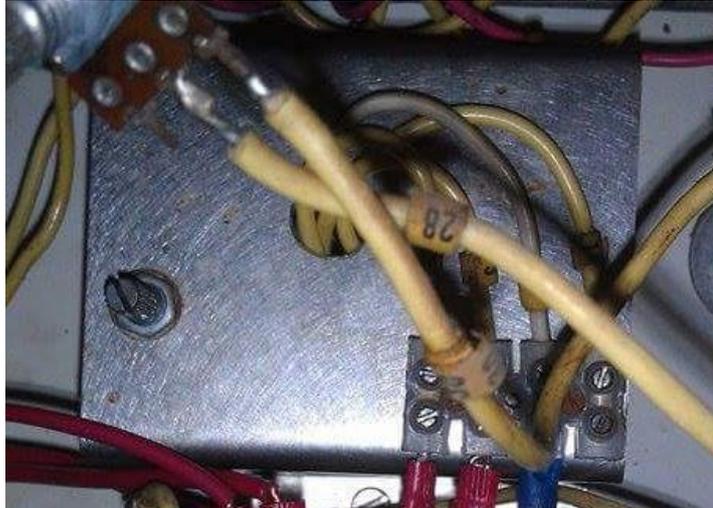


Fuentes: (Autores)

El consumo a máxima potencia de las niquelinas es de 3,5 amperios, con un voltaje de 220V la potencia disipada es de 770 vatios.

El circuito físico implementado se puede observar en la imagen a continuación.

Figura 32. Regulador de potencia de las niquelinas.



Fuentes: (Autores)

### 3.2 Estado inicial de los equipos

La ponderación del estado de los equipos que intervienen en el proceso de envasado se lo realizó en una escala con cuatro valoraciones, partiendo como límite inferior con el estado de malo, pasando por las valoraciones de regular y bueno, hasta llegar al límite superior de excelente. Para dicha ponderación se tomó en cuenta la funcionalidad de los equipos, presencia de óxido, estado de instalaciones y conexiones eléctricas, estado de empaques, etc. Esta escala está basada en la famosa Escala de Likert debido a su rapidez y sencillez de aplicación.

Tabla 1. Estado técnico de los equipos

Equipos	Estado Técnico			
	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente
Tanque de almacenamiento			X	
Electrobomba sanitaria			X	
Envasadora		X		

Fuentes: (Autores)

### 3.3 Diagnóstico operativo de la máquina IQ-1500.

La máquina revela algunos problemas de operación como la falta de escalabilidad, es decir, si se necesita cambiar el tamaño de funda de acuerdo a la porción de líquido a envasar, se debe realizar modificaciones en la parte mecánica, lo que conlleva mucho tiempo y necesita de mano de obra capacitada.

También existen otras dificultades como el cálculo exacto del líquido a envasar pues la máquina tiene una válvula de paso, donde se regula el grado de apertura y según ello permite mayor o menor paso de líquido. Al no haber una métrica adecuada para determinar el grado de apertura se necesita de un proceso de prueba y error para determinar la posición exacta de abertura, lo que provoca pérdidas de materia prima.

Actualmente el proceso para determinar la cantidad de líquido envasado consiste en llenar una funda y pesarla. Si el peso del líquido es igual a un kilogramo, se ha envasado un litro de leche, caso contrario se repite hasta conseguirlo. Se puede entonces llegar a la conclusión de que el proceso es demorado, además depende en gran parte de la experiencia del operador para minimizar el desperdicio de recursos.

Figura 33. Verificación del volumen de líquido mediante pesaje.



Fuentes: (Autores)

También al no poseer un indicador de la cantidad de producción, no se puede precisar cuántos litros se han enfundado en la máquina, dificultando así el proceso de registros estadísticos que son muy deseables al momento de realizar análisis de producción, pérdidas y cálculo de valores de producción.

Figura 34. Mecánica a modificar.



Fuentes: (Autores)

No presenta un orden en el montaje posterior de la circuitería de control y automatización, además los circuitos de mando y potencia no se encuentran separados debidamente, por lo que existen cables sueltos que pueden provocar daños como cortocircuitos y existe el riesgo de que personal no calificado reciba una descarga eléctrica de 220V.

Figura 35. Circuito de potencia y control



Fuentes: (Autores)

No presenta protecciones, por lo que los elementos de potencia estarían sujetos a la posibilidad de fallos por sobre intensidades.

No posee un manual de mantenimiento lo que aumenta el riesgo de una falla a futuro de la máquina, y la dificultad para ubicar la posible la falla lo que ocasione que la máquina se ponga fuera de uso.

Todos estos problemas identificados, requieren de una solución técnica que satisfaga todas las necesidades y solucione los problemas existentes. Por lo que en las siguientes líneas de este trabajo se detallará cuáles son los criterios técnicos y las soluciones a implementar.

### 3.4 Solución propuesta.

Una vez identificados los problemas, es necesario identificar las posibles causas de los mismos para poder así plantear las soluciones técnicas y pertinentes, que sean viables y cumplan con los estándares de la industria. En la siguiente tabla se encuentran identificados los problemas y las soluciones planteadas.

Tabla 2. Problemas identificados en el sistema mecánico.

<b>FASE DE PROCESO</b>	<b>PROBLEMAS</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
Regulación del avance de funda.	Falta de escalabilidad en el avance de funda requerido.	El Sistema es enteramente mecánico.	Tamaño de fundas fuera de los rangos requeridos. Pérdidas de tiempos en la regulación del tamaño de funda.	Adaptar un Motor eléctrico acoplado a un encoder que permita controlar el avance de funda según sea necesario.
Dosificación por gravedad	No se posee una regulación exacta para los volúmenes requeridos. Por efecto de las vibraciones producidas al momento de la producción el tornillo para la regulación cambia de posición.	El ajuste del tornillo regulador es netamente manual y no posee una escala para los volúmenes requeridos. Las vibraciones existentes durante el proceso de producción debido al sistema mecánico.	El volumen varía o sufre afectaciones según la apreciación del operario. Tiempos muertos por regulación del volumen a dosificar	Implementar un control para la dosificación del líquido mediante una electroválvula inoxidable para alimentos.

	La palanca que permite el inicio de la dosificación se rompe constantemente.	La ubicación de la palanca no permite una manipulación adecuada debido a que es poco accesible al operario.	Paros de producción hasta su reparación.	
Sellado vertical y horizontal	Sellado defectuoso.	Teflones térmicos en mal estado por desgaste. Falta de regulación en los tensores del sellado.	Destrucción de las fundas. Fundas no selladas al volumen correspondiente. Producto terminado propenso a aberturas en las juntas selladas.	Cambio de teflones. Ajuste adecuado en los tensores del sellado.

Fuentes: (Autores)

Tabla 3. Problemas identificados en el sistema eléctrico.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS	EFFECTOS	SOLUCIÓN
Cableado inadecuado.	Desconocimiento de técnicas	Riesgos eléctricos por cables sueltos. Dificultad para la realización del mantenimiento.	Instalación de un tablero de control que focalice los automatismos.
Falta de protecciones eléctricas adecuadas.	Falta de mantenimiento.	Destrucción de los equipos.	Instalar las protecciones adecuadas.

Nota: Además la máquina no cuenta con un contador que facilite el llevar datos estadísticos de producción, ni con un manual de mantenimiento que permite conservar las funciones del activo.

Fuentes: (Autores)

### 3.5 Selección y descripción de los equipos de control y monitoreo

Del diagnóstico técnico realizado anteriormente, se determinó que aunque la máquina se encuentra en funcionamiento tiene varias falencias, para lo cual se propuso como solución adaptar un sistema de automatización por lo tanto es necesario realizar la selección de los elementos que satisfagan los requerimientos para la realización del proyecto, para luego dimensionarlos.

**3.5.1 Características del equipo de control requerido.** Debido al número de entradas y salidas de datos involucrados en el proceso el equipo seleccionado es un PLC. En este proceso el controlador debe contar con dos entradas tipo discreto o digital, para dos sensores inductivos, el primero para la activación y desactivación de la dosificación del producto, y el segundo para la activación del motor de avance de funda del producto,

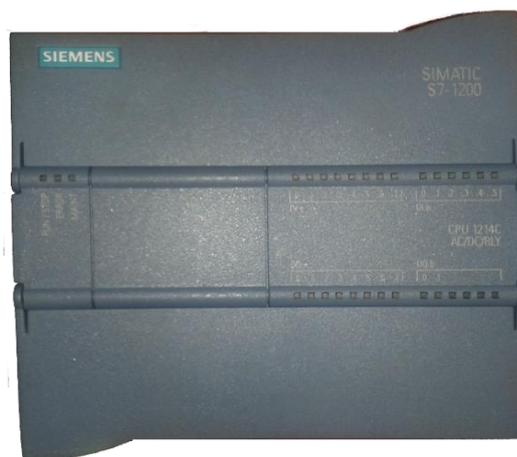
se necesita además 3 entradas digitales (una entrada para el impulso de reloj A, otra para el impulso de reloj B, y finalmente una para la señal de reset externa del contador) para el encoder que controlan el motor de avance de funda, lo que da un total de 5 entradas.

Además debe contar con salidas de tipo discreto o digital para la activación del inicio de la máquina, luz piloto verde de funcionamiento de la máquina, luz piloto roja de paro de la funcionamiento de la máquina, encendido de la selladora horizontal, encendido de la selladora vertical, encendido de la electrobomba sanitaria (bomba de producto), luz piloto amarilla de funcionamiento de la bomba, activación del motor de avance de funda, y finalmente una salida para activación de la electroválvula para la dosificación del producto, dando un total de 9 salidas

El controlador debe cumplir con ciertas características mínimas como: 5 entradas digitales para el encoder y los sensores, además de poseer contadores rápidos, 9 salidas de tipo digital para los actuadores, su voltaje de alimentación debe ser de 220Vac además debe tener comunicación vía Ethernet para monitoreo de estas señales.

**3.5.1.1** *PLC Siemens S7 1200 1214C.* El PLC que se ha seleccionado es el Controlador SIMATIC S7-1200 1214C AC/DC/RELÉ, ya que satisface las necesidades descritas anteriormente, debido a que cuenta con la características descritas a continuación.

Figura 36. Controlador SIMATIC S7-1200 1214 AC/DC/RELÉ.



Fuentes: (Autores)

El PLC SIEMENS cuenta con un diseño compacto, amplia variedad de instrucciones y bajo costo, las características principales del PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214C

AC/DC/RELE son: su alimentación es de 85 - 264 Vac y 47 - 63 HZ, dispone de una CPU compacta, cuenta con 24 entradas y salidas integradas: 14 entradas digitales 24Vdc, 10 salidas digitales RELAY 2A y 2 entradas analógicas 0 - 10V DC, dispone de una Interfaz de comunicación Ethernet, cuenta con contadores rápidos, reloj de tiempo real integrado, entradas de alarma, terminales extraíbles en todos los módulos y memoria 75 Kb.

**3.5.2 Características del equipo de monitoreo requerido.** Se requiere una interface hombre máquina que permita visualizar varias pantallas cuando el proceso se encuentra activo, la primera nos permite visualizar los botones respectivos para la selección de las diferentes sub pantallas tales como producción, de lavado e información.

En la pantalla de la producción se dispondrá de los siguientes botones digitales: un botón respectivamente para el inicio de máquina, el paro de la misma, el ON y OFF de las resistencias tanto vertical como horizontal, el ON y el OFF de la bomba de suministro del producto, botones para la selección de 1 LITRO, de 1/2 LITRO, y de 1/4 LITRO, también un panel de visualización para el número de fundas producidas, finalmente un panel para el ingreso del número de fundas que se desee producir automáticamente siempre que se conozca la producción final.

En la pantalla de lavado se dispondrá de botones de encendido y apagado para la máquina, electroválvula y bomba de producto, respectivamente.

En la pantalla de información tenemos recomendaciones sobre el uso de la máquina

También se requiere botones para poder desplazarse a través de las diferentes pantallas

El panel para el ingreso del número de fundas a producir automáticamente es imprescindible, debido a que si se la realizara de forma manualmente se podría acabar el suministro del producto y la bomba de llenado trabajaría en seco, lo que daría como consecuencia que el equipo se sobrecalentara y posteriormente deje de cumplir su función principal.

Para la comunicación entre el PLC y HMI se necesita como requerimiento básico la capacidad de comunicarse vía Ethernet.

**3.5.2.1 HMI (Interfaz Hombre Máquina) Siemens MP 277.** La HMI que mejor se adapta a los requisitos detallados es la SIMATIC MULTI PANEL MP 277 8" TOUCH 6AV6 643-0CB01-1AX1, la cual es un dispositivo con pantalla táctil para el control y supervisión de procesos. Tiene una protección para el Frente IP65, NEMA 4x, (montado), IP (frontal) IP65, IP (lado posterior) IP20, una pantalla de 7,5" con 65 536 colores, además de una resolución de 640 x 480, teclado alfanumérico, conexión para mouse/teclado/lector de códigos de barras USB, se debe montar de manera vertical, con una tensión de alimentación de 24 VCD, permite una conexión Profinet IO y Profibus es configurable desde un software de Siemens.

Las Condiciones ambientales de servicio son: temperatura mín. 0 °C y máx. 50 °C, humedad relativa del aire máx. 90 %.

Figura 37. Pantalla táctil SIMATIC MULTI PANEL MP 277 8" Touch



Fuentes: (Autores)

**3.5.3 Conexión ethernet.** Para este proyecto se usara el cable Ethernet y conectores RJ45 SIEMENS para conectar el PLC y la HMI de la misma marca.

Se va a trabajar en la industria alimenticia por lo que se debe trabajar con un cable apantallado categoría 5 de 4 hilos que permita una transferencia de datos con una velocidad de 10/100 Mb/s sin interferencia de campos magnéticos.

Se utilizara conectores RJ45 aptos para la industria que posean una caja de metal robusta, de fácil instalación, y cables de par trenzado de 4 hilos para protegerlos de perturbaciones.

Figura 38. Cable ethernet Siemens.



Fuentes: (Autores)

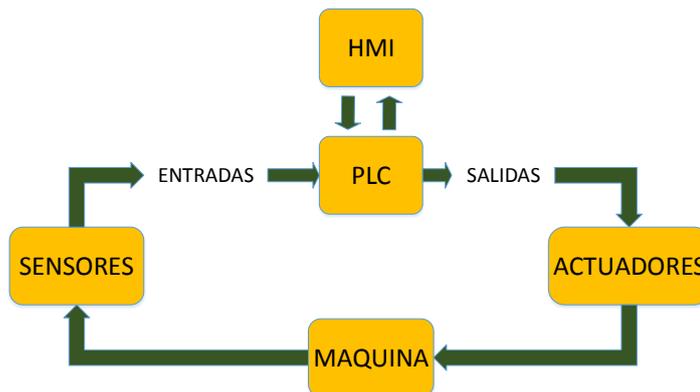
Figura 39. Conector RJ45 Siemens.



Fuentes: (Autores)

**3.5.4 Diagrama de bloques del hardware del proceso.** Este diagrama nos permite visualizar el sistema de lazo abierto con el cual contará el sistema de automatización.

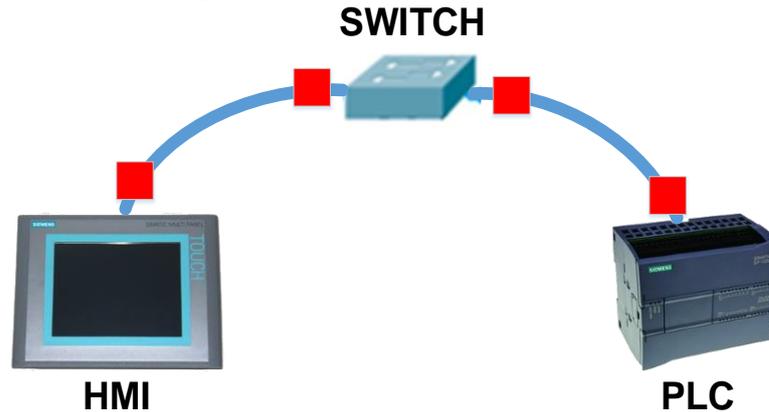
Figura 40. Diagrama de bloques del hardware.



Fuentes: (Autores)

**3.5.5 Comunicación vía ethernet.** Para este proyecto la comunicación entre un PLC S71200 CPU 1214C AC/DC/RELE y un HMI MP 277 8" Touch es vía Ethernet, el uso de Ethernet aumenta el rendimiento, control e incorpora la durabilidad, costos reducidos, robustez, velocidad, integración con internet/intranet y fiabilidad.

Figura 41. Comunicación ethernet.



Fuentes: (Autores)

**3.5.6 Dimensionamiento de componentes.** Previo a la adquisición y posterior uso de la fuente de alimentación, y gabinete, se debe realizar su dimensionamiento.

**3.5.6.1 Dimensionamiento de la fuente para sensores y actuadores.** Los actuadores que funcionan con una alimentación de 24 Vcd son: sensores inductivos, el actuador para el avance de funda, HMI, encoder (medidor de posición /orientación) además en caso que se quiera alimentar otros dispositivos de forma emergente o temporal se recomienda no solo dimensionar sino sobredimensionar este dispositivo.

Se procederá al dimensionado de la fuente de alimentación siguiendo estos pasos:

Lo primero que se debe conocer son las características a las que va a ser expuesta la fuente.

**Tensión de suministro a la fuente.-** el suministro de energía en la planta de lácteos es de 220 Vca, por lo que la fuente será energizada con una tensión de 220 Vca.

**Dispositivos a alimentar.-** Los sensores inductivos, actuador (motor de avance de funda), HMI y encoder, que se conectaran funcionan a 24Vcd por lo tanto la fuente debe suministrar dicho voltaje, es decir la fuente alimentara a 5 actuadores. Excepto el actuador para la dosificación que funciona con 220 Vca por lo que este se conectara al suministro de energía de la planta.

