



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE  
UNA MÁQUINA PARA ENVOLTURA DE CARAMELOS**

**AUTOR: CHUGÁ PULLOPAXI JAIME SANTIAGO**

**TUTOR: Mg. FLAVIO DAVID MORALES ARÉVALO**

**QUITO- ECUADOR**

**AÑO: 2018**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

El abajo firmante, en calidad de estudiante de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, declaro que los contenidos de este Trabajo de Titulación requisito previo a la obtención del Grado de Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones, son absolutamente originales, auténticos y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito D.M.13 de Agosto del 2018

.....

Jaime Santiago Chugá Pullopaxi

C.I.: 1722365929

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENVOLTURA DE CARAMELOS**”, presentado por el Sr. Jaime Santiago Chugá Pullopaxi, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. 13 de Agosto del 2018

TUTOR

.....

Ing. Flavio Morales Arévalo, Mg

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme realizar mis sueños  
he ir culminando etapas y logros en mi vida,  
A mis padres Jaime y Teresa, también a mi  
hermana Sofia por ser el pilar fundamental  
en toda mi vida y brindarme su apoyo  
incondicional durante todas las etapas de mi vida.

Al Ing. Vladimir Hidalgo que en paz descanse y  
al Tlgo. Jaime Rodríguez por permitirme  
desarrollar profesionalmente y forjar el conocimiento  
día a día con proyectos como el desarrollado en este documento.

A la Universidad Israel y sobre todo al Ing. Flavio Morales Mg.  
por su dedicado apoyo y colaboración para el desarrollo  
de este documento final de titulación.

A la Ing. Susana Bustos por su invaluable apoyo durante el tiempo  
que he trabajado con ella, brindándome las facilidades  
respectivas para llegar a la culminación de esta meta,  
sabiendo comprender la dificultad que representa  
el trabajar y estudiar al mismo tiempo.

**JAIME SANTIAGO CHUGÁ PULLOPAXI**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado con todo el cariño para mis padres

Jaime y Teresa también para mi hermana Sofía  
que el esfuerzo que han realizado durante todos estos  
años se vea recompensado con el Título Profesional  
de tan digna y honorable institución.

También está dedicado a la memoria del entrañable jefe,

Ing. Vladimir Hidalgo (+) gracias a su valioso  
apoyo se hizo posible el desarrollo de este proyecto.

**JAIME SANTIAGO CHUGÁ PULLOPAXI**

## TABLA DE CONTENIDO

### ÍNDICE

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
TABLA DE CONTENIDO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE TABLAS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	21
Antecedentes de la situación objeto de estudio .....	21
Planteamiento del problema .....	21
Justificación del problema .....	22
Objetivos: .....	23
General.....	23
Específicos.....	23
Alcance .....	24
Descripción de Capítulos.....	26
CAPÍTULO 1 .....	28
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	28

1.1.	Antecedentes de las máquinas de caramelos .....	28
1.2.	Marco Teórico Técnico .....	30
1.2.1.	Control y Automatización Industrial .....	30
1.2.2.	Sistemas de control y automatización industrial.....	31
1.2.3.	Ventajas del Control y Automatización Industrial .....	33
1.2.4.	Impacto Social del Control y Automatización Industrial .....	33
1.2.5.	Enfoque Actual del Control y Automatización Industrial .....	33
1.2.6.	Herramientas de Automatización.....	34
1.2.7.	Tipos de Control .....	35
1.2.7.1.	Control Dos Posiciones (ON-OFF). .....	36
1.2.7.2.	Control Proporcional (P). .....	37
1.2.7.3.	Control Proporcional-Integral (PI). .....	38
	Figura 1. 10 Control Proporcional-Integral de Temperatura.....	38
1.2.7.4.	Control Proporcional-Derivativo (PD). .....	38
1.2.7.5.	Control Proporcional Integral-Derivativo (PID). .....	39
1.3.	Alimentación de Energía Eléctrica Principal.....	41
1.3.1.	Dispositivo de Conexión - Clavija Trifásica.....	42
1.4.	Transformador .....	43
1.5.	Elementos y Dispositivos de Control y Automatización.....	43
1.5.1.	Motores .....	43
1.5.1.1.	Motor de corriente continua (DC) .....	44
1.5.1.2.	Motor de corriente alterna (AC) .....	44

1.5.1.2.1.	Motor con jaula de ardilla.....	44
1.6.	Dispositivos de Mando (Pulsadores, Selectores y Botoneras) .....	45
1.7.	Sensores .....	47
1.7.1.	Sensores de Temperatura .....	47
1.7.1.1.	PT 100 .....	48
1.7.1.2.	Principio de funcionamiento.....	48
1.7.1.3.	Ventajas del PT 100.....	48
1.7.1.4.	Conexión de la PT 100. ....	49
1.7.1.5.	Conexión con tres hilos. ....	49
1.7.2.	Sensores Fotoeléctricos.....	49
1.7.3.	Sensor de Contraste (Taca) Visolux .....	50
1.8.	Contactores .....	51
1.8.1.	Contactador EATON .....	51
1.8.2.	Controlador de Motor – Inversor de Secuencia de Giro de Motor .....	52
1.8.3.	Relé de estado sólido .....	53
1.8.3.1.	Especificaciones del relé de estado sólido SSR-40AA .....	54
1.8.4.	Relé Siemens PT370024 .....	55
1.9.	Variador de Frecuencia.....	56
1.9.1.	Características de Funcionamiento .....	57
1.9.2.	Ventajas del uso de Variador de Frecuencia.....	57
1.9.3.	Desventajas del uso de Variador de Frecuencia .....	58
1.10.	Principales Parámetros y Variables de Control Industrial .....	60