**Consumo de corriente de los dispositivos.-** Según los datos del fabricante las potencias nominales para los sensores y actuadores que van a ser alimentados por la fuente son:

para el sensor inductivo que inicia la dosificación es de 4,8W, en el caso del sensor inductivo que inicia el avance de funda es también de 4,8W, en el motor de avance de funda es de 144W, la HMI con 24W y el encoder con 5W. Aplicando la Ecuación. 3.1 podemos determinar la corriente nominal consumida por cada componente.

$$P = E * I_N \quad \text{Ecuación. (3.1)}$$

Donde:

P: Potencia nominal (Watts)

E: Tensión de alimentación (Voltios)

$I_N$ : Corriente nominal consumida (Amperios)

Cálculo – sensor inductivo (dosificación):

$$4,8 \text{ W} = 24\text{V} * I_{N1}$$

$$I_{N1} = \frac{4,8 \text{ W}}{24 \text{ V}}$$

$$I_{N1} = 0,2\text{A}$$

Cálculo – sensor inductivo (avance de funda):

$$4,8 \text{ W} = 24\text{V} * I_{N2}$$

$$I_{N2} = \frac{4,8 \text{ W}}{24 \text{ V}}$$

$$I_{N2} = 0,2\text{A}$$

Cálculo – actuador (motor de avance de funda):

$$144 \text{ W} = 24\text{V} * I_{N3}$$

$$I_{N3} = \frac{144 \text{ W}}{24 \text{ V}}$$

$$I_{N3} = 6A$$

Cálculo – HMI:

$$24 \text{ W} = 24\text{V} * I_{N4}$$

$$I_{N4} = \frac{24 \text{ W}}{24 \text{ V}}$$

$$I_{N4} = 1A$$

Cálculo – encoder:

$$5 \text{ W} = 24\text{V} * I_{N5}$$

$$I_{N5} = \frac{5 \text{ W}}{24 \text{ V}}$$

$$I_{N5} = 0.2A$$

El consumo de corriente que deberá soportar la fuente de alimentación será:

$$I_{T1} = I_{N1} + I_{N2} + I_{N3} + I_{N4} + I_{N5}$$

$$I_{N1} = 0,2A$$

$$I_{N2} = 0,2A$$

$$I_{N3} = 6A$$

$$I_{N4} = 1A$$

$$I_{N5} = 0.2A$$

$$I_{T1} = 0,2 A + 0,2A + 6A + 1A + 0,2A$$

$$I_{T1} = 7,6A$$

Como medida de protección se debe sobredimensionar un 20%.

$$I = I_{T1} * 1,20$$

$$I = 7,6 * 1,20$$

$$I = 9,12A$$

Aplicando la Ecuación. 3.1 se puede calcular la potencia total del sistema, este valor ayudará en la selección de la fuente de alimentación:

$$P = E * I$$

$$P = 24 V * 9,12 A$$

$$P = 218,88W$$

Con estos valores obtenidos, podemos dimensionar la fuente de alimentación para los componentes, la cual debe cumplir con las siguientes características:

Tensión de entrada 110 Vca - 220 Vca

Tensión de salida 24 Vcc

Potencia mínima de la fuente 219 W

Corriente mínima de salida 9,12 A

**3.5.6.2** *Dimensionamiento, recomendaciones de conductores eléctricos.* Los puntos siguientes constituyen reglas de carácter general para el dimensionamiento y cableado de los PLCs S7-1200.

- Utilice siempre cables con un diámetro adecuado para la intensidad. Los módulos del S7-1200 aceptan cables con sección de 2 mm<sup>2</sup> a 0,3 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 22 AWG).
- Asegúrese de que los tornillos de los bornes no pasen de rosca. El par máximo de apriete es de 0,56 N-m.
- Utilice siempre un cable lo más corto posible (apantallado).
- Identifique y disponga adecuadamente el cableado hacia los módulos S7-1200; de ser necesario.
- Instale dispositivos de supresión de sobretensiones apropiados en el cableado susceptible de recibir sobretensiones causadas por rayos.

**3.5.6.3** *Dimensionamiento del tablero de control.* Antes de dimensionar nuestro tablero o envolvente debemos conocer las características de acuerdo al ambiente de trabajo al que va a ser expuesto. Entre las características más importantes a tomar en cuenta tenemos dos, una en cuanto al tipo de envolvente y una sobre el dimensionamiento del tablero.

La primera característica tiene que ver con el aspecto del envolvente el cual se refiere al acabado exterior del tablero. En nuestro caso dentro del tablero se encuentran elementos de control, mando, maniobra y protección para el funcionamiento de la máquina y estos dispositivos estarán sujetos a mantenimiento, por lo tanto se seleccionó un cuadro de automatismo que posea una puerta de tipo batiente ya que es el más común y permite un fácil acceso

La segunda característica tiene relación con el índice de protección (IP) o grado de protección contra polvo y agua de acuerdo a la norma IEC en sus publicaciones 144 y 549 este código, nos muestra la capacidad del tablero para impedir el ingreso de sólidos y líquidos extraños al interior de este.

Su codificación se representa de la siguiente forma:

IP XY

Donde:

IP= índice de protección

X= Valor entre 0-6, protección contra cuerpos extraños

Y= Valor entre 0-8, protección contra líquidos.

Mientras mayor el número mayor la protección del equipo.

Tabla 4. Índice de protección (IP) primer y segundo número.

# IP	PRIMER NÚMERO IP		SEGUNDO NÚMERO IP
	Protección contra objetos sólidos y polvo		Protección contra agua
	Protección contra el acceso a partes peligrosas	Protección contra la intrusión de elementos externos	Referencias
0	Ninguna protección	Ninguna protección	Ninguna protección
1	Contra grandes partes del cuerpo (palma)	Elemento externo grueso, diámetro superior a 50 mm	Protección contra las gotas de agua que caen verticalmente
2	Protección contra los dedos	Elemento externo superior a 12.5 mm	Protección contra las gotas de agua que caen verticalmente inclinado hasta 15°
3	Herramientas y cables con un diámetro superior a 2,5 mm	Elemento externo pequeño superior a 2.5 mm	Protección contra la Salpicaduras de agua con inclinación hasta 60° respecto a la vertical
4	Herramientas y cables con un diámetro superior a 1 mm	Elemento externo en forma de cono, diámetro superior a 1 mm	Protección contra la salpicadura de agua por todos los lados
5	Protección completa	Depósito de polvo	Protección contra chorro de agua
6	Protección completa	Ingreso de polvo	Protección contra fuerte chorro de agua
7			Protección contra los efectos de Inmersión temporal
8			Protección contra los efectos de Inmersión continua

Fuentes: (Autores)

Las condiciones de trabajo a las que va estar expuesto el tablero, de acuerdo a la ubicación que es a un costado de la máquina envasadora no presentan mayores riesgos de

contaminación ya sea por sólidos y líquidos extraños presentes en el área, tomando en consideración lo expuesto en las tablas anteriores se necesita mínimo un IP 50. Pero tomando en cuenta que el tablero alberga equipos de control y monitoreo de costos considerables se ha elegido un tablero con IP 65.

Finalmente una de las características más importante a considerar son las dimensiones del tablero que permitan un fácil montaje de los componentes, conexiones posteriores y mantenimiento, de acuerdo a las características y número de componentes a instalar las medidas ideales para el tablero será de 400mm x 600mm x 200mm medidas correspondientes al ancho, alto y profundidad respectivamente, como se muestra en el ANEXO D.

**3.5.7 Selección y descripción de los componentes para el proyecto.** Una vez que se han conocido los requerimientos de los componentes necesarios para la adaptación del sistema de automatización para el proceso de envasado, se realizara una breve descripción de estos.

**3.5.7.1 Spur Gear Motor.** Su alimentación es de 24Vcd lo cual permite un torque constante desde su arranque, a diferencia de los motores de corriente alterna, esta es una característica importante ya que el motor trabajará de forma intermitente durante el proceso de envasado, ya que debe detenerse durante el llenado de las fundas, y avanzar una vez que éste termine, además este motor facilita el acoplamiento del encoder a su eje permitiendo un distancia de recorrido preciso.

Figura 42. Motor

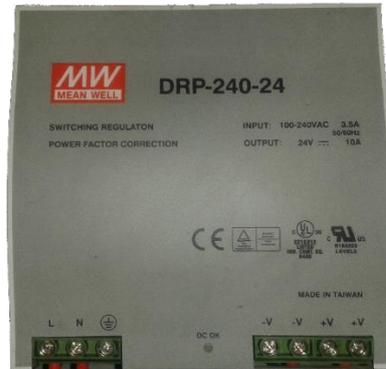


Fuentes: (Autores)

**3.5.7.2 Fuente de poder MEAN WELL DRP-240-24.** Se utilizará una fuente que por sus características principales como voltaje de entrada de 100-240 Vca, 3,5A 50/60hz,

que es el que se dispone en la planta, un voltaje de salida de 24 Vcd,0-10A, sumamente importante ya que se necesita este valor para satisfacer la demanda requerida por los actuadores y sensores a ser utilizados.

Figura 43. Fuente de poder MEAN WELL DRP-240-24



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.3 Captador de posición incremental.** Se seleccionó un encoder incremental para acoplarlo al eje del motor de avance de funda, mismo que proporcionara un tren de impulsos al PLC, que mediante el programa realizado en el PLC y bajo una condición cuando el número de pulsos supere el seteado para cada presentación del producto ya sea de 1L,1/2L,1/4L. en el programa, el motor de avance de funda se apagará, y para el seteo o reinicio del encoder se utiliza un final de carrera.

El enconder seleccionado es el ISC3806-401G100BZ1-5-24E por sus características tales como ser ligero, de fácil instalación, buena intercambiabilidad, larga vida útil y adaptación al medioambiente exacto.

Figura 44. Encoder ISC3806-401G100BZ1-5-24E



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.4 Sensores de proximidad inductivo TOKY TK-12PC4C F.** Se seleccionó el sensor de proximidad inductivo ya que cumple con las características necesarias para el

proceso, ya que este se utilizara para dar la señal de apertura y cierre de la electroválvula para la dosificación del producto a envasar, y activación del motor de avance de funda

Las características del sensor de proximidad inductivo son: su alimentación es de 10-30 Vcd, con 12 mm de diámetro, su modo es PNP, la distancia de detección es 4mm, la corriente de salida es 200 mA.

Figura 45. Sensores de proximidad inductivo TOKY TK-12PC4C F



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.5 Electroválvula 2W-25.** Se selecciona una electroválvula modelo 2W-25 ya que esta cumple con los requisitos necesarios de la instalación como son 220VAC para la energización de la electroválvula, tubería de 1 pulgada y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ - $120^{\circ}\text{C}$ , *finalmente la característica más importante que es su presión operacional que es de  $0\text{ kg/cm}^2 - 10\text{ kg/cm}^2$  este requisito es indispensable, ya que el producto baja desde el tanque de suministro por gravedad.*

Figura 46. Electroválvula 2W-25.



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.6 Relé de 24 Vcd Siemens.** Este relé dispone de 3 contactos CO, el voltaje de funcionamiento del relé será de 24Vcd, 10A, se requiere de 6 relés ya que estos accionaran los diferentes componentes necesarios para el proceso de envasado como es el motor de avance de funda, electroválvula, selladora vertical, selladora horizontal, etc.

Figura 47. Relé de 24 Vcd



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.7** *Luz piloto de 24 Vcd.* Se seleccionaron luces piloto de los colores verde, rojo y amarillo para indicar de una forma visual el funcionamiento de los diversos equipos involucrados en el proyecto.

Figura 48. Luz piloto de 24 Vcd



Fuentes: (Autores)

**3.5.7.8** *Fusible y base para fusible.* Su función es la de proteger de sobrecargas y cortocircuitos a los elementos que se encuentran en el interior del tablero, principalmente al PLC.

Componente eléctrico que será el encargado de energizar a todo los elementos internos del tablero y de proteger a los mismo en caso de sobrecargas y cortocircuitos que podrían perjudicar el funcionamiento y la vida de los componentes eléctricos y los equipos aquí dispuestos. El fusible será de 1A.

Figura 49. Base para fusible y fusible



Fuentes: (Autores)

### 3.6 Listado de equipos y materiales.

Una vez que se han descrito todos los componentes para desarrollar el proyecto, se elaboró una tabla para facilitar la organización del mismo. En esta tabla se detalla marca modelo y cantidad de los elementos utilizar en el presente proyecto.

Tabla 5. Listado de equipos.

<b>Equipos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>PLC (CPU)</b>	Siemens	S71200 CPU 1214C AC/DC/RELE	1	---
<b>Pantalla Táctil</b>	Siemens	MP 277 8" Touch	1	---
<b>Fuente de alimentación</b>	MEAN WELL	DRP-240-24 24 Vcd/10 A	1	---
<b>Electroválvula</b>		2W-25	1	---
<b>Captador de posición incremental (encoder)</b>	IBEST ENCODER	ISC3806- 401G100BZ1-5-24E	1	---
<b>Sensores de proximidad inductivo</b>	TOKY	TK-12PC4C F	2	---
<b>Relé</b>	Siemens	LZX:PT370024	6	---
<b>Motor Vcd</b>	---	---	1	---
<b>Contactador</b>	Camsco	32A/10HP/220Vac	3	---
<b>Base para fusible y fusible</b>	Sassin	1A/1 polo	1	---

Fuentes: (Autores)

Tabla 6. Listado de equipos y materiales.

<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Gabinete Eléctrico IP65	Beaucoup	400x600x200 mm	1	---
Riel DIN	---	35mm x 15mm	2	M
Bornera Para Riel DIN	Legrand	12-14-22 AWG	20	---
Canaleta Ranurada	---	25mm x 25mm	3	M
Terminal tipo espada	---	AWG 22-26 aislado	100	---
Terminal tipo punta	---	AWG 22-26 aislado	100	---
Cable AWG #14	---	Aislamiento TW	30	M
Cable AWG #18	---	Aislamiento TW	20	M
Cable de ethernet	Siemens	SIEMENS SIMATIC NET, INDUSTRIAL ETHERNET FC TP STANDARD CABLE,GP 2X2 (PROFINET TYPE A)CAT 5 PLUS 6XV 18402AH10	3	M
Conectores para cable Ethernet	Siemens	RJ45	2	---
Luz piloto	---		3	---

Fuentes: (Autores)

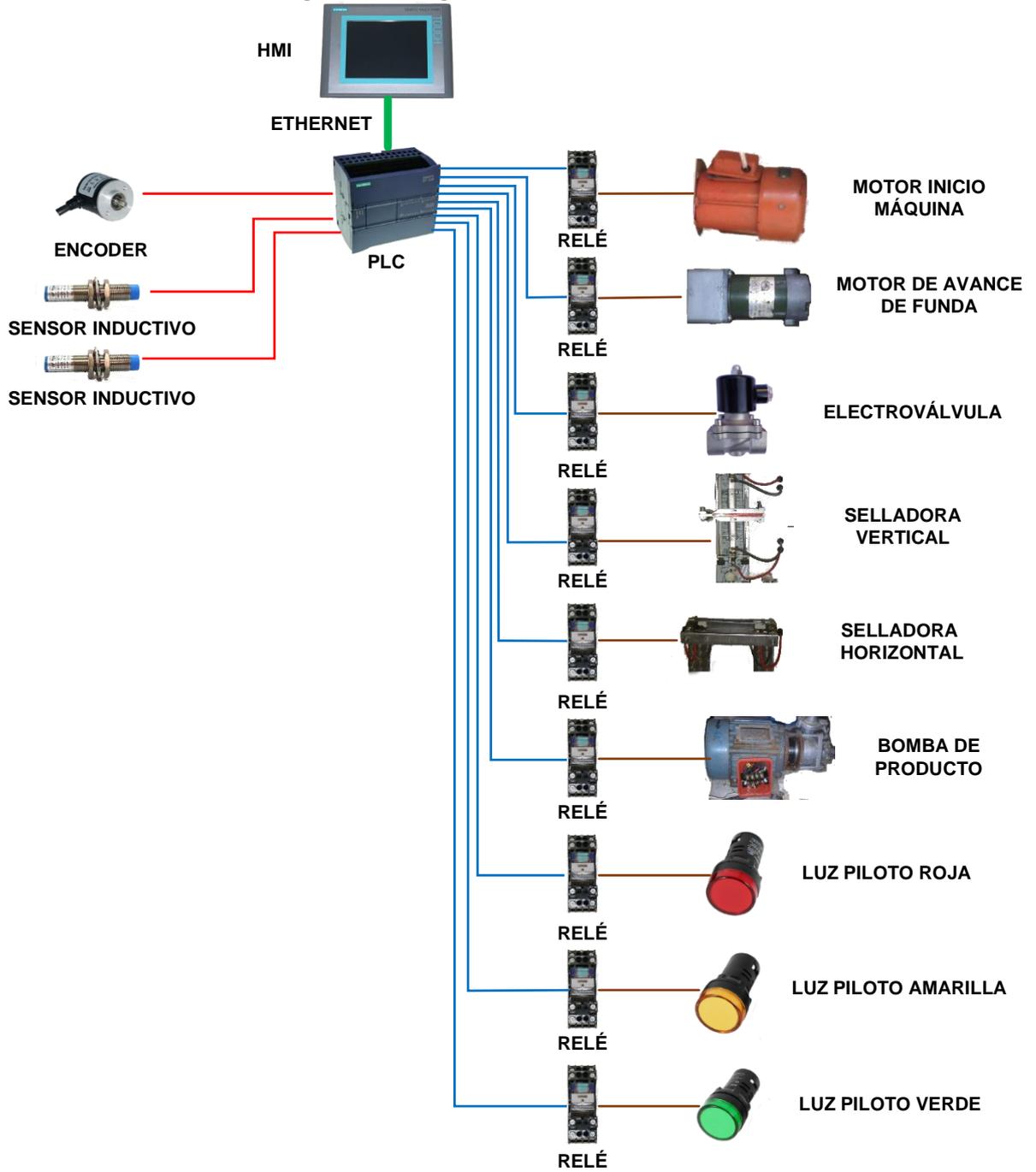
La marca Siemens es una de las más populares en el mercado, por lo que sus equipos son de fácil adquisición, además de poseer una de las mejores reputaciones en cuanto a equipos de control y monitoreo, presenta una interface amigable con el usuario para la ejecución de proyecto. En cuanto a todas las marcas reconocidas, Siemens tiene una gran competitividad en cuanto a precios.

### 3.7 Estructura Propuesta

Es necesario tener en cuenta las conexiones a realizar entre los dispositivos de control y monitoreo con todos los sensores y actuadores.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de comunicación a utilizar.

Figura 50. Diagrama de comunicación



Fuentes: (Autores)

## CAPÍTULO IV

### **4. DESARROLLO DEL PROYECTO, PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y RESULTADOS DE LA ADAPTACIÓN DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.**

Luego de realizar la evaluación de los equipos que conforman el sistema de envasado, con el que ha venido trabajando todos estos años la planta de lácteos de la ESPOCH, la obtención del listado de los equipos y materiales requeridos para el proceso de adaptación de un sistema automático, con su respectiva descripción, efectuados en el anterior capítulo; se determinó que el sistema de control actual no es óptimo a pesar de que cumple con las condiciones de funcionamiento, además no existe un sistema de monitoreo dando como resultado la ausencia del registro del comportamiento del proceso así como su producción y, su control, se rige a la presencia de un operario, durante toda la producción, ya que éste, debe controlar el estado de los dispositivos presentes en el proceso y que la máquina no se quede sin un suministro de líquido a envasar, ya que un descuido de este podría provocar deterioros en el sistema o en la producción, finalmente se realizará la planificación de su mantenimiento para preservar la vida útil de los equipos no solo de los que se instalarán, sino también de los que han venido trabajando hasta el momento. Finalmente se someterá a pruebas de funcionamiento el sistema de automatización que se adaptó, para demostrar que cumple con los propósitos de la automatización.

#### **4.1 Proceso de automatización.**

Para la adaptación de un sistema de automatización se instalara un nuevo tablero de control el cual contará con elementos necesarios para la automatización, control, monitoreo y protección necesaria para el proceso de envasado de leche, El área de envasado cuenta con los equipos a ser controlados y monitoreados cerca o al interior de la máquina envasadora, la instalación de sus sensores y la distancia para la transferencia de la señal no generará problemas de ruido o distorsión en la misma.

Los elementos requeridos más los instalados conformarán el proceso de automatización, los cuáles serán de la marca Siemens.

Para comenzar con el desarrollo de la adaptación del sistema de automatización para el

proceso de envasado se debe seguir una secuencia iniciando por la descripción del proceso y equipos que intervienen en el mismo, la asignación de entradas y salidas en el PLC, la programación del PLC y HMI en el software TIA Portal V13 y finalmente se describirá las pantallas que se utilizarán para el control y monitoreo del proceso de envasado, todo esto se lo realiza para obtener facilidades al momento de programar, y así poder aclarar posibles dudas al ejecutar su instalación, determinar mejoras en el monitoreo y registro durante el proceso.

**4.1.1 Descripción del proceso.** Se recolectó información sobre el proceso de envasado de forma global y sus condiciones de funcionamiento en la planta de lácteos, de todos aquellos que intervienen o intervinieron en el proceso de forma directa o indirecta tales como operarios, personal de mantenimiento, encargado de la planta, ex trabajadores, estudiantes que realizaron sus tesis en la planta de lácteos y con temas referentes a sus equipos e instalaciones, logrando así identificar las variables a controlar y cuáles de estas requieren control, monitoreo y rangos de funcionamiento, se pudo recopilar la siguiente información:

Para iniciar el proceso de envasado el ingeniero realiza un enjuagado de la máquina envasadora y sus tuberías, para ello primero enciende el selector general de la máquina, después con el tanque de almacenamiento lleno por completo de agua limpia se procede al encendido de la bomba de producto, para que el agua limpia circule por las tuberías del proceso, hasta el tanque de dosificador de la máquina, después por gravedad el fluido desciende por la tubería hasta el sistema de dosificación, para así eliminar ser eliminado del sistema y el mismo queda en las condiciones adecuadas para dar inicio al envasado de leche.

Al estar muy cerca de terminarse el agua del contenedor de almacenamiento, se suministra leche en el mismo hasta llenarlo por completo, el ingeniero enciende la selladora horizontal, después de 4 segundos la selladora vertical, y finalmente acciona el avance de funda, para que dentro del sistema esté enfundando únicamente leche, la cual está en un rango de temperatura de 4 a 6°C.

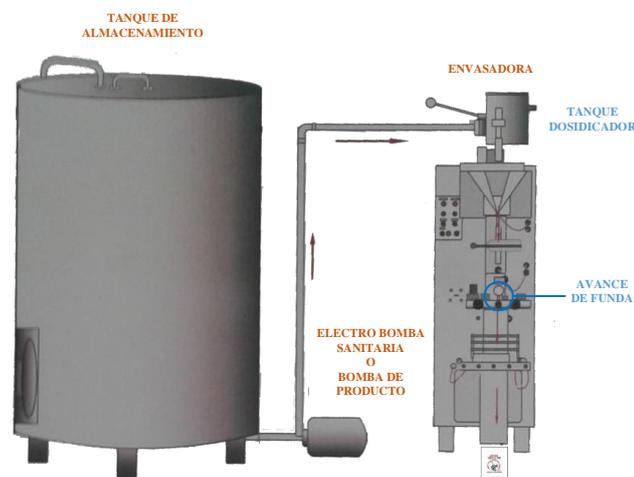
Al terminar de envasar toda la leche se deshabilita el avance de funda, se apaga la selladora horizontal, vertical, bomba del producto y se apaga el selector general de la máquina quedando el sistema apagado.

Es importante que al finalizar el proceso productivo siempre se debe realizar el lavado del sistema de envasado para evitar que dentro de estos queden residuos de leche la cual podría generar la formación de piedra de leche y focos de agentes patógenos que afecten al proceso en un posterior proceso de envasado.

Para el proceso de lavado, en este momento el tanque de almacenamiento se encuentra listo con agua y un químico el cual efectuará el adecuado lavado del equipo y sus tuberías, se realiza el encendido del selector general de la máquina y se enciende la bomba, para que el agua con el químico circule por las tuberías del proceso, hasta el tanque de dosificación (tanque dosificador) de la máquina, después por gravedad el fluido desciende por la tubería hasta el sistema de dosificación, para así eliminarse esta agua con el químico, para proceder a circular una nueva al tanque de almacenamiento para que limpie cualquier residuo de la anterior .Finalmente se realizará el apagado de los equipos.

**Descripción de los equipos que intervienen en el proceso.** Después de haber recabado información sobre el proceso de envasado y su funcionamiento se conoce las funciones de los equipos y su función requerida por el proceso, estos se enlistan y posteriormente se los asignará como entradas o salidas del sistema según sea el caso. Con esto ya tenemos todo lo necesario para empezar la programación.

Figura 51. Sistema de envasado.



Fuentes: (Autores)

Tabla 7. Equipos y elementos que intervienen en el proceso.

NOMBRE
Motor de encendido de máquina
Selladora horizontal
Selladora vertical
Bomba de producto
Luz piloto verde (encendido de la máquina)
Luz piloto rojo (apagado de la máquina)
Luz piloto amarilla (encendido de la bomba del producto)

Fuentes: (Autores)

**4.1.2** *Asignación E/S del PLC.* Se asignan las entradas y salidas del PLC a los componentes y dispositivos que intervendrán en la adaptación del sistema de automatización para el proceso de envasado. Las entradas y salidas serán de tipo discreto o digital.

**4.1.2.1** *Diagrama de bloques del PLC.* Mediante los siguientes diagramas de bloques se representa los sensores y actuadores que ingresarán y saldrán del PLC a través de sus entradas y salidas respectivamente.

Figura 52. Diagrama de entradas al PLC.



Fuentes: (Autores)

Figura 53. Diagrama de salidas del PLC.



Fuentes: (Autores)

La figura 50, muestra las entradas digitales que el proceso tendrá, mientras que la figura 51, especifica las salidas digitales.

**4.1.2.2 Lista de variables.** Para facilitar la programación así como la comprensión de la misma, el diagnóstico de cualquier posible error durante el proceso de envasado, se muestra de una forma detallada las entradas, salidas y marcas o memorias que intervienen en este.

Tabla 8. Entradas digitales.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
ENCODER	DInt	%ID1000	Encoder
A	Bool	%I0.0	Impulso de reloj a del encoder para el numero de pulsos
B	Bool	%I0.1	Impulso de reloj b del encoder para el numero de pulsos
INDUCTIVO	Bool	%I0.2	Sensor inductivo para el inicio y paro del motor de avance de funda
RESET_ENCODER	Bool	%I0.3	Final de carrera para el reset del encoder
inicio_L	Bool	%I0.4	Sensor inductivo para la apertura y cierre de la electroválvula
PARO_MAQ	Bool	%M0.1	Apagado de motor de máquina (Valor digital

			de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
INICIO_MAQ	Bool	%M0.0	Encendido de motor de máquina (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
1L	Bool	%M0.2	Encendido de 1 litro (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
0.5L	Bool	%M0.3	Encendido de 1/2 litro (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
0.25L	Bool	%M0.4	Encendido de 1/4 litro (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
ON_T_H	Bool	%M10.3	Encendido de selladora horizontal (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
ON_T_V	Bool	%M10.4	Encendido de selladora vertical (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
OFF_T_H	Bool	%M10.5	Apagado de selladora horizontal (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
OFF_T_V	Bool	%M10.6	Apagado de selladora vertical (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
ON_BOM	Bool	%M10.7	Encendido de bomba de producto (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
OFF_BOM	Bool	%M11.0	Apagado de bomba de producto (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
M10	Bool	%M51.1	Activación de electroválvula (lavado)
M11	Bool	%M51.2	Desactivación de electroválvula (lavado)
Reset_envase	Bool	%M61.0	Desactivación (según corresponda S_1L, S_0.5L,S_0.25L),VALVULA,CANT_IND

Fuentes: (Autores)

Tabla 9. Marcas o memorias.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
S_1L	Bool	%M10.0	Parte de la activación de M1 (1 litro) (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
S_0.5L	Bool	%M10.1	Parte de la activación de M4 (1/2 litro) (Valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
S_0.25L	Bool	%M10.2	Parte de la activación de M7 (1/4 litro) (valor digital de 1 o 0 a través de la pantalla HMI)
M1	Bool	%M50.0	Activación de electroválvula (1 litro)
M2	Bool	%M50.1	Desactivación electroválvula (1 litro)
M3	Bool	%M50.2	Activación del motor de avance de funda (1 litro)
M4	Bool	%M50.3	Activación de electroválvula (1/2 litro)
M5	Bool	%M50.4	Desactivación de electroválvula (1/2 litro)
M6	Bool	%M50.5	Activación del motor de avance de funda (1/2 litro)
M7	Bool	%M50.6	Activación de electroválvula (1/4 litro)
M8	Bool	%M50.7	Desactivación de electroválvula (1/4 litro)
M9	Bool	%M51.0	Activación del motor de avance de funda (1/4

			litro)
M_ENCODER	Bool	%M51.6	Activación de M2 (Condición de M2)
T1	Bool	%M51.7	Activación de M2 (Condición de M2)
T2	Bool	%M52.0	Activación de M5 (Condición de M5)
T3	Bool	%M52.1	Activación de M8 (Condición de M8)
M_ENCODER1	Bool	%M57.0	Activación de M5(Condición de M5)
M_ENCODER2	Bool	%M57.1	Activación de M8 (Condición de M8)
cant_fund	DInt	%MD2	Cantidad de fundas a ser dosificadas (número de fundas)
stop_cant	Bool	%M11.2	Desactivación del motor de avance de funda

Fuentes: (Autores)

Tabla 10. Salidas digitales.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
MAQ	Bool	%Q0.0	Bobina de relé-motor de máquina
MOTOR	Bool	%Q0.1	Bobina de relé-motor de avance de funda
VÁLVULA	Bool	%Q0.2	Bobina de relé-electroválvula
TEMP_H	Bool	%Q0.3	Bobina de relé-selladora horizontal
TEMP_V	Bool	%Q0.4	Bobina de relé-selladora vertical
BOMBA	Bool	%Q0.5	Bobina de relé-bomba de producto
luz_roja	Bool	%Q0.7	Bobina de relé-luz piloto roja
luz_amarilla	Bool	%Q0.6	Bobina de relé-luz piloto amarilla
luz_verde	Bool	%Q1.0	Bobina de relé-luz piloto verde

Fuentes: (Autores)

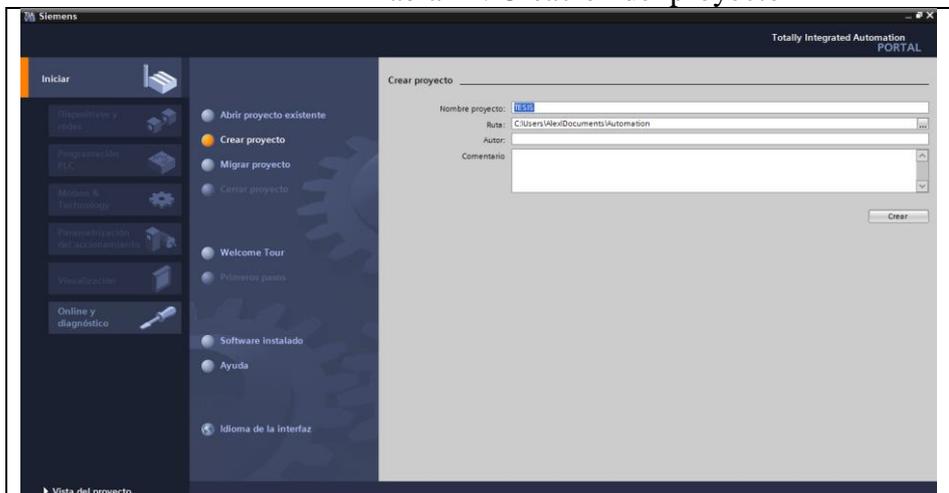
**4.1.3 Programación del PLC y HMI en el software.** Por medio del software TIA Portal V13 de Siemens se realizó la programación del hardware del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELÉ Siemens y la pantalla MP 277 8" Touch Multi Panel Siemens, para controlar y monitorear las diferentes variables que se utilizaran para el proceso de envasado.

**4.1.3.1 Software de programación TIA Portal V13.** Se configuro el hardware de control como de visualización para el proceso de envasado de leche pasteurizada mediante el TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), software propio de Siemens, ya que este es eficiente, de fácil manejo e intuitivo al momento de realizar la programación en el lenguaje ladder o escalera, carga de los datos hacia los diferentes hardwares, comunicación y compatibilidad directa con los dispositivos utilizados, es asistido por gráficos las diferentes configuraciones y sus diagnósticos, los diagnósticos

se realizaron en campo y de manera Online mediante una rápida configuración de red que éste software brinda y así logra un control y monitoreo del proceso de envasado de alto nivel

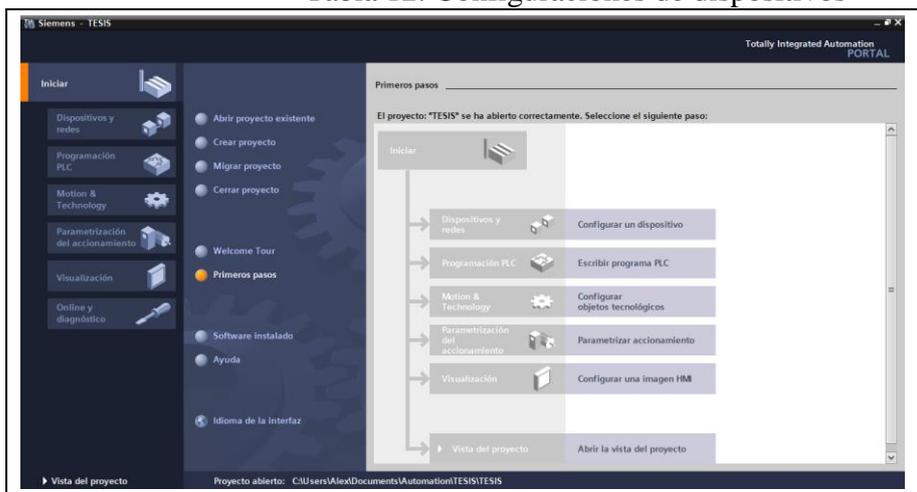
**4.1.3.2 Programación PLC Siemens S7-1200 AC/DC/RLY.** Para la lectura e interpretación de las variables de proceso, así como el control de los actuadores se utilizará un PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELÉ y el software TIA PORTAL V13 propios de Siemens, a continuación se describirá como se realizó la programación de este equipo.

Tabla 11. Creación del proyecto

	<b>Descripción</b>  En la primera pantalla se configura el nombre del proyecto y la ubicación del mismo.
---	--

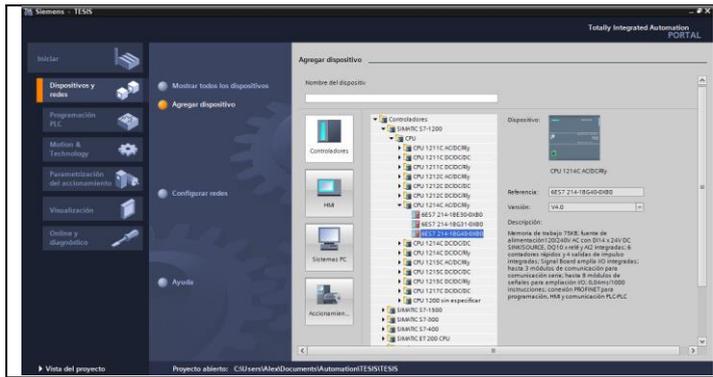
Fuentes: (Autores)

Tabla 12. Configuraciones de dispositivos

	<b>Descripción</b>  Es la pantalla previa a la de selección de los equipos por lo que debemos dirigirnos a configuración de dispositivos y así se abrirá la siguiente pantalla.
--	---

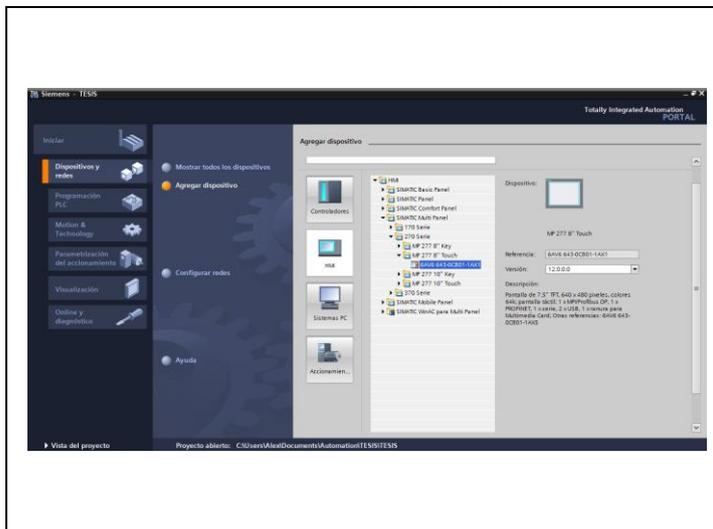
Fuentes: (Autores)

Tabla 13. Selección del PLC S7-1200 Ac/Dc/Rly

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En esta pantalla se muestra la selección del PLC S7-1200 Ac/Dc/Rly utilizado en este proyecto debido que satisface los requerimientos necesarios de entradas y salidas para la automatización de la envasadora de leche</p>
---	--

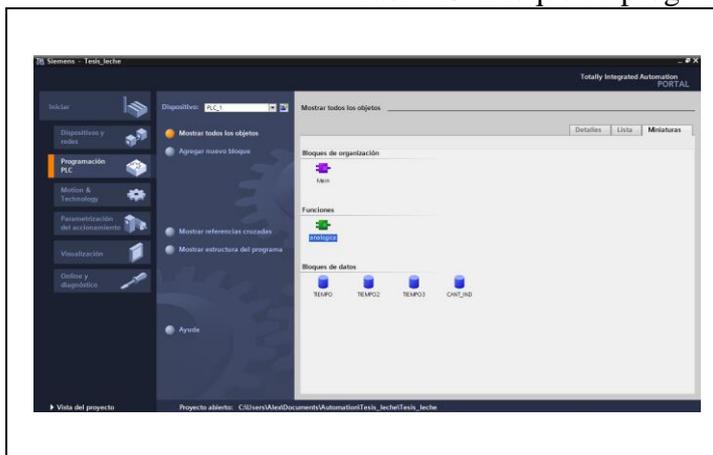
Fuentes: (Autores)

Tabla 14. Selección del HMI MP 277 8” Touch

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En la misma pantalla en la que se realiza la selección del PLC se puede seleccionar el HMI utilizado en el proyecto el cual es la MP 277 8” Touch, de la cual posteriormente se explicara la programación. Para finalizar damos clic en Programación PLC y se procederá a la pantalla en la que finalmente se realiza la programación de los dispositivos.</p>
--	---

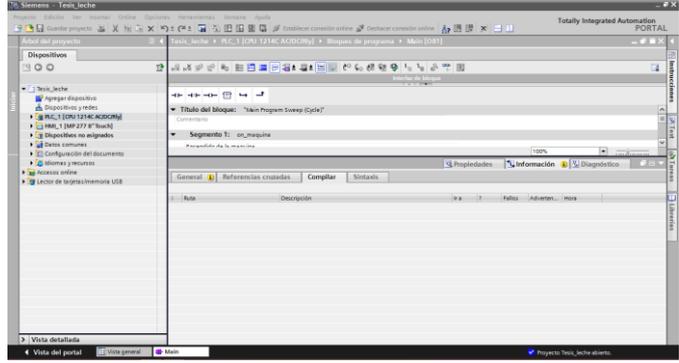
Fuentes: (Autores)