1.10.1.	Medición de Temperatura.....	60
1.11.	Control de Temperatura .....	61
1.11.1.	Especificaciones: .....	62
1.12.	Resistencias Calefactoras de Sellado .....	63
1.13.	Trompo De Transmisión de contacto eléctrico rotativo MERCOTAC .....	64
1.13.1.	Diseño de un conector rotativo Mercotac:.....	65
1.14.	Unidad de mantenimiento de aire comprimido.....	67
1.15.	Electroválvulas Neumáticas 5/2.....	68
1.16.	Medición de Velocidad y Posición .....	70
1.16.1.	Encoder Hohner .....	70
1.17.	Fuente de Alimentación DC .....	71
1.18.	Controlador Lógico Programable .....	72
1.18.1.	PLC Siemens Simatic 1200 .....	72
1.18.2.	Módulos Digitales y Analógicos .....	74
1.18.2.1.	Módulos Digital de Entradas y Salidas 1223 DC/DC .....	74
1.18.2.2.	Módulos de entradas Analógicas SM 1231 AI.....	75
1.18.2.3.	Módulos de Salidas Analógicas SM 1232 AQ .....	77
1.19.	Comunicación Profinet .....	78
1.19.1.	Características de la Comunicación Profinet.....	78
1.20.	Interfaz Hombre Máquina HMI.....	79
1.20.1.	Funciones Principales de una pantalla HMI.....	80
1.21.	Pantalla HMI TouchWin Xinje.....	81

1.22.	Software de Programación TIA PORTAL (Totally Integrated Automation) .....	83
1.22.1.	Vista del Portal en el software TIA Portal.....	84
1.22.2.	Vista del Proyecto en el Software TIA Portal .....	86
1.23.	Software TouchWin para configuración de pantalla .....	88
1.23.1.	Vista del proyecto en el software TouchWin .....	89
CAPÍTULO 2 .....		90
2.	MARCO METODOLÓGICO .....	90
2.1.	Metodología.....	90
2.1.1.	Técnicas de recolección de información.....	90
2.1.1.1.	Técnica inicial de fuentes virtuales. ....	90
2.1.1.2.	Técnica complementaria de medición. ....	91
2.1.2.	Variables .....	91
2.1.2.1.	Variables independientes.....	91
2.1.2.2.	Variables dependientes.....	91
2.2.	Metodología del proceso investigativo.....	91
CAPÍTULO 3 .....		93
3.	PROPUESTA.....	93
3.1.	Diagrama General.....	93
3.1.1.	Descripción Módulos .....	94
3.1.1.1.	Módulo 1 - Selección de materia prima.....	94
3.1.1.2.	Módulo 2 – Organización de materia prima.....	95
3.1.1.3.	Módulo 3 – Envoltura Longitudinal .....	97

3.1.1.4.	Módulo 4 – Envoltura Transversal .....	99
3.1.1.5.	Módulo 5 – Cortado de Papel .....	99
3.1.1.6.	Módulo 6 – Organización Producto terminado .....	100
3.2.	Diseño de Hardware .....	101
3.3.	Diseño de Software.....	104
3.3.1.	Aspectos Técnicos de Dispositivos Propuestos .....	106
3.3.1.1.	PLC siemens S7-1200 .....	106
3.3.1.2.	Pantalla de interfaz TouchWin .....	107
3.3.1.3.	Variadores de frecuencia .....	108
3.3.1.4.	Encoder Hohner .....	108
3.3.1.5.	Sensores fotoeléctricos Sick .....	110
3.3.1.6.	Termocupla tipo J .....	111
3.4.	Descripción del Proyecto.....	111
3.5.	Análisis de Costos .....	113
3.6.	Análisis de Tiempos .....	115
3.7.	Ventajas del Producto.....	118
CAPÍTULO 4 .....		119
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	119
4.1.	Desarrollo .....	119
4.1.1.	Diseño de Hardware.....	119
4.1.1.1.	Circuito de Control, Relés .....	120
4.1.1.2.	Circuito de Control y Circuito de Potencia .....	122

4.1.1.2.1.	Cálculos de Conductores eléctricos.....	122
4.1.1.2.2.	Diagrama del Circuito de Potencia.....	125
4.1.1.3.	Nomenclatura en borneras y panel de mando.....	127
4.1.1.4.	Circuito de Potencia de Resistencias de Sellado .....	127
4.1.1.5.	Circuito de Control de Vibrador de Producto.....	127
4.1.1.6.	Diseño del Tablero Principal, Panel HMI, Panel de Operador.....	131
4.1.1.7.	Implementación de Hardware.....	134
4.1.2.	Diseño de Software .....	136
4.2.	Implementación del proyecto .....	137
4.2.1.	Implementación del circuito de Control y Relés. ....	140
4.2.2.	Implementación del circuito de Potencia.....	140
4.2.3.	Implementación de Nomenclatura de Identificación .....	141
4.2.4.	Implementación de sistema de temperatura en Mordazas y Rodillos.....	142
4.2.5.	Implementación de circuito de Control de Vibrador .....	143
4.2.6.	Resultado Final de la Implementación Terminada .....	144
4.3.	Pruebas de Funcionamiento.....	147
4.3.1.	Acciones requeridas para corrección de fallas.....	152
4.4.	Análisis de Resultados.....	158
	CONCLUSIONES.....	160
	RECOMENDACIONES .....	161
	Referencias Bibliográficas.....	162
	ANEXOS.....	165

ANEXO 1.- MANUAL DE USUARIO .....	166
ANEXO 2.- MANUAL TÉCNICO .....	176
ANEXO 3.- CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO .....	186
ANEXO 4.- DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN, ANTI PLAGIO.....	188

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Proceso de Fabricación de Caramelos.....	28
Figura 1. 2 Envoltura Manual de caramelos.....	29
Figura 1. 3 Máquina moderna para envoltura de caramelos.....	30
Figura 1. 4 Imagen de Control y Automatización Industrial.....	31
Figura 1. 5 Diagrama de Bloques para Diagrama de Control y Automatización.....	32
Figura 1. 6 Diagrama de bloques ilustrativo de control y automatización.....	32
Figura 1. 7 Elementos Principales de Control.....	36
Figura 1. 8 Control ON-OFF de Temperatura.....	36
Figura 1. 9 Control Proporcional de Temperatura.....	37
Figura 1. 10 Control Proporcional-Integral de Temperatura.....	38
Figura 1. 11 Acción de control Proporcional-Derivativo de Temperatura.....	39
Figura 1. 12 Acción de control Proporcional Integral y Derivativo de Temperatura.....	40
Figura 1. 13 Símbolos de los tres tipos de Controles .....	40
Figura 1. 14 Ruido a la entrada de la señal.....	40
Figura 1. 15 Salida del controlador PID .....	41
Figura 1. 16 Control PI.....	41
Figura 1. 17 Clavija Trifásica de Conexión principal .....	42
Figura 1. 18 Transformador estabilizador de energía alterna.....	43
Figura 1. 19 Motor trifásico jaula de ardilla.....	45
Figura 1. 20 Pulsadores de Mando y Control .....	46
Figura 1. 21 Panel de Mando operativo en máquinas industriales .....	47
Figura 1. 22 Sensor PT 100 .....	48
Figura 1. 23 Conexión a tres hilos en una PT100.....	49
Figura 1. 24 Sensores Fotoeléctrico e Inductivo .....	50