Tabla 15. Bloque de programación

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Es esta pantalla se muestra el bloque principal del programa, una función y bloques de datos en las siguientes tablas se explicara cómo se configuran y programan estos bloques. Dando doble clic habremos llegado a la pantalla principal, para realizar nuestro programa.</p>
---	--

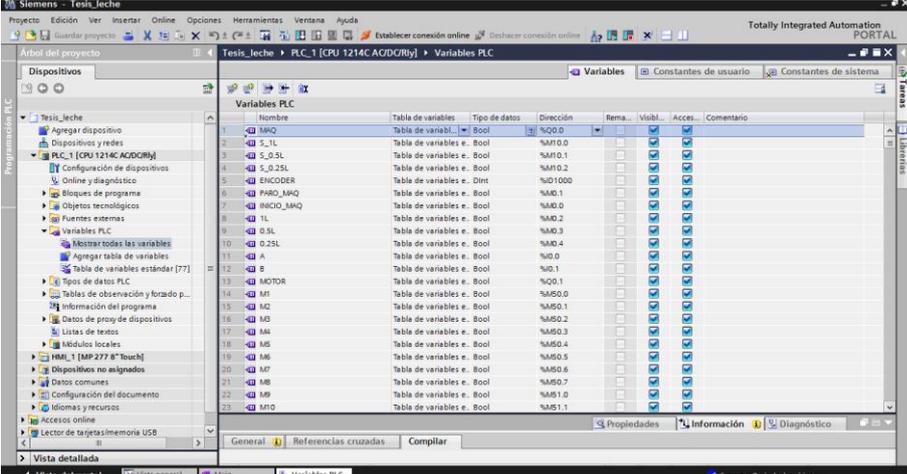
Fuentes: (Autores)

Tabla 16. Pantalla de programación

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Como se puede ver en la parte superior izquierda se encuentran tanto el PLC, como el HMI. Seleccionamos el PLC que será lo primero que vamos a programar. Previo a la programación se debe definir los requerimientos del programa y cuál es el objetivo final de este proyecto, por lo que el proceso es el siguiente:</p>
---	--

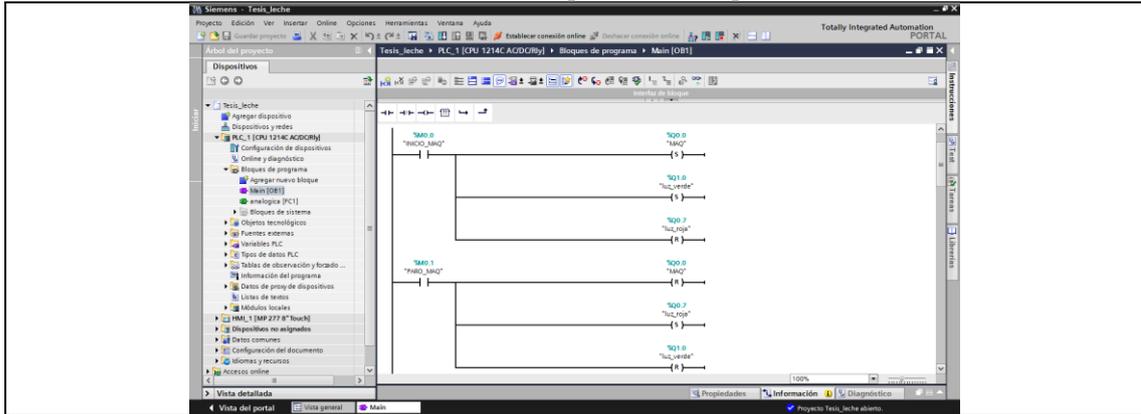
Fuentes: (Autores)

Tabla 17. Configuración de variables

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Previo a la realización del programa se define todas las variables que intervendrán en el programa final, estableciendo tags que posteriormente facilitaran la programación haciendo referencia al nombre y no a la dirección, una vez ya hemos definidos todas las variables podemos ingresar en el bloque de programa. El programa en sí, tiene varias secciones ya que el proceso depende de diferentes actividades descritas a continuación.</p>
---	---

Fuentes: (Autores)

Tabla 18. Arranque de la máquina

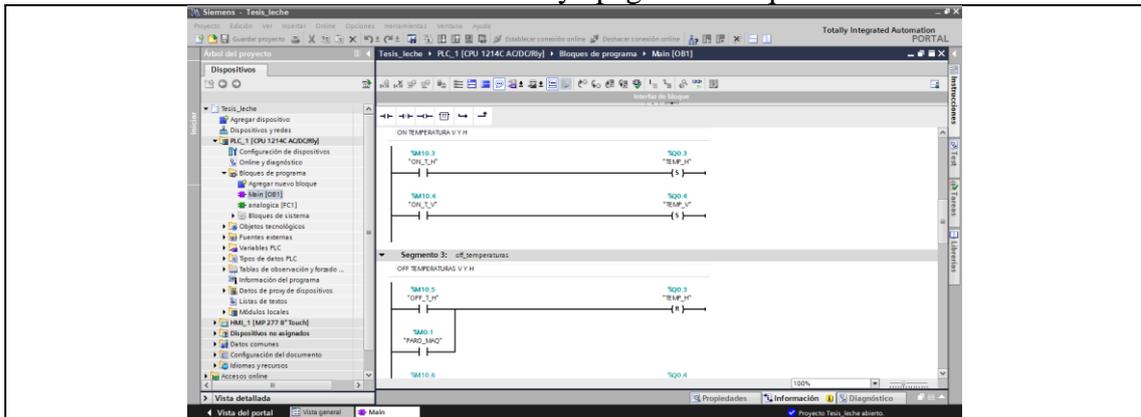


**Descripción**

La primera sección del programa está conformado por el arranque de la máquina para dicho propósito se ha dispuesto de memorias de tipo booleano para la activación y desactivación de las salidas tipo relé de set-reset, en forma simultanea se activan indicadores físicos dispuestos en el tablero los mismos que muestran el estado del proceso, luz verde para indicar que el proceso está en ejecución y luz roja para denotar la parada del proceso.

Fuentes: (Autores)

Tabla 19. Encendido y apagado de niquelinas



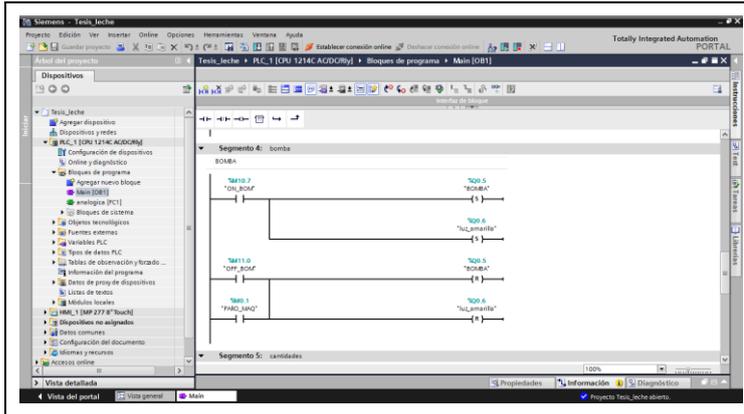
**Descripción**

El proceso de encendido de niquelinas está relacionado con el sellado y corte de las fundas de leche. La niquelina vertical ayuda en el sellado de la funda, el mismo que es activado desde el HMI a través de una memoria de tipo booleano y desactivada por otra memoria del mismo tipo que la de encendido. Por otro lado la niquelina horizontal se encarga de sellar y cortar la funda

En tal virtud la forma de control es similar a la niquelina vertical.

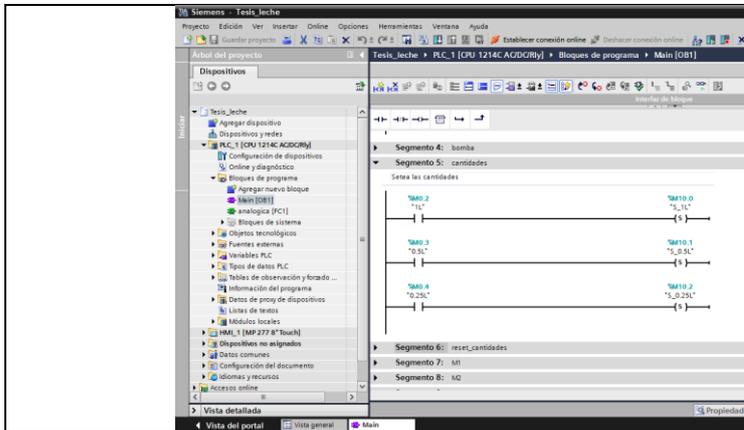
Fuentes: (Autores)

Tabla 20. Control de bomba

	<h3>Descripción</h3> <p>Una parte importante dentro del proceso es el control de la bomba ya que es la encargada de suministrar la leche desde el tanque de almacenamiento para posteriormente ser dosificada en las diferentes cantidades programadas en la máquina envasadora.</p>
--	--

Fuentes: (Autores)

Tabla 21. Selección de cantidades

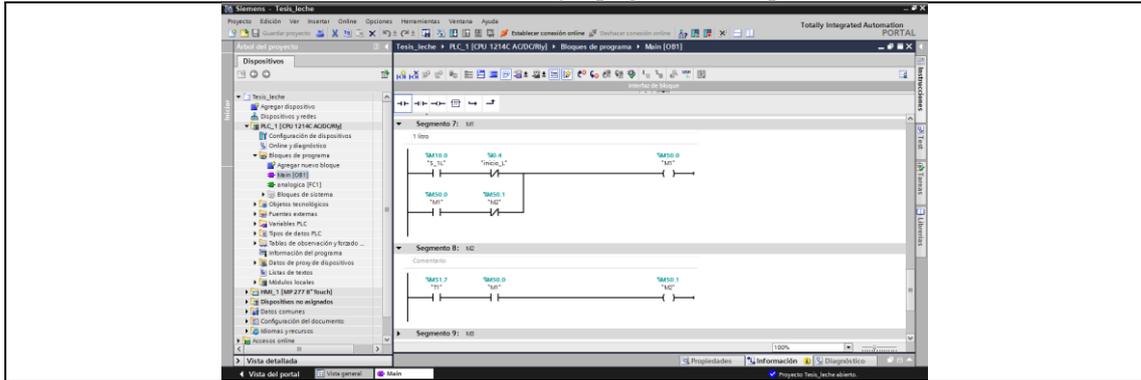
	<h3>Descripción</h3> <p>La selección de cantidades dispuesta para este proceso de enfundado son de un litro medio litro y un cuarto de litro, en función de esta selección se realiza la configuración de la electro-válvula para determinar la cantidad de leche, además del sistema que permite dar el tamaño de la funda, ya que este varía de acuerdo a la selección de la cantidad, que se explicara a continuación.</p>
---	---

**Descripción**

La selección de cantidades dispuesta para este proceso de enfundado son de un litro medio litro y un cuarto de litro, en función de esta selección se realiza la configuración de la electro-válvula para determinar la cantidad de leche, además del sistema que permite dar el tamaño de la funda, ya que este varía de acuerdo a la selección de la cantidad, que se explicara a continuación.

Fuentes: (Autores)

Tabla 22. Encendido y apagado de niquelinas

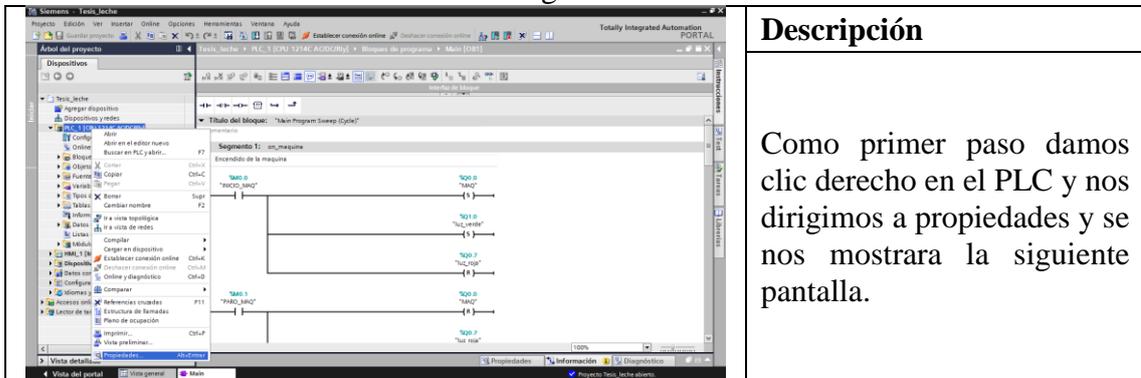


**Descripción**

La dosificación de un litro de leche se realiza por medio de una pequeña rutina la cual inicia con la selección de la cantidad, y además debe detectar el sensor inductivo dispuesto en la parte mecánica de la máquina permitiendo que la válvula pase del estado de normalmente cerrado a abierto, mientras se suministra la cantidad adecuada en este caso un litro, además el mecanismo de recorrido de la funda se activa determinando el tamaño de la misma para la cantidad antes mencionada, el mecanismo consta de un motor que hace girar los rodillos por los que se desplaza la funda y para determinar cuánto debe girar se ha dispuesto de un encoder traduciendo así desplazamiento angular en longitud, las configuraciones se describen a continuación.

Fuentes: (Autores)

Tabla 23. Configuración del encoder

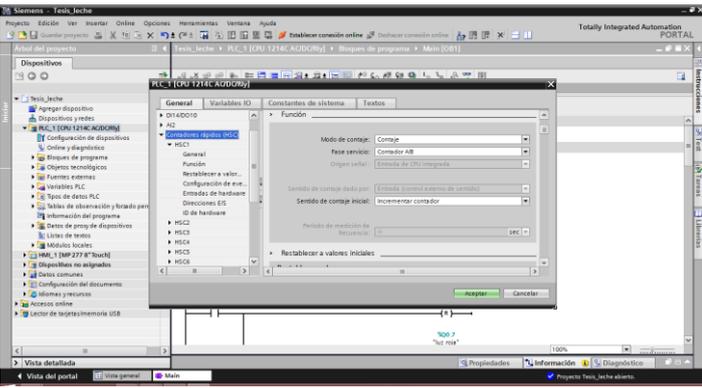


**Descripción**

Como primer paso damos clic derecho en el PLC y nos dirigimos a propiedades y se nos mostrara la siguiente pantalla.

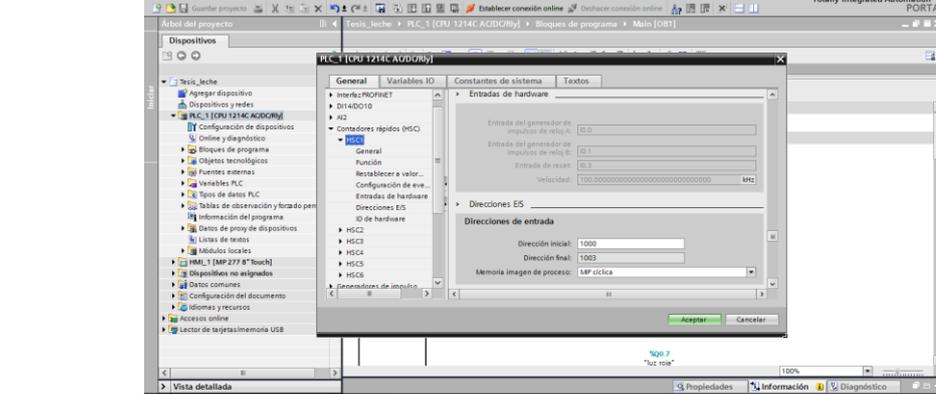
Fuentes: (Autores)

Tabla 24. Contador rápido

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En segunda instancia seleccionamos contadores rápidos y activamos el contador rápido HSC1, en la sección de función determinamos modo de conteo como contaje, fase de servicio contador A/B y finalmente en sentido de conteo seleccionamos incrementar contador.</p>
---	--

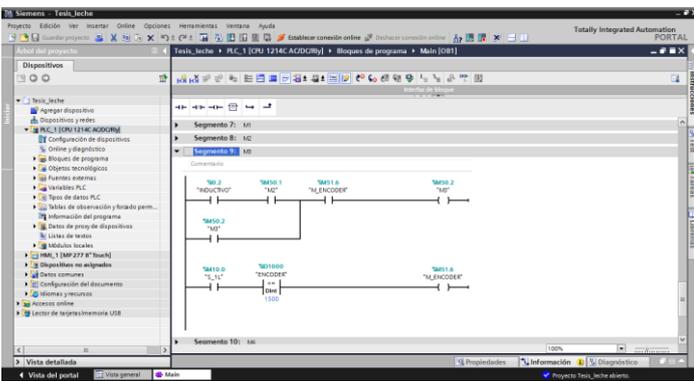
Fuentes: (Autores)

Tabla 25. Direcciones contador rápido

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Debido al firmware que está corriendo en el PLC ya están establecidas las entradas para el encoder por lo que en la entrada I0.0 se ha dispuesto el impulso de reloj A, en la entrada I0.1 el impulso de reloj B, en la entrada I0.3 se puede ingresar una señal de reset externa del contador para el encoder, por otro lado la dirección a la que debemos hacer referencia en el programa es la dirección ID1000.</p>
---	--

Fuentes: (Autores)

Tabla 26. Rutina tamaño de la funda

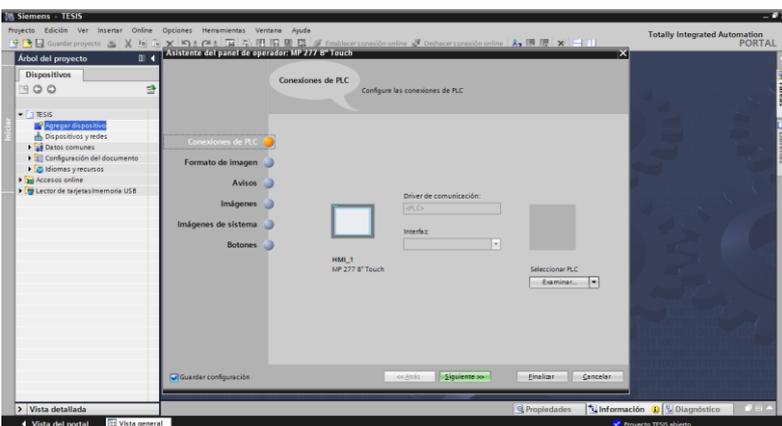
	<b>Descripción</b>
	<p>Una vez que el sensor inductivo ha dado inicio a la apertura de la válvula, el segundo sensor inductivo activa el motor que mueve el mecanismo del tamaño de la funda, en ese momento el encoder empieza a trabajar y realiza una comparación cuando es verdadera detiene el motor y de esta forma es como se dispone los diferentes tamaños de la funda.</p>

Fuentes: (Autores)

**4.1.4 Programación HMI Siemens MP 277 8”.** Para la lectura e interpretación de las variables de proceso, así como el monitoreo de estado del proceso se contará con una pantalla MP 277 8” touch y el software TIA PORTAL V13 propios de Siemens a continuación se describirá como se realizó la programación de este equipo.

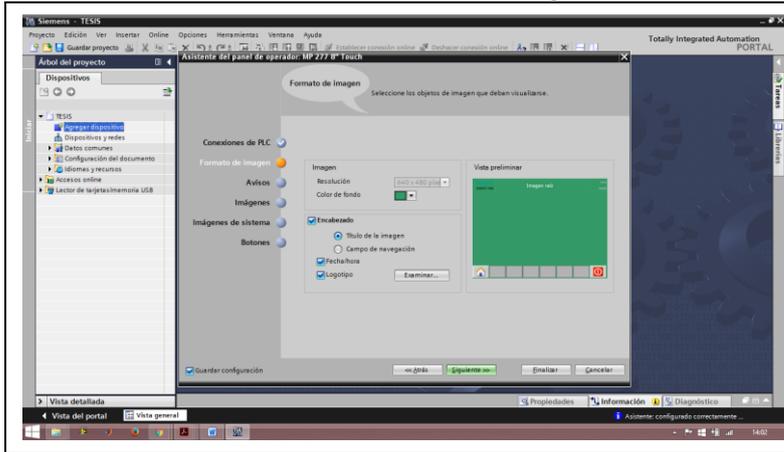
Una vez que se ha seleccionado el HMI lo cual se expuso anteriormente se procede con la configuración para elegir el formato de imagen aviso, botones predeterminados del sistema.

Tabla 27. Configuración HMI conexión

	<b>Descripción</b>
	<p>En esta pantalla se muestra la primera pantalla la cual da el inicio al proceso de configuración en esta pantalla se selecciona el PLC con el cual se va a realizar la conexión y el tipo de interfaz que se utilizara para dicho cometido y en el botón de siguiente.</p>

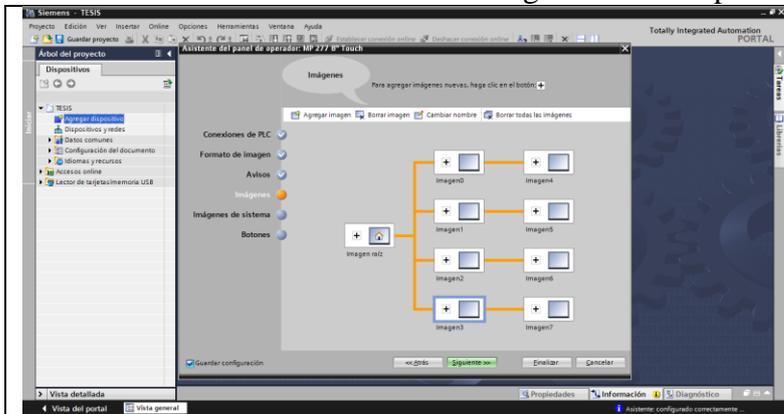
Fuentes: (Autores)

Tabla 28. Configuración HMI color

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En esta pantalla se puede configurar los colores que utilizaremos como fondo de pantalla en nuestro caso utilizaremos el mismo verde característico de Siemens, además la configuración de la hora para que se visualice, entre otras cosas.</p>
--	---

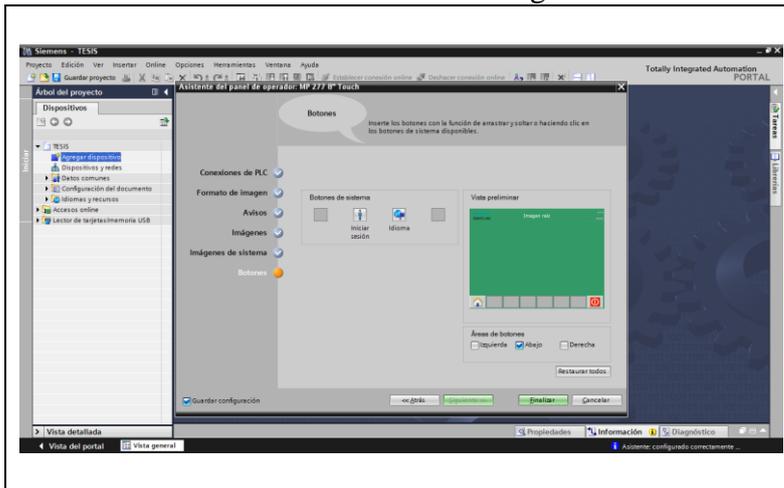
Fuentes: (Autores)

Tabla 29. Configuración HMI pantallas

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En esta pantalla es una prestación de cómo se configura las sub pantallas que se cargaran al HMI en este proyecto se han utilizado 4 pantallas una principal y tres sub pantallas.</p>
---	---

Fuentes: (Autores)

Tabla 30. Configuración HMI botones

	<p><b>Descripción</b></p> <p>La última pantalla en el proceso de configuración del HMI es la de configuración de botones del sistema los cuales tienen la característica de salir del programa de mando, volver al menú principal, entre otros. Al presionar finalizar nos mostrara la siguiente pantalla.</p>
--	--

Fuentes: (Autores)

Tabla 31. HMI pantalla inicial

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Esta es la pantalla donde distribuiremos los objetos para realizar el control y monitoreo de la máquina, para lo cual se procederá de la siguiente manera. Como se muestra en la siguiente tabla</p>
--	---

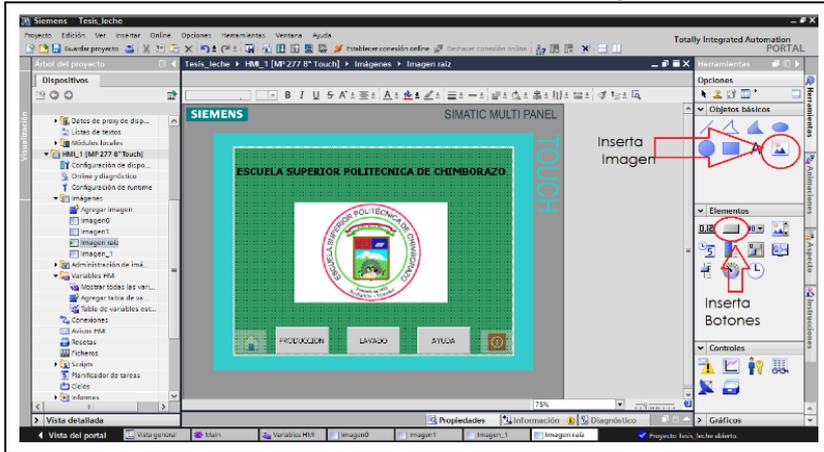
Fuentes: (Autores)

Tabla 32. HMI configuración de variables

<table border="1" data-bbox="574 851 1244 1209"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Conexión</th> <th>Nombre PLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>tag_7</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Dint</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>tr</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>TEMPH</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>TEMPV</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>valvula</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>ver_fum</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>ver_fum_1</td> <td>Tabla de variables estándar</td> <td>Bool</td> <td>HMA_Conexión_1</td> <td>PLC_1</td> </tr> <tr> <td>&lt;Agregar&gt;</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC	tag_7	Tabla de variables estándar	Dint	HMA_Conexión_1	PLC_1	tr	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	TEMPH	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	TEMPV	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	valvula	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	ver_fum	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	ver_fum_1	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1	<Agregar>					<p><b>Descripción</b></p> <p>Una vez que se ha definido las variables del PLC y ya se ha realizado el programa para el control de los actuadores, a esas variables de control se las debe enlazar a las variables del HMI, por lo que se creó una tabla de variables de modo que esto también ayuda al momento de la conexión en vista que se hace referencia al tag o nombre ya definido en la tabla, además en la configuración de la tabla de variables se puede establecer el tiempo de respuesta de la conexión entre variables se ha definido en 100ms, así como el tipo de variable las cuales son de tipo booleano en algunos casos y también de tipo doble.</p>
Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC																																										
tag_7	Tabla de variables estándar	Dint	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
tr	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
TEMPH	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
TEMPV	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
valvula	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
ver_fum	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
ver_fum_1	Tabla de variables estándar	Bool	HMA_Conexión_1	PLC_1																																										
<Agregar>																																														

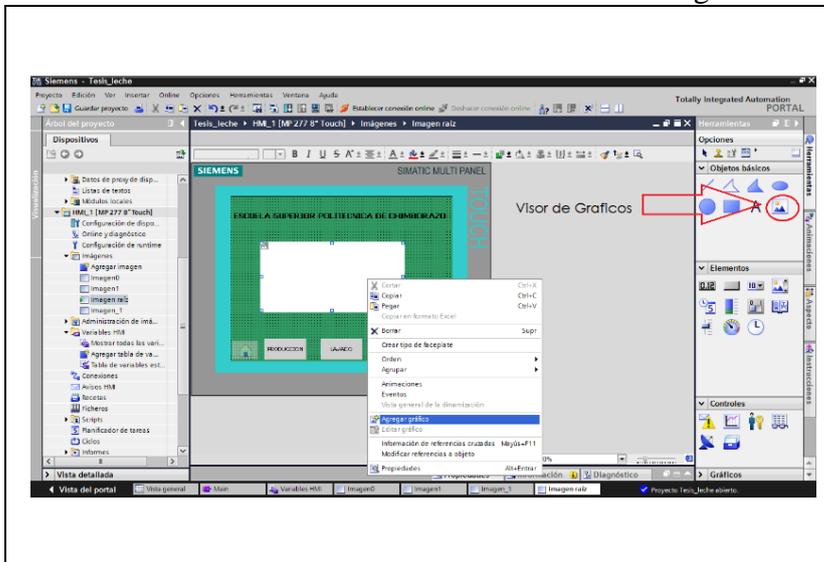
Fuentes: (Autores)

Tabla 33. Imagen raiz

	<p><b>Descripción</b></p> <p>En la pantalla principal se ha dispuesto una imagen, y tres botones los cuales permiten navegar entre las pantallas previamente creadas, y la conexión se mostrara a continuación.</p>
--	---

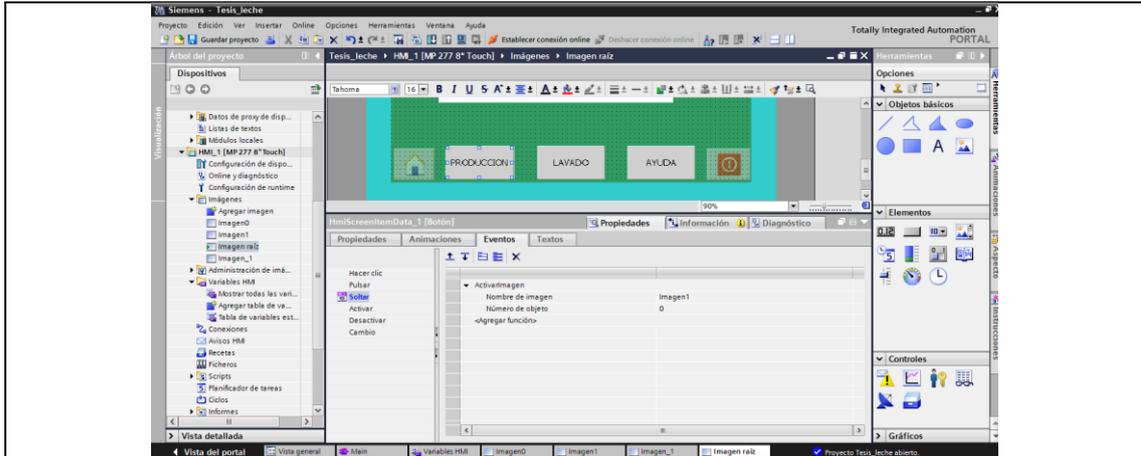
Fuentes: (Autores)

Tabla 34. Insertar imagen

	<p><b>Descripción</b></p> <p>Para la inserción de una imagen en la pantalla se selecciona el visor de gráficos y se arrastra a la pantalla, se ajusta al tamaño deseado, posteriormente se da clic derecho, selecciona agregar gráfico así se muestra el buscador y selecciona la imagen deseada.</p>
---	---

Fuentes: (Autores)

Tabla 35. Conexión de botones

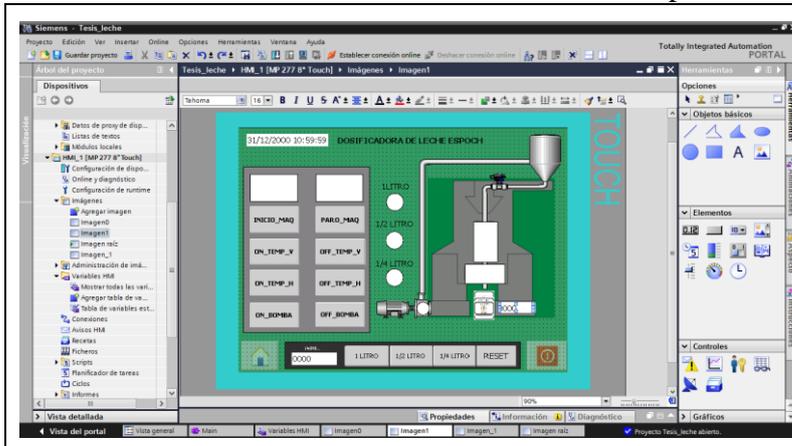


**Descripción**

Para la conexión de los botones con las diferentes pantallas (imágenes) creadas se da clic derecho en el botón, propiedades y se abre la ventana de propiedades como se muestra en la tabla 35, en la sección de eventos, relacionado con el evento soltar se activa la imagen 1 la cual está relacionada con el proceso en sí, el mismo caso para los otros dos botones que permitirán navegar a través de las otras pantallas o imágenes como lo denomina TIA Portal

Fuentes: (Autores)

Tabla 36. Pantalla del proceso

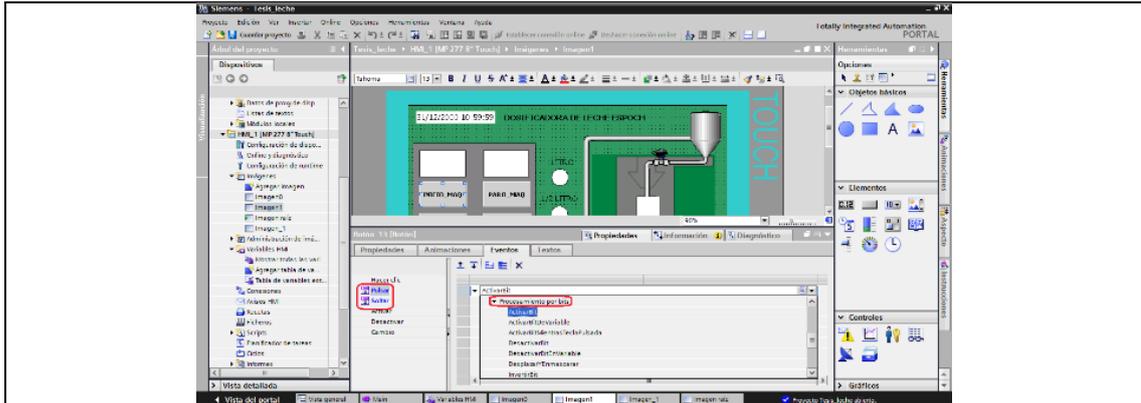


**Descripción**

La pantalla principal en la programación del HMI es la denominada de producción, en esta pantalla se encuentran objetos como: botones, indicadores, campos de entrada y salida, además objetos con los que se representa el proceso de la máquina.

Fuentes: (Autores)

Tabla 37. Activación/desactivación de bits

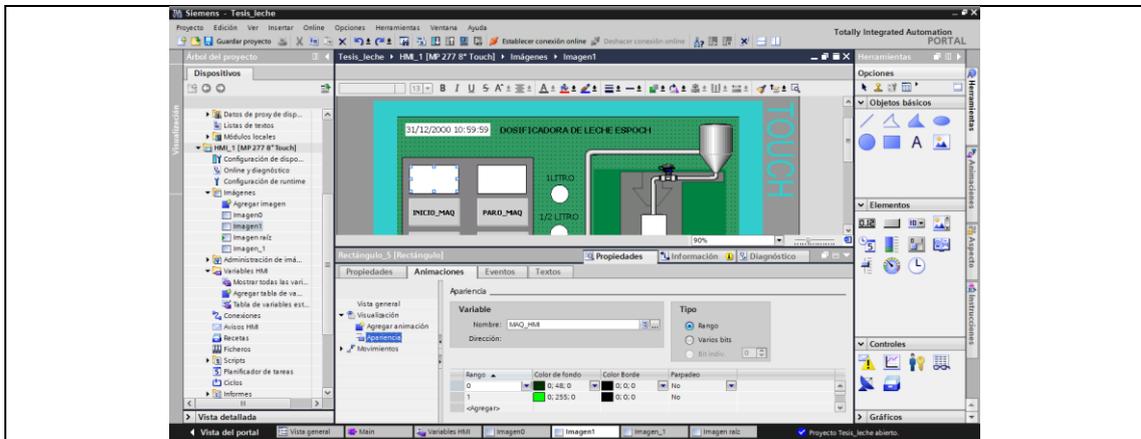


**Descripción**

La puesta en marcha de la máquina se realiza por medio de un botón dispuesto en la pantalla (INICIO\_MAQ), para la configuración y conexión del botón, se da clic derecho, propiedades, eventos y en el evento pulsar activa un bit que esta enlazado, a una variable denominada INICIO\_HMI, la misma que apunta o direcciona a la memoria dispuesta en el PLC para completar el cometido de puesta en marcha, lo mismo para el evento soltar desactiva el bit que previamente se activó en el evento pulsar. Este proceso se realizó para cada uno de los botones dispuestos en la pantalla, que activan, desactivan la máquina, las niquelinas de sellado, la bomba de suministro de leche.

Fuentes: (Autores)

Tabla 38. Monitoreo de actuadores

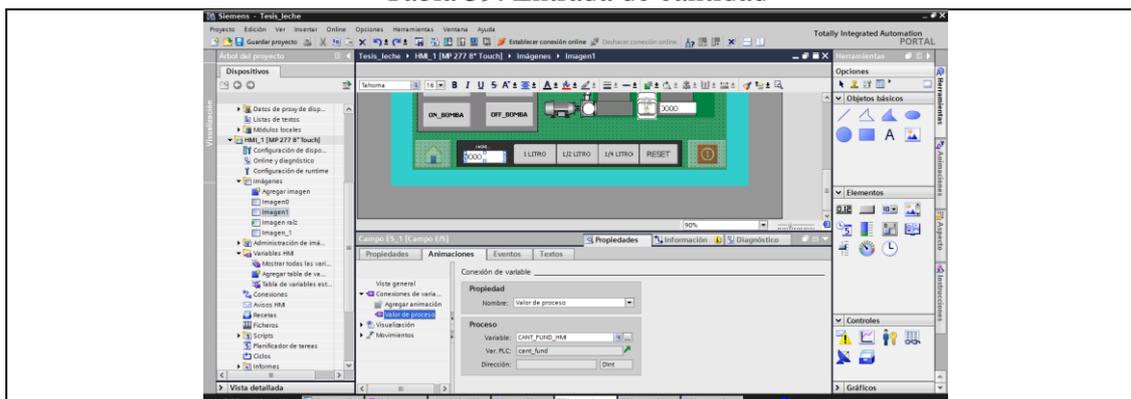


**Descripción**

Los indicadores que se han dispuesto en la pantalla, muestran el estado de los actuadores es así que la configuración, del indicador de encendido de la máquina se realizó de la siguiente forma, se arrastra una de las figuras del panel de objetos básicos, clic derecho, propiedades, animaciones, apariencia en nombre se escoge la variable a la cual se realizara el monitoreo, además se puede configurar el color de fondo, que denote el estado del actuador monitorizado así que cuando el actuador permanezca en estado apagado (0) tomara el color negro mientras que para el estado de activado (1) cambiara a color verde. El procedimiento es igual para los demás indicadores, los mismos que muestran el estado de la máquina de las niquelinas y de la bomba.