Figura 1. 25 Sensor de Contraste Visolux .....	51
Figura 1. 26 Contactores EATON .....	52
Figura 1. 27 Controlador de Secuencia de Giro .....	53
Figura 1. 28 Relé de estado sólido.....	55
Figura 1. 29 Relé Siemens PT370024 .....	56
Figura 1. 30 Variadores de Velocidad .....	60
Figura 1. 31 Circuito de bloques de un control de temperatura de lazo doble .....	61
Figura 1. 32 Control de Temperatura Delta DTB.....	63
Figura 1. 33 Resistencias Calefactoras .....	64
Figura 1. 34 Conectores Rotativos Mercotac .....	66
Figura 1. 35 Estructura de instalación del conector rotativo .....	67
Figura 1. 36 Unidad de mantenimiento neumática.....	68
Figura 1. 37 Diagrama unifilar de una electroválvula neumática.....	69
Figura 1. 38 Electroválvula Neumática .....	69
Figura 1. 39 Encoder Hohner .....	70
Figura 1. 40 Fuente de Voltaje VDC Omron S8VS .....	71
Figura 1. 41 Partes Principales de un PLC Siemens Simatic S7-1200.....	73
Figura 1. 42 Controlador Lógico Programable CPU 1214C DC/DC/DC .....	74
Figura 1. 43 Módulo digital 1223 DC/DC.....	75
Figura 1. 44 Módulo de entradas analógicas 1231 AI utilizado en el proyecto .....	76
Figura 1. 45 Módulo de salidas analógicas 1232 AQ.....	77
Figura 1. 46 Representación gráfica del puerto Profinet en una CPU S7-1200 .....	78
Figura 1. 47 Pantalla TouchWin Xinje.....	82
Figura 1. 48 Pantalla HMI .....	83
Figura 1. 49 Vista del portal del Software TIA Portal.....	85

Figura 1. 50 Vista del proyecto del Software TIA Portal.....	86
Figura 1. 51 Diagrama de flujo del funcionamiento del Software TouchWin .....	88
Figura 1. 52 Vista del Proyecto del Software TouchWin.....	89
Figura 3. 1 Diagrama general del empaquetado de caramelos.....	93
Figura 3. 2 Organización de materia prima para envolver caramelos .....	94
Figura 3. 3 Proceso de depósito y caída de los caramelos.....	95
Figura 3. 4 Elementos necesarios para control de caída de caramelos.....	96
Figura 3. 5 Proceso de control del sensor Fotoelectrico.....	96
Figura 3. 6 Control de cepillos y orificios para ubicación de caramelos individuales.....	97
Figura 3. 7 Banda que transporta los caramelos al módulo 3.....	97
Figura 3. 8 Rodillos para proceso de sellado longitudinal .....	98
Figura 3. 9 Control de rodillos y mordazas para sellado de caramelos.....	98
Figura 3. 10 Mordazas para sellado transversal. ....	99
Figura 3. 11 Mordazas para corte de papel.....	100
Figura 3. 12 Producto terminado después de todo el proceso .....	100
Figura 3. 13 Módulos de Control de la máquina de envoltura de caramelo.....	102
Figura 3. 14 Diagrama de los elementos principales de hardware .....	103
Figura 3. 15 Diagrama de bloques de control para desarrollo de software .....	105
Figura 3. 16 Características principales de un PLC SIEMENS S7-1200.....	106
Figura 3. 17 Pantalla HMI obsoleta de la máquina antigua.....	107
Figura 3. 18 Variadores de Frecuencia obsoletos de la máquina antigua.....	108
Figura 3. 19 Encoder Hohner obsoleto de la máquina antigua.....	109
Figura 3. 20 Sensor Fotoeléctrico obsoleto de la máquina antigua.....	110
Figura 3. 21 Termocupla tipo J obsoleta de la máquina antigua .....	111
Figura 3. 22 Costos de producción para máquina de envoltura de caramelo.....	113

Figura 3. 23 Tiempos estimados para finalización del proyecto. ....	117
Figura 4. 1 Plano del Circuito de Control y Relés.....	121
Figura 4. 2 Cuadro estandarizado de calibres de conductor .....	124
Figura 4. 3 Plano del Circuito de Potencia .....	126
Figura 4. 4 Plano de Nomenclatura en Borneras y Panel de Mando .....	128
Figura 4. 5 Plano del Circuito de Potencia de Resistencias de Sellado.....	129
Figura 4. 6 Circuito de control del Vibrador de Producto .....	130
Figura 4. 7 Medidas para la Implementación de Tablero de Control Principal .....	132
Figura 4. 8 Medidas para Implementación de Paneles de mando HMI y Operador .....	133
Figura 4. 9 Diseño del Tablero Principal, Paneles de Mando HMI y Operador. ....	135
Figura 4. 10 Diagrama de flujo para el proceso de envoltura.....	136
Figura 4. 11 Máquina de envoltura de caramelos en abandono .....	137
Figura 4. 12 Tablero de control principal obsoleto. ....	137
Figura 4. 13 Estado del plato giratorio. ....	138
Figura 4. 14 Tablero de control de mordazas y rodillos.....	138
Figura 4. 15 Tablero de control y automatización.....	139
Figura 4. 16 Cables de conexiones de contactores. ....	139
Figura 4. 17 Relés principales y auxiliares utilizados en el proyecto.....	140
Figura 4. 18 Panel de Interfaz de Control.....	141
Figura 4. 19 Nomenclatura de Borneras Principales y Marquillado General.....	141
Figura 4. 20 Controles de Temperatura, resistencias calefactoras. ....	142
Figura 4. 21 Circuito de control del Vibrador de Producto .....	143
Figura 4. 22 Máquina envoltura de caramelos luego de la implementación .....	144
Figura 4. 23 Tablero de Control luego de la implementación .....	144
Figura 4. 24 Nueva botonera principal de control de operador .....	145