Fuentes: (Autores)

Tabla 39. Entrada de cantidad

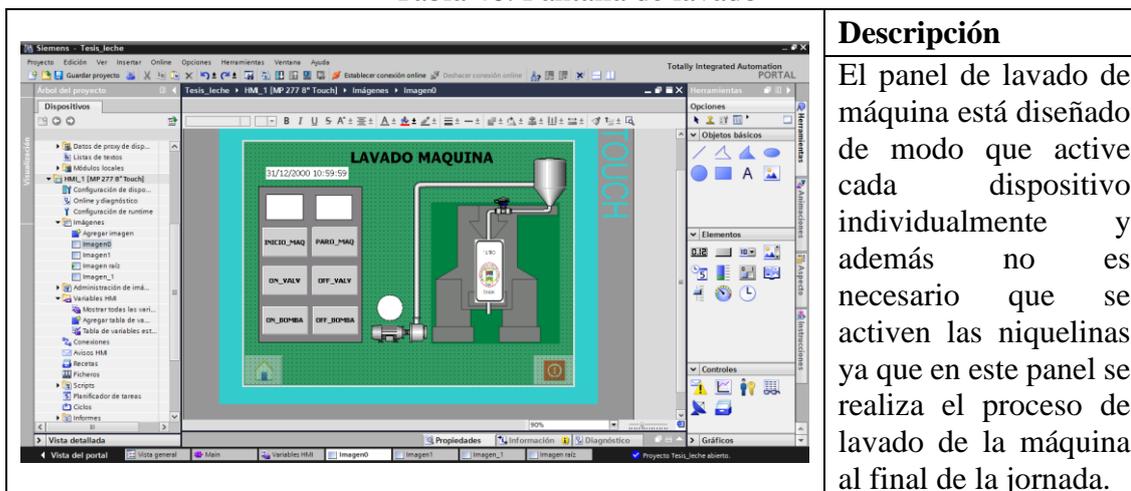


**Descripción**

Finalmente en esta pantalla otro objeto utilizado es el campo de entrada y salida mediante el cual se determina la cantidad de fundas a ser dosificadas, que posteriormente detiene la máquina, para configurar este campo se da clic derecho propiedades, animaciones y se realiza una conexión a una memoria dispuesta en una entrada del contador utilizado en el PLC, cuando se dé la igualdad manda a detener la máquina. Este campo está directamente relacionado con los botones de selección de cantidad.

Fuentes: (Autores)

Tabla 40. Pantalla de lavado



**Descripción**

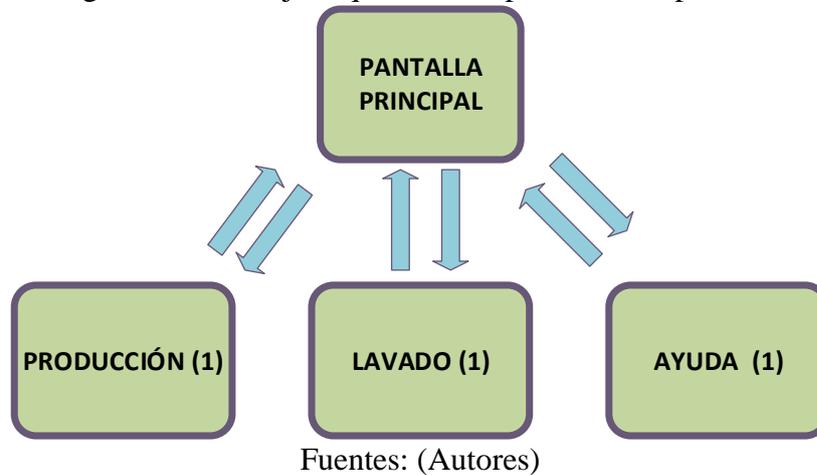
El panel de lavado de máquina está diseñado de modo que active cada dispositivo individualmente y además no es necesario que se activen las niquelinas ya que en este panel se realiza el proceso de lavado de la máquina al final de la jornada.

Fuentes: (Autores)

**4.1.5 Diseño de las imágenes del HMI.** El HMI permite la creación de varias pantallas o mejor llamadas por el software como imágenes, estas imágenes están categorizadas, con colores, animaciones, botones digitales, gráficos, indicadores luminosos acordes al área de la pantalla y la información que sea necesaria, para proporcionar al usuario información clara del proceso de pasteurizado así como posibles fallas que se den en el mismo durante su operación, evitando con esto errores y confusiones al usuario durante la elaboración del producto.

A continuación se muestra el orden jerárquico de las imágenes del proceso con su relación lógica.

Figura 54. Orden jerárquico de las pantallas del proceso.



Al energizar el tablero esta será la pantalla que se mostrará, la cual contiene el logotipo de la institución, botones de navegación mediante los cuales podrá escoger el proceso a realizar. Existen tres opciones que son PRODUCCIÓN, LAVADO y AYUDA

Figura 55. PANTALLA PRINCIPAL.



Fuentes: (Autores)

En esta imagen están disponibles tres botones de navegación que cumplen los siguientes eventos al ser pulsados:

**PRODUCCION** ACTIVA IMAGEN DE PRODUCCION (1), Se utiliza cuando el usuario realice el proceso de envasado, normalmente con fines didácticos y de producción, se podrán observar el comportamiento de los equipos.

**LAVADO** ACTIVA IMAGEN DE LAVADO (1), Se utiliza cuando el usuario realice el lavado de la máquina envasadora, normalmente con fines didácticos, se podrán observar el comportamiento de los equipos.

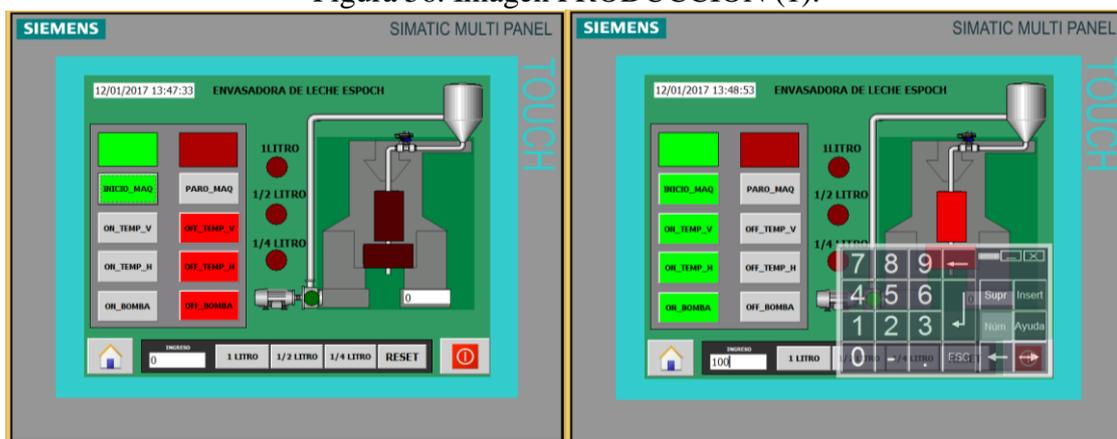
**AYUDA** ACTIVA IMAGEN DE AYUDA (1), Se utiliza cuando el usuario desee visualizar información de la máquina envasadora, normalmente con fines didácticos o informativos.

 Al pulsarse activa la imagen Pantalla principal

 Al pulsarse permite acceder a la configuración de la HMI

En caso de escoger la opción PRODUCCION se mostrará la siguiente imagen llamada PRODUCCION (1):

Figura 56. Imagen PRODUCCION (1).

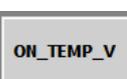
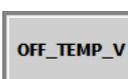
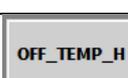
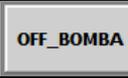
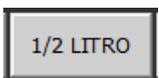
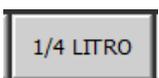
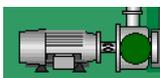


Fuentes: (Autores)

Dentro de esta pantalla se puede observar pulsadores, botones de navegación y figuras que cambian de color dependiente del estado del proceso. Aquí el usuario activa o desactiva los diferentes actuadores para el proceso de envasado, escoge el tamaño de funda, numero de fundas ah envasar, visualiza que actuador está en funcionamiento y

cuando está en reposo mediante el cambio de color de los botones o figuras en la pantalla, numero de fundas producidas, fecha y hora

Tabla 41. Descripción de los elementos de la imagen PRODUCCION (1)

Elementos de la imagen PRODUCCION (1)			
Botones de activación y desactivación de actuadores del proceso de envasado			
Botones de activación de actuadores	Descripción:	Botones de desactivación de actuadores	Descripción:
			
	Activa la bobina de relé-motor de máquina		Desactiva la bobina de relé-motor de máquina
	Activa bobina de relé-selladora vertical		Desactiva la bobina de relé-selladora vertical
	Activa la bobina de relé-selladora horizontal		Desactiva la bobina de relé-selladora horizontal
	Activa la bobina de relé-bomba de producto		Desactiva la bobina de relé-bomba de producto
Botones del tamaño de funda e indicadores del tamaño de funda y bomba del producto			
	Al pulsar se determina las condiciones para la producción de fundas del producto de 1 litro.		Luz piloto digital, indica el tamaño de funda seleccionado (1 litro).
	Al pulsar se determina las condiciones para la producción de fundas del producto de 1/2 litro.		Luz piloto digital, indica el tamaño de funda seleccionado (1/2 litro).
	Al pulsar se determina las condiciones para la producción de fundas del producto de 1/4 litro.		Luz piloto digital, indica el tamaño de funda seleccionado (1/4 litro).
	Desactiva (según corresponda los volúmenes seleccionados, la dosificación, el contador del número de fundas )		Luz piloto digital, la cual indica el estado de la bomba de producto
Campo de entrada y salida y teclado para la cantidad de fundas a ser dosificadas			
	Campo de entrada y salida mediante el cual se determina la cantidad de fundas a ser dosificadas		Teclado mediante el cual se ingresa la cantidad de fundas a ser dosificadas
Botones de navegación			
	Al pulsarse activa la imagen Pantalla principal		Al pulsarse permite acceder a la configuración de la HMI

Fuentes: (Autores)

Cabe aclarar las siguientes características de los botones y luces pilotos digitales

Botones de activación de actuadores del proceso de lavado Descripción: Cuando se pulsan los botones estos activan los diferentes actuadores según corresponda y cambian de color gris a verde, para mostrar al usuario que actuadores están activados

Botones de desactivación de actuadores del proceso de lavado Descripción: Cuando se pulsan los botones estos desactivan los diferentes actuadores según corresponda y cambian de color gris a rojo, para mostrar al usuario que actuadores están desactivados

La Luz piloto digital, cumple la función de indicar el estado de los equipos en el proceso de envasado Además en caso de algún fallo de este equipo el usuario podrá detectarlo fácilmente y corregirlo.

En caso de escoger la opción LAVADO se mostrará la siguiente imagen llamada LAVADO (1):

Figura 57. Imagen LAVADO (1):

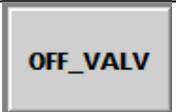
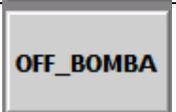
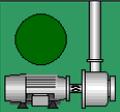


Fuentes: (Autores)

Dentro de esta pantalla se puede observar pulsadores, botones de navegación y figuras que cambian de color dependiente del estado del proceso. Aquí el usuario activa o desactiva los diferentes actuadores (motor de la máquina envasadora, electroválvula, bomba del producto) para el lavado de la máquina, visualiza que actuador está en

funcionamiento y cuando está en reposo mediante el cambio de color de los botones o figuras en la pantalla, fecha y hora.

Tabla 42. Descripción de los elementos de la imagen LAVADO (1):

Elementos de la imagen LAVADO (1)			
Botones de activación y desactivación de actuadores del proceso de lavado			
Botones de activación	Descripción:	Botones de desactivación	Descripción:
			
	Activa la bobina de relé-motor de máquina		Desactiva la bobina de relé-motor de máquina
	Activa la bobina de relé-electroválvula		Desactiva la bobina de relé-electroválvula
	Activa la bobina de relé-bomba de producto		Desactiva la bobina de relé-electroválvula
Botones de navegación			
	Al pulsarse activa la imagen Pantalla principal		Al pulsarse permite acceder a la configuración de la HMI
Indicador			
	Luz piloto digital, la cual indica el estado de la bomba de producto		

Fuentes: (Autores)

Cabe aclarar las siguientes características de los botones y luces pilotos digitales

Botones de activación de actuadores del proceso de lavado Descripción: Cuando se pulsan los botones estos activan los diferentes actuadores según corresponda y cambian de color gris a verde, para mostrar al usuario que actuadores están activados

Botones de desactivación de actuadores del proceso de lavado Descripción: Cuando se pulsan los botones estos desactivan los diferentes actuadores según corresponda y cambian de color gris a rojo, para mostrar al usuario que actuadores están desactivados

La Luz piloto digital, cumple la función de indicar el estado de los equipos en el proceso de envasado Además en caso de algún fallo de este equipo el usuario podrá detectarlo fácilmente y corregirlo.

En caso de escoger la opción AYUDA se mostrará la siguiente imagen llamada AYUDA (1):

Figura 58. Imagen AYUDA (1):



Fuentes: (Autores)

En esta pantalla se mostrara, información básica sobre el proyecto, sus autores y el logotipo de la institución y la carrera a la que pertenecen, de la misma forma tiene un botón de navegación el cual cumple el siguiente evento al pulsarse:



Al pulsarse permite acceder a la configuración de la HMI



Al pulsarse activa la imagen Pantalla principal

## **4.2 Planificación y programación del mantenimiento para la máquina envasadora IQ-1500**

El mantenimiento es necesario en cada empresa de producción, ya sea pequeña mediana o grande. Frecuentemente en las empresas pequeñas no se maneja una planificación adecuada de mantenimiento en sí, pero se lleva a cabo un mantenimiento de manera empírica, con tareas sencillas para precautelar el temprano deterioro de los equipos, tales como limpieza, lubricación, recambios entre otras, se las realiza por intuición, que si bien ayudan en parte a que el equipo continúe funcionando no previene pérdidas, ni favorece al manejo de los recursos en la empresa o evita tiempos muertos de producción.

Por ello el ingeniero de mantenimiento está capacitado con habilidades y conocimientos que le permitan realizar una planificación adecuada para cada equipo en cada empresa, dicha planificación debe empezar por el levantamiento de datos para las correspondientes fichas técnicas, pasando por una lista de tareas y procedimiento hasta establecer una frecuencia para cada tarea o actividad en un respectivo organigrama.

En el presente trabajo se presentará una planificación de mantenimiento para la máquina envasadora de lácteos IQ-1500 ubicada en la Planta de Lácteos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Esta planificación se ha centrado en dos tipos de mantenimiento; el mantenimiento correctivo para elementos cuya dificultad de adquisición es baja, al igual que su costo; y el mantenimiento preventivo sistemático para componentes y elementos cuyo valor es representativo como para tenerlos almacenados en bodega, además de su difícil adquisición.

**4.2.1 *Planificación del mantenimiento.*** Planificar el mantenimiento permite estandarizar la codificación de equipos, tareas, actividades y procedimientos dentro de la empresa así como las frecuencias para cada uno de ellas, permitiendo realizar los trabajos de manera rápida, correcta y utilizando de mejor forma los recursos disponibles dentro de una empresa. Además permite que los técnicos y operarios trabajen de manera conjunta con un idioma normalizado evitando tareas repetitivas o innecesarias. La planificación debe ser individual para cada empresa y maquinaria debido al distinto contexto operacional existente para cada caso; se la debe realizar de manera sistemática y organizada para obtener los resultados esperados como reducción de tiempos muertos de

producción, disminuir gastos por mantenimiento, minimizar riesgos por fallos imprevistos entre otros.

Existen parámetros que hay que tomar en cuenta para la realización de un plan de mantenimiento como son: El diagnóstico del estado actual de los equipos, que para nuestro caso se muestra en el capítulo 3. Los datos de los equipos y máquinas para lo cual se realiza levantamiento de datos en las fichas técnicas para cada uno de los equipos. Debido a que la máquina forma parte de un sistema de producción en serie su importancia resulta imperante para la obtención del producto final. El tiempo que se invertirá en cada tarea se lo obtendrá por experiencia de los operarios y el técnico de mantenimiento.

#### **4.2.2 *Parámetros que se tomaron en cuenta para elaborar el programa de mantenimiento.***

- Manuales de los fabricantes.
- Experiencia y observaciones de los técnicos y operadores.
- Disponibilidad de los recursos humanos y materiales.
- Demanda de producción.

**4.2.3 *Inventario técnico de los equipos.*** Un inventario técnico es un registro en el cual se describen las características de los equipos, lo que nos servirá para la planeación y programación del mantenimiento. Los encargados de elaborar este registro son el personal de mantenimiento en conjunto con el personal de producción. Se lo debe elaborar ya que es de gran utilidad, para una rápida localización e identificación de cada una de los equipos y sus componentes existentes.

Uno de los elementos indispensables dentro de la elaboración del inventario de una máquina, es la codificación tomando en cuenta la empresa a la que pertenece, el tipo de equipo, el área en la que se encuentra su funcionalidad.

Para empezar con el registro se simplifico el nombre de la empresa PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI a las siguientes siglas PLE, para facilitar el manejo de las

fichas. A continuación se clasificaron las áreas a las cuales pertenecen los equipos, debido a que se realizara para un solo equipo la codificación por departamentos queda limitado al área de producción. El tipo de equipo se lo da de acuerdo al nombre o función que cumple el equipo, en este caso tenemos como equipos, la envasadora, la bomba centrífuga, el PLC y la HMI. En cuanto a su funcionalidad se ha tomado el material con el que trabaja la máquina, en este caso el material en específico son líquidos.

A continuación se detallan las abreviaciones usadas para su codificación:

Tabla 43. Codificación de equipos.

					
PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI					
CODIFICACIÓN DE EQUIPOS					
EQUIPOS	SIMP.	FUNCIONALIDAD	SIMP	DEPARTAMENTO	SIMP
ENVASADORA	ENV	LIQUIDOS	LI	PRODUCCIÓN	PRO
ELECTRO BOMBA SANITARIA	EBS	LIQUIDOS	LI	PRODUCCIÓN	PRO
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	PLC	CONTROL	CRT	PRODUCCIÓN	PRO
PANTALLA TOUCH	HMI	MONITOREO	MON	PRODUCCIÓN	PRO

Fuentes: (Autores)

La codificación es una parte de los datos que se manejarán en las fichas de los inventarios, además se debe detallar las características más relevantes del equipo como:

- Encabezado. En el cual comúnmente va el sello y nombre de la empresa
- Datos principales del equipo como nombre, marca modelo y serie.
- Características tales como intensidad, voltaje y potencia nominal, frecuencia y otras que sean consideradas de importancia por quien elabore las fichas.
- Los responsables, quienes realizan, revisan y aprueban.