Figura 4. 25 Nuevo panel de control de mordazas, rodillos, cepillos y corte de papel. ....	145
Figura 4. 26 Pantalla TOUCHWIN de automatización y control.....	146

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Metodología de la investigación.....	92
Tabla 2 Cotización 1 de costos de producción y mantenimiento. ....	114
Tabla 3 Cotización 2 de costos de producción y mantenimiento. ....	114
Tabla 4 Detalle de Conexiones de Entradas y Salidas en PLC Siemens.....	120
Tabla 5 Estudio de Carga de los Equipos del Tablero Principal .....	122
Tabla 6 Pruebas de Funcionamiento Preliminares .....	149
Tabla 7 Corrección de Errores en Pruebas Finales de Funcionamiento .....	155
Tabla 8 Análisis Comparativo .....	158

## RESUMEN

La constante evolución de la tecnología basada en componentes eléctricos y electrónicos ha permitido que en la última década los sistemas de automatización y control tomen fuerza y sean capaces de poner en funcionamiento máquinas que se encuentran en completo abandono y funcionalmente obsoletas.

Es por esto, que el presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal realizar la optimización de una máquina de envoltura de caramelos, la rehabilitación de la parte eléctrica y electrónica en la totalidad de sus funciones, que mejora el rendimiento y eficiencia que desempeñará la máquina de producción industrial al momento de su entrega.

Mediante el estudio y necesidades que se presenta para realizar las funciones de la máquina y desarrolle la envoltura de caramelos es necesario la implementación de un PLC Siemens 1200 que mediante el diseño establecido es capaz de controlar y acoplar diversos dispositivos eléctricos, electrónicos, de seguridad, control, sensado y actuación.

Las competencias comerciales dentro de las empresas industriales en las que su producción principal son los confites hacen indispensable la necesidad de automatizar la maquinaria que está destinada a la envoltura del producto terminado que en este caso es el caramelo, por ende y en vista de optimizar los procesos de producción se visualiza la mejor manera de obtener la mayor cantidad de mercado con un producto de calidad, la empresa de confites tiene el requerimiento del mercado, el mismo que le representa la necesidad de producción al por mayor, por esto se hizo de vital importancia tener una máquina para envoltura de caramelo que les ofrezca el servicio que necesitan en cuanto a volumen de producción, calidad de producto terminado, rapidez en ejecución del proceso, eliminación de pérdidas de desperdicios ya sea en producto o en envoltura, abaratar costos de mano de obra con el fin de evitar la envoltura manual de caramelo.

Para lograr el propósito que se ha planteado se implementa un tablero de control principal que va a realizar todo el trabajo de la máquina, debido a que en esta parte central de la misma está ubicada la interfaz HMI de operador-máquina que permite realizar todas las calibraciones respectivas mediante la pantalla in-touch.

**PALABRAS CLAVES:** 1.- Envoltura de Caramelo, 2.- PLC Siemens 1200, 3.- Tablero de Control, 4.- TouchWin, 5.- Eurosicma.

## ABSTRACT

The constant evolution of the technology based on electrical and electronic components has allowed in the last decade the automation and control systems to take force and be able to put into operation machines that are completely abandoned and functionally obsolete.

It is for this reason that the main purpose of the present titration project is to optimize a candy wrapper, the rehabilitation of the electrical and electronic part in all its functions, improving the performance and efficiency of the machine. industrial production at the time of delivery.

Through the study and needs that is presented to perform the functions of the machine and develop the candy wrapper it is necessary to implement a Siemens 1200 PLC that through the established design can control and coupling various electrical, electronic, security devices, control, sensing and acting.

The commercial competitions within the industrial companies in which their main production are the candies make indispensable the necessity to automate the machinery that is destined to the wrapping of the finished product that in this case is the caramel, therefore and in view of optimizing the production processes visualize the best way to obtain the greatest quantity of market with a quality product, the company of candies has the requirement of the market, the same one that represents the need for wholesale production, for this reason it became vital importance to have a caramel wrapping machine that offers them the service they need in terms of volume of production, quality of finished product, speed in execution of the process, elimination of waste losses either in product or in wrapping, lower costs of hand of work in order to avoid manual candy wrap.

To achieve the purpose that has been raised a main control board is implemented that will perform all the work of the machine, because in this central part of it is located the operator-machine HMI interface that allows all the respective calibrations by means of the in-touch screen as well as the control panel, where the start and stop buttons of all the devices predominate.

**KEY WORDS:** 1.- Caramel Wrapper, 2.- Siemens 1200 PLC, 3.- Control Board, 4.- TouchWin, 5.- Eurosicma.

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes de la situación objeto de estudio**

El mercado actual en lo que se refiere a confites ha generado en las empresas de producción de esta línea de alimentos la necesidad imperiosa de mejorar los procesos, lo cual obligatoriamente hace que dichas empresas inviertan capital no solo en recurso humano sino también en maquinaria industrial que mediante la tecnología logra mantener a la vanguardia los procesos automatizados.

Si se hace una analogía entre maquinaria local y una maquinaria importada para el desarrollo de este tipo de producción industrial se puede notar claramente que el costo de la maquinaria importada es sumamente elevado por razones de costos de importación, impuestos y aranceles que suman al valor final de la máquina.

En el presente proyecto se cuenta con la estructura metálica de lo que fue una máquina para envoltura de caramelos; que al momento se encuentra en un estado deplorable y en desuso, debido a que dejó de funcionar hace varios años atrás.

Los resultados que se pretenden obtener con este proyecto son la automatización de dicha máquina con el diseño e implementación de dispositivos eléctricos y electrónicos dispuestos de tal manera que la máquina vuelva a desempeñar todas las funciones en lo que se refiere a su rendimiento y eficiencia.

Mediante el desarrollo de este proyecto la fábrica de producción de caramelos logrará obtener un elevado beneficio en cuanto a costos de maquinaria, debido a que al invertir en la rehabilitación de una máquina implica el desarrollo en hardware y software que tiene como resultado una máquina para envoltura de caramelos nueva en la parte de implementación eléctrica y electrónica dispuesta a cubrir la producción que requiera la empresa obviamente que con un valor económico reducido comparado con una máquina comprada nueva en su totalidad.

### **Planteamiento del problema**

En la actualidad es de vital importancia automatizar los procesos industriales en fábricas de producción industrial, de tal manera que con este proyecto de titulación se logra ubicar tecnológicamente en competencia con otras empresas de similar producción, debido

a que un proceso manual representa cuantiosas pérdidas económicas en tiempo de producción, es decir, la prioridad de las pequeñas y medianas empresas tiene que ser mejorar el desempeño de los procesos de manufactura, esto se consigue con el apoyo a estudiantes que se encuentran en constantes desarrollos de sistemas de automatización y control con proyectos innovadores que desarrollan las destrezas adquiridas durante el tiempo de estudio.

El tener al menos una máquina para envolver caramelo en desuso desde hace muchos años ha ocasionado pérdidas económicas, debido que no se reemplazó la máquina por ninguna otra, únicamente se la saco de servicio, este inconveniente generó pérdidas cuantiosas debido a que los kilos de producción de caramelo envuelto como producto terminado disminuyeron.

En vista de la necesidad de optimizar tiempos, costos e incrementar la producción es necesaria la rehabilitación de esta máquina, mediante el diseño adecuado de un programa que realice todas las funciones predeterminadas para tener un producto terminado de calidad con sellado, corte, largo de papel, centrado de logotipos y todo lo que concierne a un producto de primera calidad para consumo comercial.

De igual manera con este proyecto se pretende resolver el desabastecimiento que tiene la producción debido a que con las máquinas que posee el cliente en la actualidad no logra obtener la producción necesaria.

### **Justificación del problema**

El proyecto permite automatizar los sistemas de control de varios dispositivos electrónicos, de tal manera que, bajo una configuración y programación previa, trabajen de forma sincronizada y así lograr el objetivo principal, el cual consiste en poner en marcha el funcionamiento total de la máquina de envoltura de caramelos.

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de dispositivos electrónicos que pueden hacer la función de control de todo un sistema, varios de estos son: microprocesadores, microcontroladores, tarjetas electrónicas para adquisición y procesamiento de datos, entre otras. Sin embargo y a pesar de los componentes electrónicos presentes en el mercado para instrumentación y automatización de procesos estos presentan la dificultad de acoplarse con dispositivos externos de entradas analógicas y entradas rápidas como son variadores de frecuencia, sensores, transductores, encoder y fotocélulas.

Para el diseño de este proyecto se ha seleccionado un PLC Siemens 1200 debido a su versatilidad de utilización y su facilidad de adquisición en el mercado en caso de posibles daños futuros el mismo sea de fácil reemplazo, también este dispositivo electrónico posee mediante sus módulos de entradas y salidas analógicas, entradas rápidas entre muchas otras ventajas que presenta este controlador lógico programable.

Mediante el software TIA Portal que es el aplicativo de configuración del PLC Siemens 1200 se va a proceder a realizar la programación que va a controlar toda la máquina mediante todos los dispositivos de control implementados de acuerdo con las características de funcionamiento de la máquina.

De la misma manera se va a desarrollar un programa de interfaz HMI en una pantalla in-touch para la interacción entre el operador y la máquina para hacer muy didáctico el manejo de la máquina, de fácil entendimiento y calibración, de fácil ingreso a los parámetros de la máquina, predispuestos de tal manera que cualquier persona que esté al frente de la operación pueda tener noción del funcionamiento en general de la misma por simple sentido común.

Este proyecto es conveniente económicamente para la empresa debido a que obtienen una máquina totalmente funcional para la envoltura de caramelos, a la mitad del precio que cuesta un equipo nuevo, importado de fábrica con las mismas características y rendimiento.

### **Objetivos:**

#### **General**

- Implementar un tablero de control principal para la automatización de una máquina de envoltura de caramelos abandonada mediante la utilización de un PLC de la marca Siemens 1200 y una interfaz HMI.

#### **Específicos**

- Identificar los dispositivos eléctricos y electrónicos de protección, seguridad, control, censado y actuación que permitan desarrollar la automatización de la máquina para envoltura de caramelos.

- Diseñar un programa en la aplicación del programa TIA Portal para la configuración de un PLC que permita realizar todas las funciones de la máquina para envoltura de caramelos y establecer una interfaz lógica entre operario-máquina una vez finalizado el proyecto.
- Implementar el tablero de control con los apropiados dispositivos eléctricos, electrónicos de fuerza y de control tal que permitan ser utilizados a la necesidad de la máquina y de esta forma gobernar todas las funciones de la misma para obtener rendimiento y eficiencia requerida.
- Integrar una pantalla TouchWin que permita a la interfaz HMI configurar parámetros de velocidad de bandas, calibración de corte de papel, largo del papel de envoltura, sensibilidad de fotocélulas entre otros parámetros variables dentro de la calibración operativa.
- Realizar las pruebas pertinentes de la parte eléctrica y electrónica sincronizada con la parte mecánica para lograr un correcto funcionamiento de todas las etapas de trabajo de la máquina y todos los elementos que conforman la máquina.
- Analizar los resultados obtenidos para verificar que el producto terminado sea de primera calidad, en lo que refiere a empaque, sellado, largo de papel, centrado de logotipos e impresión de datos.

### **Alcance**

Las limitaciones y factores positivos que permiten la implementación del presente proyecto son determinadas por el estado de la máquina de envoltura de caramelos adquirida en el exterior de segunda mano, dicha máquina llegó en condiciones deplorables y no funcional, es por esto que el material principal en la repotenciación de la máquina para envoltura de caramelos es su chasis, mientras que el resto de componentes eléctricos, electrónicos y de seguridad serán totalmente nuevos, adaptados y configurados para lograr un estado de funcionalidad óptimo de la máquina de envoltura de caramelos.

Debido a que los elementos que se va a utilizar para poner en marcha la máquina no serán idénticos a los que el fabricante utiliza en este tipo de equipos, es de suma importancia considerar las características de dichos elementos y materiales, por lo cual hay que realizar un análisis no sólo de las características funcionales de cada elemento a utilizar, sino también un análisis del entorno en el cual se desarrollarán en conjunto para lograr un estado de complementación ideal y que permitan el funcionamiento óptimo de la máquina de envoltura de caramelos.