Tabla 44. Ficha técnica de la envasadora

			
PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI			
<b>EQUIPO:</b>		ENVASADORA	
<b>CÓDIGO TÉCNICO:</b>		PLE-PRO-LI- ENV01	
DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO			
<b>PLE:</b>	Planta de Lácteos ESPOCH	<b>LI:</b>	LÍQUIDOS
<b>PRO:</b>	PRODUCCIÓN	<b>ENV01:</b>	ENVASADORA N° 01
DATOS DE LA ENVASADORA DE PRODUCTO			
<b>MARCA</b>	Nacional		
<b>MODELO</b>	IQ-1500		
<b># SERIE</b>	Xxxxxx		
<b>PAÍS DE ORIGEN</b>	Ecuador		
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE LA ENVASADORA			
Voltaje de alimentación:		220 Voltios.	
Capacidad:		1 200 fundas/hora.	
Fecha de adquisición:		Agosto-1998	
Costo:		\$ 8 400.00.	
Industria:		Ecuatoriana.	
<b>REALIZADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>		<b>APROBADO POR:</b>
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>

Fuentes: (Autores)

Tabla 45. Ficha técnica de la bomba centrífuga

 <b>ESPOCH</b> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO <i>Saber para ser</i> 			
<b>PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI</b>			
<b>EQUIPO:</b>		ELECTRO BOMBA SANITARIA	
<b>CÓDIGO TÉCNICO:</b>		PLE-PRO-LI- EBS01	
<b>DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO</b>			
<b>PLE:</b>	Planta de Lácteos ESPOCH	<b>LI:</b>	LÍQUIDOS
<b>PRO:</b>	PRODUCCIÓN	<b>BOCT01:</b>	BOMBA CENTRÍFUGA N° 01
<b>DATOS DE LA ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>			
<b>MARCA</b>	LG.OTIS 3 PHASE INDUCTION MOTOR		
<b>MODELO</b>	KMI-0 1 HN 1-IECOO 1		
<b># SERIE</b>			
<b>PAÍS DE ORIGEN</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE LA BOMBA CENTRÍFUGA</b>			
<b>Rpm: 1730</b> <b>Hz: 60</b> <b>Hp: 1 (0,75 kW)</b> <b>voltios: 220/440</b> <b>Amperios: 3,5</b>			
<b>REALIZADO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>

Fuentes: (Autores)

Tabla 46. Ficha técnica del PLC Siemens.

			
PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI			
<b>EQUIPO:</b>		PLC SIEMENS	
<b>CÓDIGO TÉCNICO:</b>		PLE-PRO-CRT- PLC01	
DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO			
<b>PLE:</b>	Planta de Lácteos ESPOCH	<b>CRT:</b>	EQUIPO DE CONTROL
<b>PRO:</b>	PRODUCCIÓN	<b>PLC01:</b>	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE N° 01
DATOS DEL PLC			
<b>MARCA</b>	SIEMENS		
<b>MODELO</b>	S7-1200		
<b># SERIE</b>			
<b>PAÍS DE ORIGEN</b>			
CARACTERÍSTICAS DEL PLC S7-1200			
alimentación es de 85 - 264 Vac 47 - 63 HZ, Número de entradas: digitales y analógicas Número de salidas: 14 digitales Voltaje de salida: 24Vdc			
<b>REALIZADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 47. Ficha técnica de la HMI Siemens.

			
PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI			
<b>EQUIPO:</b>		HMI SIEMENS	
<b>CÓDIGO TÉCNICO:</b>		PLE-PRO-MNT- HMI01	
DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO			
<b>PLE:</b>	Planta de Lácteos ESPOCH	<b>MNT:</b>	EQUIPO DE MONITOREO
<b>PRO:</b>	PRODUCCIÓN	<b>HMI01:</b>	PANTALLA TOUCH N° 01
DATOS DE LA HMI			
<b>MARCA</b>	SIEMENS		
<b>MODELO</b>	MP-277		
<b># SERIE</b>	6AV6 643-0CB01-1AX1		
<b>PAÍS DE ORIGEN</b>			
CARACTERÍSTICAS DEL HMI MP-277			
tensión de alimentación: 24 VCD Permite una conexión Profinet IO y Profibus. Temperatura ambiente en servicio <ul style="list-style-type: none"> <li>• mín. 0 °C</li> <li>• máx. 50 °C</li> </ul> Temperatura ambiente en almacenaje/transporte <ul style="list-style-type: none"> <li>• mín. -20 °C</li> <li>• máx. 60 °C</li> </ul> Humedad relativa del aire <ul style="list-style-type: none"> <li>• En servicio máx. 90 %</li> </ul>			
<b>REALIZADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>	

Fuentes: (Autores)

**4.2.4 Elaboración de tareas, procedimientos y determinación de frecuencias.** Para facilitar el manejo de las tareas de mantenimiento a realizar en los equipos, estas se han agrupado en limpiar, lubricar, revisar y cambiar. Esta simplificación se ha realizado para que tanto operarios como el personal de mantenimiento puedan manejarlo sin dificultades y se pueda lograr un mejor entendimiento, evitando confusiones y acciones erróneas que conlleven al mal manejo de recursos y pronto deterioro de los equipos.

Se debe recalcar que un procedimiento es el conjunto de todas las acciones que se deben realizar para llevar a cabo una determinada tarea de mantenimiento y cumplir con su propósito el cual es que el equipo cumpla de manera adecuada con las funciones para las cuales fue adquirido.

Para la elaboración de las hojas de tareas, procedimientos y determinación de frecuencias se tomó como principal lineamiento, la experiencia del técnico de mantenimiento así como de los operarios, quienes son las personas que mejor conocen la máquina envasadora. Además la experiencia del técnico y operarios ayudaron para la estimación de los tiempos requeridos para la ejecución de cada tarea

Previamente a realizar las fichas se necesita de una estandarización en cuanto a frecuencias, en donde se indique de manera clara el significado de cada abreviatura.

Tabla 48. Estandarización de frecuencias.

			
PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI			
ESTANDARIZACIÓN DE FRECUENCIAS			
DESCRIPCIÓN	SIMPLIFICACIÓN	EJEMPLO	SIGNIFICADO
DIARIO	D	D	Diario
MENSUAL	M	M	MENSUAL
AÑO (S)	A	1A	1 Año
HORA (S)	H	1H	1 Hora

Fuentes: (Autores)

Tabla 49. Inspección del sistema eléctrico de la envasadora.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>	<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: M</b>	<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: Inspección del sistema eléctrico</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Apagar la máquina.</li> <li>✓Desconectar y bloquear el sistema eléctrico</li> <li>✓Comprobar la ausencia de corriente</li> <li>✓Revisar el estado de los cables, empalmes y borneras</li> <li>✓Inspección de elementos de protección y control</li> <li>✓Conectar la máquina</li> </ul>	

✓ Verificar la llegada de voltaje requerido		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico</li> <li>➤ Cepillo de alambre</li> <li>➤ Voltímetro</li> <li>➤ Amperímetro</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Taype.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 50. Inspección del sistema mecánico de la envasadora.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: M</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: Inspección del sistema mecánico</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la unidad.</li> <li>✓ Verificar la ausencia de energía.</li> <li>✓ Revisar engrase en ejes, engranes y levas.</li> <li>✓ Limpiar de impurezas.</li> <li>✓ Realizar prueba de funcionamiento (ruido, vibración).</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 51. Lubricación del sistema mecánico de la envasadora.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 1000h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: Lubricación del sistema mecánico</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Verificar la ausencia de energía.</li> <li>✓ Lubricar ejes, levas, engranes y chumaceras</li> <li>✓ Encender la unidad.</li> <li>✓ Pruebas de funcionamiento.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> <li>➤ Engrasadora</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 52. Cambio de rodamientos del motor de la envasadora.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 12000h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 60min.</b>
<b>TAREA: Cambio de rodamientos del motor</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la unidad.</li> <li>✓ Desmontar el motor.</li> <li>✓ Destapar carcasa.</li> <li>✓ Retirar rodamientos antiguos.</li> <li>✓ Limpiar el motor.</li> <li>✓ Colocar rodamientos nuevos.</li> <li>✓ Engrasar hasta los niveles recomendados.</li> <li>✓ Colocar tapas y demás pieza retiradas.</li> <li>✓ Montar el motor.</li> <li>✓ Realizar prueba de funcionamiento (ruido, vibración)</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> <li>➤ Engrasadora</li> </ul>	<input type="checkbox"/> Rodamientos 6906-ZZC3P6QE6	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 53. Limpieza general del equipo.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Producción</b>
<b>FRECUENCIA: D</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: Limpieza general del equipo.</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina</li> <li>✓ Desconectar de la fuente de energía.</li> <li>✓ Realizar una completa y esmerada limpieza de las partes de la máquina.</li> <li>✓ Informar si existe alguna anomalía.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa.</li> <li>➤ Brochas.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 54. Cambio del motor de avance de funda.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>	
<b>FRECUENCIA: 5 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 45 min.</b>	
<b>TAREA: Cambio motor de Avance de Funda</b>			
<b>PROCEDIMIENTO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Desmontaje y desconexión del motor.</li> <li>✓ Conectar y acoplar el nuevo motor.</li> <li>✓ Conectar la máquina.</li> <li>✓ Verificar la llegada de voltaje e intensidad requeridos.</li> <li>✓ Realizar pruebas de funcionamiento.</li> </ul>			
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>REPUESTOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico</li> <li>➤ Voltímetro</li> <li>➤ Amperímetro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Motor de 24Vcd. y 6A. (Spur Gear Motor)</li> </ul>	
		<b>MATERIAL</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 55. Cambio de electroválvula inoxidable

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>	
<b>FRECUENCIA: 5 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 30min.</b>	
<b>TAREA: Cambio de Electroválvula Inoxidable</b>			
<b>PROCEDIMIENTO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Eliminación de residuos líquidos en las tuberías.</li> <li>✓ Comprobación de ausencia de líquidos en el sistema.</li> <li>✓ Desmontaje y desconexión de la electroválvula.</li> <li>✓ Montaje y conexión de la nueva electroválvula.</li> <li>✓ Conectar y Encender la máquina.</li> <li>✓ Encender la bomba electro-sanitaria.</li> <li>✓ Realizar pruebas de Funcionamiento.</li> </ul>			
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>REPUESTOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico.</li> <li>➤ Multímetro.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Electroválvula inoxidable.</li> </ul>	
		<b>MATERIAL</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Taype.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 56. Cambio del encoder.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>	
<b>FRECUENCIA: 5 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 60 min.</b>	
<b>TAREA:</b> <i>Cambio del encoder.</i>			
<b>PROCEDIMIENTO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Desmontaje y desconexión del encoder.</li> <li>✓ Conectar y acoplar el nuevo encoder.</li> <li>✓ Conectar la máquina.</li> <li>✓ Verificar la llegada de voltaje e intensidad requeridos.</li> <li>✓ Realizar pruebas de funcionamiento.</li> </ul>			
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>REPUESTOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico.</li> <li>➤ Multímetro.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Encoder Incremental.</li> </ul>	
		<b>MATERIAL</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 57. Cambio del sensor.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>	
<b>FRECUENCIA: 3 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 45 min.</b>	
<b>TAREA:</b> <i>Cambio del sensor.</i>			
<b>PROCEDIMIENTO</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Desmontaje y desconexión del sensor.</li> <li>✓ Conectar y acoplar el nuevo sensor.</li> <li>✓ Conectar la máquina.</li> <li>✓ Verificar la llegada de voltaje e intensidad requeridos.</li> <li>✓ Realizar pruebas de funcionamiento.</li> </ul>			
<b>HERRAMIENTAS</b>		<b>REPUESTOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico</li> <li>➤ Voltímetro</li> <li>➤ Amperímetro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Sensor inductivo.</li> </ul>	
		<b>MATERIAL</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 58. Lavado interno del equipo.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Producción</b>
<b>FRECUENCIA: D</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 20min.</b>
<b>TAREA:</b> <i>Lavado interno del equipo</i>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Encender el equipo.</li> <li>✓ Elegir modo lavado.</li> <li>✓ Circular suficiente agua caliente.</li> <li>✓ Circular sosa caustica.</li> <li>✓ Circular agua fría.</li> <li>✓ Circular ácido nítrico para neutralizar la sosa aplicada.</li> <li>✓ Circular suficiente agua caliente.</li> <li>✓ Apagar el equipo.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ La tarea no requiere herramientas	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guantes quirúrgicos</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Sosa Cáustica</li> <li>➤ Ácido Nítrico</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 59. Cambio de teflón térmico.

<b>EQUIPO: ENVASADORA</b>		<b>PERSONAL: Producción</b>
<b>FRECUENCIA: HASTA EL FALLO.</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 10min.</b>
<b>TAREA:</b> <i>Cambio de teflón térmico</i>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el equipo.</li> <li>✓ Aflojar perillas de las selladoras.</li> <li>✓ Retirar el teflón usado.</li> <li>✓ Limpiar la base de las selladoras.</li> <li>✓ Poner el teflón de recambio.</li> <li>✓ Encender el equipo.</li> <li>✓ Realizar pruebas de funcionamiento.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas.	<input type="checkbox"/> Cintas de teflón térmico autoadhesiva.	➤ Usar equipos de seguridad personal.

Fuentes: (Autores)

Tabla 60. Revisión de la carcasa y anclaje de la electrobomba sanitaria.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 1600h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 30min.</b>
<b>TAREA: Revisión de la carcasa y anclaje</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina.</li> <li>✓ Revisar estado y sujeción de componentes de la carcasa</li> <li>✓ Revisar la nivelación y alineamiento.</li> <li>✓ Revisar el ajuste de los pernos de anclaje.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas.	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	➤ Usar equipos de seguridad personal.

Fuentes: (Autores)

Tabla 61. Cambio de rodamientos de la electrobomba sanitaria.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 12000h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 60min.</b>
<b>TAREA: Cambio de rodamientos</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la unidad</li> <li>✓ Destapar carcasa</li> <li>✓ Retirar rodamientos antiguos</li> <li>✓ Limpiar el motor</li> <li>✓ Colocar rodamientos nuevos</li> <li>✓ Engrasar hasta los niveles recomendados.</li> <li>✓ Colocar tapas y demás pieza retiradas.</li> <li>✓ Montar el motor.</li> <li>✓ Realizar prueba de funcionamiento (ruido, vibración)</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> <li>➤ Engrasadora</li> </ul>	<input type="checkbox"/> Rodamientos XXXX-xx	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 62. Lubricación de rodamientos, electrobomba sanitaria.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 1000h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: <i>Lubricación de rodamientos</i></b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina</li> <li>✓ Sacar la carcasa</li> <li>✓ Lubricar rodamiento</li> <li>✓ Colocar carcasa</li> <li>✓ Encender la unidad</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas.</li> <li>➤ Engrasadora.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 63. Cambio de anillos de desgaste de la bomba.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 12000 h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 30min.</b>
<b>TAREA: <i>Cambio de anillos de desgaste.</i></b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la unidad</li> <li>✓ Cerrar válvulas</li> <li>✓ Desmontar la unidad</li> <li>✓ Destapar voluta</li> <li>✓ Retirar anillos gastados</li> <li>✓ Colocar anillos nuevos</li> <li>✓ Colocar la voluta</li> <li>✓ Montar la unidad.</li> <li>✓ Abrir válvulas de succión</li> <li>✓ Realizar prueba de funcionamiento (fugas)</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas</li> </ul>	<input type="checkbox"/> Anillos de desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa.</li> <li>➤ Alcohol al 70%</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 64. Cambio de empaques y sello mecánico de la bomba.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 12000 h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 30min.</b>
<b>TAREA: Cambio de empaques y sello mecánico de la bomba</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Apagar la unidad</li> <li>✓Cerrar válvulas</li> <li>✓Desmontar la unidad</li> <li>✓Desmontar partes necesarias</li> <li>✓Retirar sellos y empaques antiguos</li> <li>✓Colocar sellos y empaques nuevos</li> <li>✓Montar partes retiradas</li> <li>✓Montar la bomba</li> <li>✓Abrir válvulas</li> <li>✓Realizar prueba de funcionamiento (fugas)</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas	<input type="checkbox"/> Empaques <input type="checkbox"/> Sellos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa.</li> <li>➤ Alcohol al 70%</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 65. Revisión de tuberías de succión y descarga.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA SANITARIA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 2000 h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 10min.</b>
<b>TAREA: Revisión de tuberías de succión y descarga.</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Revisar posibles fugas</li> <li>✓Revisar apriete de las mismas</li> <li>✓Revisar sellado de tuberías</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa</li> <li>➤ Sellador de tuberías</li> <li>➤ Teflón</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Quirúrgicos</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 66. Cambio de empaques de tuberías de succión y descarga.

<b>EQUIPO: ELECTRO BOMBA</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>SANITARIA</b>		
<b>FRECUENCIA: 8000 h</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 30min.</b>
<b>TAREA: Cambio de empaques de tuberías de succión y descarga.</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cerrar válvula de compuerta de ingreso de fluido</li> <li>✓ Apagar la unidad</li> <li>✓ Desconectar las tuberías</li> <li>✓ Retirar empaques deteriorados</li> <li>✓ Limpiar bases de empaques</li> <li>✓ Colocar nuevos empaques</li> <li>✓ Volver a conectar las tuberías</li> <li>✓ Abrir la válvula de compuerta de ingreso de fluido</li> <li>✓ Encender la bomba</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas	<input type="checkbox"/> Empaques	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gasa.</li> <li>➤ Alcohol al 70%</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 67. Inspección y limpieza del PLC

<b>EQUIPO: PLC</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: M</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 15min.</b>
<b>TAREA: Inspección de conexiones y limpieza</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente</li> <li>✓ Revisar el estado de los cables, empalmes y borneras</li> <li>✓ Limpiar en caso de existencia de impurezas</li> <li>✓ Conectar la máquina</li> <li>✓ Verificar la llegada de voltaje de alimentación requerido</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico</li> <li>➤ Cepillo de alambre</li> <li>➤ Voltímetro</li> <li>➤ Amperímetro</li> </ul>	<input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Taype.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Guantes quirúrgicos.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 68. Cambio de batería del PLC

<b>EQUIPO: PLC</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 3 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 20min.</b>
<b>TAREA:</b> <i>Cambio de batería del PLC</i>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantener el tablero energizado</li> <li>✓ El operario debe descargarse electroestáticamente tocando cualquier parte metálica o colocarse guantes antiestáticos.</li> <li>✓ Quitar la tapa y quitar la batería a reemplazar.</li> <li>✓ Colocar la nueva batería según corresponda.</li> <li>✓ Verificar el funcionamiento del PLC</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
➤ Maletín de herramientas de eléctrico	<input type="checkbox"/> Batería BB 1297 P/CPU	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guantes antiestáticos.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 69. Cambio del PLC

<b>EQUIPO: PLC</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 15 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 20min.</b>
<b>TAREA:</b> <i>Cambio del PLC.</i>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el tablero de control.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Identificar y marcar los cables de alimentación, entradas y salidas.</li> <li>✓ Desconectar el cableado del PLC, alimentación, entradas, salidas y comunicación.</li> <li>✓ Desmontar el PLC.</li> <li>✓ Colocar el nuevo PLC.</li> <li>✓ Conectar el PLC con sus entradas, salidas, alimentación y puerto de comunicación.</li> <li>✓ Alimentar el tablero de control.</li> <li>✓ Cargar la programación.</li> <li>✓ Realizar pruebas de funcionamiento.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico.</li> <li>➤ Multímetro.</li> </ul>	<input type="checkbox"/> PLC S7 1200 1214 AC/DC/RLY	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 70. Limpieza de la pantalla

<b>EQUIPO: HMI</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: D</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 10min.</b>
<b>TAREA: Inspección del sistema eléctrico</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar la máquina</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente</li> <li>✓ Rocíe un jabón líquido o espuma sobre una franela, nunca directamente sobre la pantalla</li> <li>✓ Limpiar la pantalla desde el borde hacia adentro.</li> <li>✓ No usar chorro de vapor, aire a presión, disolventes o detergentes agresivos</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico.</li> <li>➤ Voltímetro.</li> <li>➤ Amperímetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> La tarea no requiere de repuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Franela.</li> <li>➤ Anteojos de protección</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> <li>➤ Jabón líquido o espuma.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

Tabla 71. Cambio de la HMI.