Al saber que el objetivo principal del presente proyecto es poner a funcionar nuevamente una máquina de envoltura de caramelos, los procesos de control y automatización son la base del mismo y por ello el módulo de hardware es desarrollado a la par de la reconstrucción de la máquina como se explicó anteriormente, mientras que para el módulo software se desarrolla un diagrama de flujo el mismo que permite al software TIA interpretar lo estructurado en el flujo del proceso de automatización de la máquina mediante un componente adicional el cual es denominado PLC.

Una vez conocidos los materiales y los módulos de hardware y software que serán implementados solo queda por mencionar que las pruebas que se realicen, permitirán tener resultados en los cuales los tiempos de ejecución que se utilicen para entregar el producto terminado, sumado a la calidad del mismo, serán los que más énfasis tendrán al proceder a detallar las conclusiones, ya que mediante los datos que se analizan se puede comparar la máquina que va a ser puesta a funcionar luego de ser abandonada y estar obsoleta funcionalmente con máquinas que se encuentran en el mercado y que son completamente nuevas, cabe recalcar que el rendimiento máximo que se espera de la máquina rehabilitada va en consideración al requerimiento de producción que se necesite, ya que eventualmente no se la puede comparar con máquinas que poseen tecnología de punta y que están recién fabricadas.

Sin embargo, el presente proyecto tiene como finalidad el potenciar una máquina en estado obsoleto y que pueda ser usada como un equipo nuevo con una larga vida útil, que permita lograr un ahorro sustancial para la empresa se considera el costo de adquisición de una máquina de envoltura de caramelos totalmente nueva.

## Descripción de Capítulos

El presente documento contiene capítulos en los cuales se describen todo el desarrollo realizado para cumplir con las metas y objetivos que fueron descritos anteriormente, de igual manera la descripción de capítulos permite conocer cuál fue el proceso que se desarrolló para obtener los resultados deseados. En términos generales en la documentación se encontrará aspectos como: fundamentación teórica, propuesta, implementación, resultados, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

Específicamente en el primer capítulo se presenta la descripción del proyecto, en el cual se relaciona las experiencias, antecedentes, fuentes de información relacionadas con el tema que se desarrolla con la finalidad de solucionar el planteamiento del problema, sustentado siempre mediante las justificaciones expuestas anteriormente al cubrir en su totalidad los objetivos trazados antes de iniciar a desarrollar el proyecto de titulación tanto en la parte práctica como en la parte teórica del mismo. También se argumenta que tipo de procedimientos se realiza paso a paso para solucionar el problema propuesto en el inicio del proyecto desde un punto de vista profesional con bases firmes de lo que se tiene previsto desarrollar e implementar, al finalizar con este capítulo se mencionará claramente las necesidades de la empresa que necesita la habilitación de una máquina para envoltura de caramelo.

A continuación, en el segundo capítulo se presenta la propuesta de desarrollo del proyecto, que permite describir de forma general el proyecto y el fundamento teórico de cómo está constituido, las aplicaciones que se van a desarrollar con la implementación de dispositivos innovadores que ejecuten funciones específicas dentro del diseño. De la misma manera en este capítulo se identifica los módulos que componen el proyecto de tal manera que al compactar todos los módulos mencionados hacen del proyecto una máquina de rendimiento y eficiencia elevado en producción industrial. Para complementar a este capítulo se realiza el estudio técnico profundo del producto en desarrollo es decir se hace un análisis técnico de todos los componentes que conforman el tablero de control principal y con esta información tener un apropiado ensamblaje en conjunto de todos los elementos y por supuesto el funcionamiento esperado de la máquina en mención.

Posteriormente en el capítulo tres se explica todo lo referente a la implementación y desarrollo práctico del proyecto, para describir sobre todo el proceso de construcción, diseño, e implementación del mencionado proyecto en cuanto a Hardware y Software. También se

describe la puesta en marcha del proyecto desarrollado con la realización un estudio de análisis de resultados con la debida fundamentación coherente y consistente descripción de todas las pruebas realizadas desde el momento de la primera prueba, rectificación de errores y finalmente las pruebas finales que preceden el paso al funcionamiento ya en la industria y la producción del caramelo con envoltura de alta calidad en presentación para el consumidor final.

Una vez culminada la implementación, obtención y análisis de resultados, además de la documentación escrita, al final de los tres capítulos desarrollados en el presente documento se procede a realizar las conclusiones y recomendaciones en donde va detallado las observaciones primordiales que se lograron captar en todo el transcurso de la elaboración del proyecto tanto en el desarrollo práctico como en el desarrollo teórico debido a que los dos procedimientos complementan el proyecto final de titulación.

En las conclusiones se recalca situaciones de beneficio común tanto en la parte operativa como en la parte técnica debido a que al desarrollar las pruebas de funcionamiento necesariamente se necesita una retroalimentación de funcionamiento de todos los dispositivos.

# CAPÍTULO 1

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Antecedentes de las máquinas de caramelos

Desde hace muchos años en el país la producción de caramelos para el consumo masivo ha despuntado un mercado masivo dentro del consumidor no solo nacional sino también dentro del consumidor extranjero, lo cual se hace una necesidad y obligación ofrecer producto terminado de calidad con los detalles de la envoltura que contenga finos acabados y el producto esté cuidadosamente tratado para que así se logre mantener un mercado nacional e internacional con altos niveles de consumo y como un producto de alta calidad. (proCHILE, 2012)

En la Figura 1.1 se puede observar el proceso de producción de caramelos el cual cumple con varios procesos previos hasta llegar al consumidor final, el procedimiento que es evaluado con más rigurosidad tiene que ver directamente con la envoltura de los mismos ya que gracias a este se puede lograr tener un producto terminado de calidad y listo para lanzar al mercado, abastecer a proveedores y llegar al consumidor final (cliente) que es el principal evaluador del producto. (Ladreda, 2008: 45)



Figura 1. 1 Proceso de Fabricación de Caramelos.

Fuente: (Ladreda, 2008: 45)

La empresa *American Tun Products* del Ecuador (ATPE), hoy Confites Ecuatorianos C.A. (Confiteca), incursionó por primera vez en el mercado nacional el 12 de agosto de 1965 con sus dos primeros productos: el caramelo suave (Toffe) y el caramelo duro, para fines de ese año, la producción de chicles, caramelos y chupetes promedió los siete mil kilos mensuales, elaborados por 30 empleados. También en aquel año la envoltura de caramelo se realizó manualmente casi en un 75% debido a que el uso de maquinaria automatizada era casi nulo como se muestra en la Figura 1.2, por ende la producción de caramelo tiende a ser baja y de mala calidad en su envoltura debido a que manualmente no se logra obtener una temperatura ideal de sellado, el corte y centrado de publicidad no era de buena calidad e incluso al necesitar más cantidad de personal para cubrir toda la demanda de caramelo como producto terminado hizo que el producto suba su valor comercial. (Confiteca, 2016)

A partir del siglo XX el uso de maquinaria industrial catapultó la producción de la línea de caramelos y chupetes debido a que con la automatización de maquinaria y el uso del avance tecnológico en beneficio de la producción se logra potenciar producción a nivel nacional e internacional para satisfacer mercados exigentes con productos de calidad y mantener altos márgenes de producto terminado con máquinas a tope de producción, que trabajan al máximo de su rendimiento, por lo cual necesariamente se requiere de máquinas y elementos que la constituyan que soporten una alta producción. (Tussie & Casaburi, 1991:16-17)



**Figura 1. 2 Envoltura Manual de caramelos.**

Fuente: (Explorer, 2015)

En la actualidad las empresas de fabricación de caramelos que quieren estar a la vanguardia de la producción necesariamente deben tener máquinas automatizadas con la tecnología esencial para producir toda la línea de producción de caramelo duro y suave como se puede observar en la Figura 1.3, se puede mantener una mano de obra humana a niveles bajos pero con la ventaja que se dispara la producción en cuanto a kilos de producción con esto se logra constituirse en una empresa competitiva en el mercado con costos de producción menores y niveles de rendimiento y eficiencia realmente altos.



**Figura 1. 3 Máquina moderna para envoltura de caramelos.**

Fuente: (Bafu, 2005)

## **1.2. Marco Teórico Técnico**

### **1.2.1. Control y Automatización Industrial**

Las soluciones innovadoras y óptimas que se pueden brindar en cada área de aplicación al automatizar máquinas y controlar fábricas de forma económica y flexible con una mayor eficiencia energética en los procesos se ha venido a perfeccionar a lo largo de los años, peldaño a peldaño se ha logrado avanzar en la tecnología a pasos agigantados con una variedad de dispositivos y elementos que permiten manipular a elección la maquinaria, cubrir la necesidad o requerimiento que se presente y se pueda solventar la necesidad de creación e ingenio que conlleva a cubrir todas las expectativas de control y automatización de maquinaria industrial, por facilidad existe en el mercado a fácil acceso para sistemas programables establecidos mundialmente que resuelven las tareas de automatización.

Para las últimas tecnologías que están a la vanguardia del control y la automatización como se puede mostrar en la Figura 1.4, el objetivo primordial es ayudar a la industria que requiera afrontar los enormes retos que representan el presente y futuro, de forma que puedan continuamente incrementar su productividad y mejorar su competitividad en una base perdurable.



**Figura 1. 4 Imagen de Control y Automatización Industrial.**

Fuente: (Dimproin, 2016)

Para lograr un control y automatización de todo proceso de producción necesariamente se tiene que conocer la dinámica y el ciclo del proceso a seguir, esto es la base fundamental en el desarrollo del control de proceso. Se puede interpretar con complejidad el proceso de control a medida del conocimiento del comportamiento de todas las variables dentro del lazo de control por lo cual es indispensable hacer un estudio exhaustivo de todo el proceso que se va a automatizar, con la realización de un plan estratégico de utilización de elementos y dispositivos idóneos para cada una de las funciones de la máquina industrial que se va a proceder a automatizar.

### **1.2.2. Sistemas de control y automatización industrial**

El Control y la automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso, en el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos

industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizados por animales; mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador en la Figura 1.5 y Figura 1.6 se puede apreciar el modelo general de un sistema de control y automatización de un proceso industrial. (Rocatek, 2010)

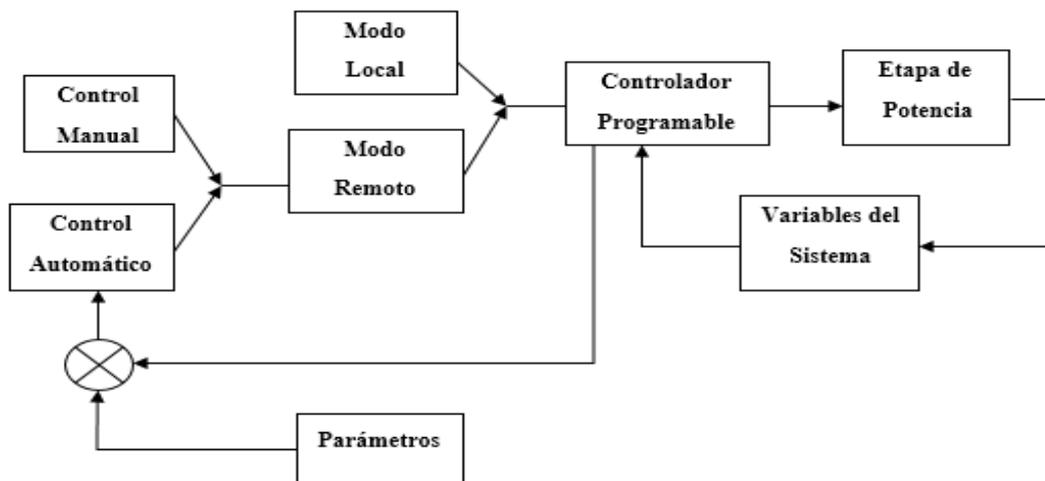


Figura 1. 5 Diagrama de Bloques para Diagrama de Control y Automatización.