<b>EQUIPO: PLC</b>		<b>PERSONAL: Mantenimiento</b>
<b>FRECUENCIA: 15 A</b>		<b>TIEMPO ESTIMADO: 20min.</b>
<b>TAREA: Cambio de la HMI.</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el tablero de control.</li> <li>✓ Desconectar y bloquear el sistema eléctrico.</li> <li>✓ Comprobar la ausencia de corriente.</li> <li>✓ Desconectar la alimentación y el cable de comunicación.</li> <li>✓ Desmontar la pantalla.</li> <li>✓ Montar la nueva pantalla.</li> <li>✓ Conexión de su alimentación y cable de comunicación.</li> <li>✓ Alimentar el tablero de control.</li> <li>✓ Cargar la programación.</li> <li>✓ Realizar prueba de funcionamiento.</li> </ul>		
<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>MATERIAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Maletín de herramientas de eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Batería BB 1297 P/CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guantes antiestáticos.</li> <li>➤ Usar equipos de seguridad personal.</li> </ul>

Fuentes: (Autores)

**4.2.5 Programación del mantenimiento para la máquina Envasadora IQ-1500.** La programación de mantenimiento para la envasadora en la Planta de Lácteos ESPOCH-Tunshi se lo realizó para el año 2016. Se tomó las frecuencias establecidas en las fichas de tareas de mantenimiento, tomando en cuenta la semana integral laborando 8 horas

diarias y con dos días de descanso en los que no hay producción. Ver anexo G.

**4.2.6 Solicitud de trabajo de mantenimiento (ST).** Es la petición de intervención en la máquina por presencia de una anomalía o fallo, son elaboradas por el personal de producción o de mantenimiento, deberán ser entregadas a las diferentes áreas de la empresa, para comunicar que se ha realizado la petición de trabajo.

La ST debe ser elaborada para cada tarea que se desee realizar por lo que solo se dejara como constancia el formato con un ejemplo detallando la forma en que deberá ser llenada, esto se realizara también para las órdenes de trabajo.

Tabla 72. Ejemplo de la solicitud de trabajo de mantenimiento.

		<b>PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI</b>	
<b>SOLICITUD DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>		<b>SOLICITUD N° ST-030</b>	
<b>PRIORIDAD:</b>	<b>Baja</b>	<b>Normal</b>	<b>Urgente</b>
<b>MÁQUINA/EQUIPO:</b> ELECTRO BOMBA SANITARIA		<b>CÓDIGO TÉCNICO:</b> PLE-PRO-LI- EBS01	
<b>TRABAJO A REALIZAR:</b> Realizar el cambio respectivo de rodamientos del motor de la electrobomba sanitaria.			
<b>SUGERENCIAS:</b>			
<b>Solicitado por:</b> Ing. Marco Manzano Cargo: Jefe de la planta de lácteos Fecha: 15-04-2016 Firma:		<b>Recibido por:</b> Ing. Patricio Villacres Fecha: 15-06-2016 Hora: 11:00 Firma:	<b>N° DE ORDEN DE TRABAJO ASIGNADA OT-030</b>

Fuentes: (Autores)

**4.2.7 Orden de trabajo de mantenimiento (OT).** Las órdenes de trabajo son documentos que especifican el trabajo que se va a realizar, así como toda una serie de datos que constituyen un registro de cada tarea efectuada y que posibilita un mejor control de los trabajos de mantenimiento. Una vez recibido el formulario de la solicitud de trabajo el área de mantenimiento deberá realizar la orden de trabajo para efectuar las intervenciones cuando lo considere oportuno.

Las órdenes de trabajo se emitirán tanto para realizar los distintos trabajos de mantenimiento programado y no programado que se presenten en la planta.

Tabla 73. Ejemplo de la orden de trabajo de mantenimiento parte frontal.

		<b>PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH-TUNSHI</b>					
<b>ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO N° 030 – ST 030</b>					<b>Fecha:</b>		
<b>Tipo de mantenimiento:</b>	<b>Preventivo:</b>		<b>Correctivo:</b>		<b>Otros:</b>		
<b>Prioridad:</b>	<b>Baja:</b>		<b>Moderada:</b>		<b>Urgente:</b>		
<b>Tipo de Servicio:</b>	<b>Externo:</b>			<b>Interno:</b>			
<b>TAREAS A REALIZAR:</b>							
<b>N°</b>	<b>Código téc.</b>	<b>Descripción de la tarea:</b>			<b>Te</b>	<b>Tr</b>	
01	PLE-PRO-LI-BOCT01	Cambio de rodamientos de la serie XXxx-xx			<b>60</b>		
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			<b>OBSERVACIONES DE SEGURIDAD:</b>				
Los rodamientos disponibles fueron de una marca distinta pero en la misma calidad.			Al momento de realizar la tarea se recomienda tener presente todas las medidas de seguridad y equipos de protección personal.				
<b>INFORME Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO</b>							
Se procede a la ejecución de la tarea “Cambio de rodamientos” en la serie XXxx-xx en la marca SKF.							
<b>REFERENCIAS:</b>							
<b>Te:</b>	Tiempo estimado en minutos.		<b>Tr:</b>	Tiempo Real en minutos.			
<b>EMISIÓN Y APROBACIÓN</b>			<b>ENTREGA Y RECEPCIÓN</b>				
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>		<b>Entrega:</b>		<b>Recibe:</b>	
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 74. Ejemplo de la orden de trabajo de mantenimiento parte posterior.

<b>REPUESTOS</b>						
<b>TAREA N°</b>	<b>CÓDIGO INTERNO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
01	PLE-PRO-LI- EBS01	Rodamientos de serie XXXX-xx	mm	4	1500	6000
<b>MATERIAL</b>						
<b>N°</b>	<b>CÓDIGO INTERNO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD REQUERIDA</b>	<b>CANTIDAD UTILIZADA</b>	<b>VARIACIÓN CANTIDAD</b>
1		Gasa	Lbs.	1	0,5	0,5
2		Grasa con 5% de molibdeno	Lbs.	0,5	0,25	0,25
3		Guantes quirúrgicos	unidades	2	2	Ninguno
<b>HERRAMIENTAS</b>						
<b>N°</b>	<b>CÓDIGO INTERNO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>		
1		Maletín de herramientas	Mm	1		
2		Engrasadora	cm3	1		
<b>INFORME Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO</b>						
<b>N°</b>	<b>INFORME</b>			<b>OBSERVACIONES</b>		
	Se cuenta con todo lo necesario con respecto a los repuestos que son rodamientos de la serie 6901ZZC3 se adquirió de la marca SKF de características similares a los usadas habitualmente y también se cuenta con las herramientas necesarias para la elaboración de la actividad.			Se observó que los rodamientos requieren grasa.		

Fuentes: (Autores)

#### 4.3 Condiciones de funcionamiento de la máquina envasadora IQ-1500 antes y después de la adaptación del sistema de automatización.

Una vez adaptado el sistema de automatización se realizarán comparaciones entre la manera que ha venido operando la máquina desde su adquisición versus el nuevo sistema, para evidenciar las mejoras obtenidas en cuanto a sus características. Se han enfocado las

comparaciones en los problemas por los cuales se optó realizar el presente proyecto, tales como las complicaciones para cambiar de presentación de 1, ½ y ¼ de litro, la dificultad para la adquisición de los datos estadísticos de producción, la inexactitud de volúmenes presentes en los productos, el deficiente sistema de sellado y el cableado inadecuado con el cual funcionaba la máquina. A continuación se presentan tablas en las cuales se detalla de mejor manera los problemas que presentaba la máquina envasadora.

Tabla 75. Condiciones de funcionamiento que presentaba el sistema mecánico antes de la adaptación del sistema de automatización.

<b>SISTEMA MECÁNICO</b>	
<p>El rango de tiempo empleado en la regulación del tamaño de funda requerido es de 15 a 20 minutos por lote de producción, ya que esto se lo realiza de manera manual. Además el tamaño de funda varía para cada calibración debido a la inexistencia de una escala o marcas que permitan una regulación exacta.</p>	
<p>Para la regulación del volumen requerido que se envasará, el tiempo invertido es de 20 a 25 minutos por lote de producción, ya que esto se lo realiza de manera manual. Además el volumen varía en cada calibración debido a la apreciación del operario.</p>	
<p>Por la difícil accesibilidad la palanca que permite el inicio de la dosificación, se rompe al ser manipulada de una manera brusca lo cual conlleva a paros forzosos de producción.</p>	
<p>Por el deterioro de los teflones térmicos en la selladora vertical, se producía un sobrecalentamiento en las fundas y posterior destrucción de las mismas, también debido a una mala regulación de los tensores, el sellado se realizaba de manera oblicuo en lugar de vertical conllevando a un reprocesamiento del producto.</p>	
<p>La selladora horizontal presentaba problemas al momento del corte debido a la falta de regulación en los tensores, el corte que se realizaba no era continuo, por lo cual se necesita volver a procesar el producto</p>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 76. Condiciones de funcionamiento que presentaba el sistema eléctrico antes de la adaptación del sistema de automatización.

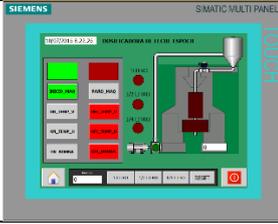
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	
<p>Cableado inadecuado Cables sueltos Falta de apriete en las borneras</p>	
<p>Falta de protecciones eléctricas adecuadas.</p>	

Fuentes: (Autores)

Ya que se ha explicado de forma detallada los problemas que presentaba la máquina a continuación se procederá a detallar las mejoras que se han obtenido a través de la adaptación del sistema propuesto.

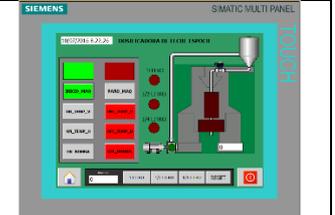
Al principio se planteó la automatización del sellado de la máquina ya que presentaba los problemas expuestos en la tabla anterior, pero durante el diagnóstico de la máquina realizado en el capítulo 3 se determinó que los problemas en cuanto al sellado eran producidos por la falta de mantenimiento en éste, los cuales fueron corregidos mediante un tensado y cambio del material térmico utilizado en las selladoras, razón por la cual no se adaptó un sistema automatizado para el sellado. Las tablas a continuación muestran las características del nuevo sistema.

Tabla 77. Condiciones de funcionamiento del sistema mecánico posterior a la adaptación del sistema de automatización.

<b>SISTEMA MECÁNICO</b>	
<p>El rango de tiempo empleado en la regulación del tamaño de funda requerido es de 1 segundo por lote de producción, ya que esto se lo realiza de manera automática. Además el tamaño de funda no sufre variaciones debido al sistema de control de avance de funda.</p>	
<p>Para la regulación del volumen requerido que se envasará, el tiempo invertido es de 1segundo por lote de producción, ya que esto se lo realiza mediante un pulso en la pantalla del tablero de control, el cual activa una electroválvula encargada de la dosificación. La electroválvula es un dispositivo de precisión por el cual se dosifica un volumen constante.</p>	
<p>Gracias a la adaptación de un sistema automatizado se reemplazó la utilización de la palanca que permitiría el inicio de la dosificación por un sensor inductivo,</p>	
<p>Se realizó el cambio de los teflones térmicos en la selladora vertical, además por medio de una correcta regulación de los tensores, el sellado que se realizaba de manera oblicua ahora está alineado verticalmente, permitiendo un correcto sellado, esto se traduce en la eliminación de productos defectuosos, evitando el reprocesamiento del producto.</p>	
<p>El correcto tensado en la selladora horizontal permite un adecuado corte esto conlleva a la eliminación de productos defectuosos evitando su reprocesamiento.</p>	

Fuentes: (Autores)

Tabla 78. Condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico y control posterior a la adaptación del sistema de automatización..

<b>SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL</b>	
<p>Cableado adecuado Buen apriete en las borneras</p>	
<p>Protecciones eléctricas adecuadas.</p>	
<p>diagramas de control y potencia</p>	
<p>Se implementó un contador digital para el Conteo de la producción y facilitar el control estadístico para los encargados de la planta</p>	

Fuentes: (Autores)

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1 Conclusiones.**

Después de un análisis del proceso de envasado con el que se venía trabajando en la planta, se pudo llegar a un mejor entendimiento del mismo y evidenciar fallos como la irregularidad en la dosificación de sus volúmenes, en el sellado y dificultades para la regulación de los tamaños de funda requeridos.

Se identificó la tecnología adecuada para el proceso de envasado de leche mediante su diagnóstico, con el cual se evidenció la necesidad de equipos para el control y monitoreo de los actuadores y sensores, que se requieren para la adaptación del sistema.

La selección de los componentes para la automatización de la máquina, se la realizó en función de los requerimientos obtenidos durante el desarrollo del presente proyecto, eligiéndose los que mejor se adapten al sistema y que presten alta calidad y un costo accesible.

Mediante las pruebas de funcionamiento en el sistema de automatización adaptado se demostró que los tiempos para la calibración en cuanto a volúmenes y tamaños de fundas es mucho menor a los que se venían manejando, además los productos finales presentan un correcto sellado y un corte limpio así como volúmenes exactos para cada presentación de un litro, medio litro y cuarto de litro.

Se elaboró el manual de mantenimiento de la máquina tomando en cuenta los conocimientos adquiridos durante la formación académica, además de los criterios de los técnicos que colaboran en el área de mantenimiento con lo cual se obtuvo una base de datos para el mantenimiento así como para las diferentes fichas técnicas, tareas, procedimientos y frecuencias para la realización de las mismas y finalmente su programación.

Se adaptó con éxito el sistema de automatización a la máquina teniendo resultados muy satisfactorios en rendimiento del proceso productivo, evitando que la modificación del

sistema de dosificación y avance de funda se lo realice con la intervención del operario en la mecánica de la máquina, se mejoró la mantenibilidad, además se realizó un mantenimiento correctivo a dispositivos de sellado vertical y horizontal resolviendo los problemas que presentaba el sistema de sellado.

## **5.2 Recomendaciones**

El técnico encargado de la planta de lácteos deberá leer el manual de usuario previo a la utilización de la máquina.

Capacitar a cualquier persona que vaya a interactuar con la máquina, para evitar fallos por manipulación o des calibración de parámetros de funcionamiento.

Respetar las frecuencias establecidas de mantenimiento para preservar la vida útil de los equipos.

Para una mayor independencia del operario y el proceso se puede enlazar los equipos de pasteurización y el de envasado mediante sus controladores lógicos.

Por seguridad del personal se recomienda utilizar voltajes apropiados para el circuito de mando de las máquinas existentes en las plantas, ya que en la actualidad están trabajando con un voltaje de 220Vca. tanto en el circuito de mando como en el de potencia.

Para el monitoreo de los equipos se recomienda la instalación de pantallas en los puestos de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALAIS, C.** *Ciencia de la leche principios de técnica lechera*. 12ª ed. México: Centinela S.A., 1998.

**ALAIS, Charles.** *Ciencia de la leche principios de técnica lechera*. Décimo Segunda. México : Centinela S.A., 1998.

**ALBERTOS CARRERA, Miguel Ángel.** 2012. *El mantenimiento industrial desde la experiencia*. Valladolid-España : Secretariado de Publicaciones e intercambio Editorial, 2012. 978-84-8448-664-0.

**CARROBLES MAESO, Marcial, RODRÍGUEZ GARCÍA, Félix y MARTÍN HERNÁNDEZ, María de los Ángeles.** 2002. *Manual de Mecánica Industrial. Autómatas y robotica III*. Madrid : Editorial Cultural, S.A, 2002. Vol. III. 84-8055-284-0.

**CLLONI, Juan Carlos.** 2007. *Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeña y medianas empresas*. Buenos Aires : Nobuko, 2007. págs. 11,17,18.19.

**CREUS SOLÉ, Antonio.** 2010. *Instrumentación industrial*. Octava. México D.F. : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2010. ISBN: 978-607-707-042-9.

**DANERI, Pablo.** 2008. *PLC, Automatización y control industrial*. BuenosAires : Hispano Americana S.A., 2008. ISBN 978-950-528-296-8.

**DAVIDRC.** 2009. *Automatización industrial mediante PLCs*. [En línea] 14 de Enero de 2009. [Citado el: 26 de Enero de 2015.] <https://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/ventajas-y-desventajas/>.

**gallegos.**

**GARCÍA HIGUERA, Andrés.** 2005. *El control automático en la industrial*. Cuenca : Universidad de Castilla-La Mancha, 2005. págs. 17,21,23,24. ISBN 84-8427-405-5.

**GIL HERNÁNDEZ, Ángel y RUÍZ LÓPEZ, María Dolores.** 2010. *Tratado de nutrición*. Madrid : Médica Panamericana, 2010. ISBN 978-84-9835-347-1.

**MULLER, Wolfgang y Otros.** 1984. *Electrotecnia de Potencia curso superior*. Barcelona : Reverté, 1984. 84-291-3455-7.

**NTE INEN-ISO 21067. 2013.** Envase y embalaje. Vocabulario (IDT). Primera. 2013.

**PIEDRAFITA MORENO, Ramón. 2004.** *Ingeniería de la AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*. Segunda. Madrid : RA-MA Editorial, 2004. ISBN:84-7897-604-3.

**SIEMENS. 2005.** Siemens. [En línea] 5 de 08 de 2005. [Citado el: 11 de 01 de 2016.] [http://www.setecindca.com/descargas/hmi\\_siemens/Simatic\\_hmi\\_2005.pdf](http://www.setecindca.com/descargas/hmi_siemens/Simatic_hmi_2005.pdf).

**SOLBES MONZÓ, Raúl. 2014.** *Automatismos industriales (Contenidos conceptuales y procedimentales)*. Valencia : Nau Llibres, 2014. págs. 65,68.

**VEISSEYRE, Roger. 1980.** *Lactología Técnica*. Segunda. España : Acribia, 1980.

**VILANOVA ARBÓS, Ramon y PONS ASENSIO, Pere. 2005.** *Automatización de procesos mediante la Guía GEMMA*. primera. Barcelona : Edicions UPC, 2005. págs. 11,12.