Fuente: (Inserny, 2008)

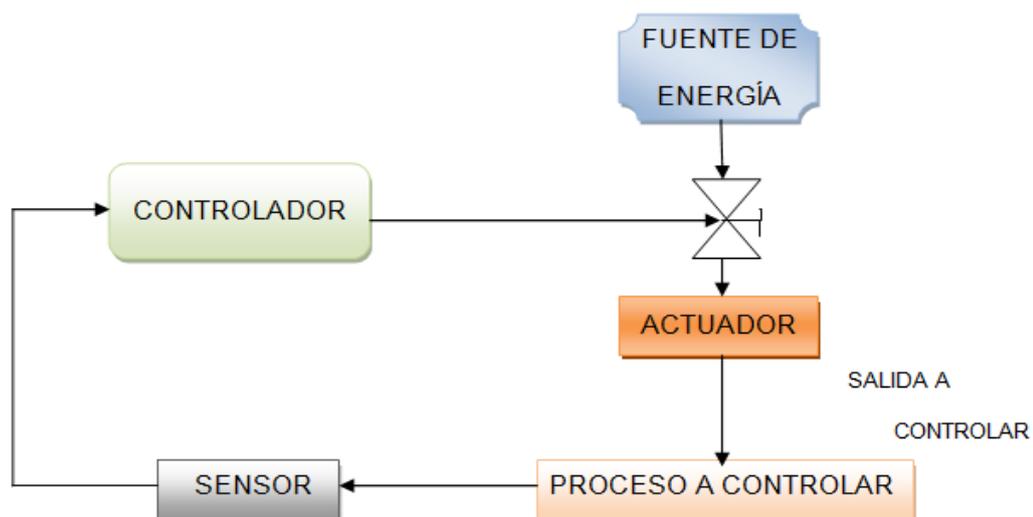


Figura 1. 6 Diagrama de bloques ilustrativo de control y automatización.

Fuente: (Inserny, 2008)

### 1.2.3. Ventajas del Control y Automatización Industrial

Las principales ventajas de aplicar automatización a un proceso son:

- Reemplazo de operadores humanos en tareas repetitivas o de alto riesgo.
- Reemplazo de operador humano en tareas que están fuera del alcance de sus capacidades como levantar cargas pesadas, trabajos en ambientes extremos o tareas que necesiten manejo de una alta precisión.
- Incremento de la producción. Al mantener la línea de producción automatizada, las demoras del proceso son mínimas, no hay agotamiento o desconcentración en las tareas repetitivas, el tiempo de ejecución se disminuye considerablemente según el proceso.

### 1.2.4. Impacto Social del Control y Automatización Industrial

Es un pensamiento muy común y retrograda que la automatización es fuente directa de desempleo, sin embargo, la causa principal del desempleo se da por políticas económicas y administrativas de las empresas ejemplo de aquello es despedir a un operador en lugar de cambiar sus tareas que quizás ya no sean de máxima concentración en el proceso sino tareas de supervisión del mismo. En lugar de ser despedidos los trabajadores son desplazados y por lo general son contratados para otras tareas dentro de la misma empresa, o bien en el mismo trabajo en otra empresa que aún no se ha automatizado.

Esto se puede establecer porque existen muchos trabajos donde no existe riesgo inmediato de la automatización. No existe ningún dispositivo que se ha inventado que pueda competir contra el ojo humano para la precisión y certeza en muchas tareas; tampoco el oído humano. El más inútil de los seres humanos puede identificar y distinguir mayor cantidad de esencias que cualquier dispositivo automático. Las habilidades para el patrón de reconocimiento humano, reconocimiento de lenguaje y producción de lenguaje se encuentran más allá de cualquier expectativa de los ingenieros de automatización. **(Rocatek, 2010)**

### 1.2.5. Enfoque Actual del Control y Automatización Industrial

En el pasado el enfoque de la automatización fue basado simplemente en plantear el máximo incremento de la producción y la reducción de costos, dicho enfoque se quedó corto

porque además de todo esto se tiene que proveer una fuerza de trabajo calificada que pueda reparar y administrar la maquinaria y que mantenga la producción constante. **(León & Ovalle, 2013: 98-100)**

En estos casos los costos iniciales de la automatización son difícilmente recuperados, el nuevo enfoque de la automatización está por ser aplicado principalmente en mejorar al máximo la calidad del proceso y luego mantener esta calidad en el producto a través de operadores calificados. Que permitan de esta manera dejar en segundo plano los tiempos de producción.

Otro cambio importante en el nuevo enfoque de la automatización es la demanda por la flexibilidad de la línea de producción, las empresas tienen una producción flexible cuando tienen la habilidad de cambiar la manufactura de un producto por una diferente para un producto B sin tener que reconstruir completamente la línea de producción. Que También es flexible cuando se pueden cambiar parámetros bases como la producción por día o adición o remoción de procesos dentro de la línea sin afectar la calidad del producto; esta capacidad de cambios de células de producción es fácilmente implementada con un buen diseño previo en la automatización la línea de producción. **(Acosta, 2018)**

#### **1.2.6. Herramientas de Automatización**

Con la implementación de diversos métodos de automatización el resultado es una gama de aplicaciones de rápida expansión y de enfoque especializado en la industria. La tecnología que permite tener sistemas de Diagnostico Asistida por Computadora (CAD) ahora sirve de base en las herramientas matemáticas y de organización utilizada para crear sistemas complejos; la tecnología informática y la facilidad que presta al otorgar software de fácil utilización y maniobra, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control. **(Festo, 2017: 35)**

El principal ejemplo a nivel industrial que se puede mencionar es un sistema de control industrial programado en un Controlador Lógico Programable (PLC). Mismo que está especializado para sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos. La Interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaces hombre computadora, se suelen utilizar para comunicarse con los PLC's y otros equipos. El personal de servicio se encarga del seguimiento y control del proceso a través de los HMI, en donde

no solo puede visualizar el estado actual proceso sino también hacer modificaciones a variables críticas del proceso. (Corrales, 2007:46)

Existen diferentes tipos de herramientas para la automatización como:

- ANN - Artificial Neural Network
- DCS - Distributed Control System
- HMI - Human Machine Interface
- SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
- PLC - Programmable Logic Controller
- PAC - Programmable automation controller
- Instrumentación
- Control de movimiento
- Robótica

La automatización de un nuevo producto requiere de una inversión inicial grande en comparación con el costo unitario del producto, sin embargo, mientras la producción se mantenga constante esta inversión se recuperará, dándole a la empresa una línea de producción con altos índice de ingresos y con un rendimiento que supera el 90% de efectividad.

### **1.2.7. Tipos de Control**

Se puede definir al control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema llamado planta a través de otro sistema llamado sistema de control donde están interrelacionados varios factores importantes e indispensables para que se pueda desarrollar y aplicar un correcto sistema de control como se muestra en la Figura 1.7 donde se puede apreciar la conceptualización del control como tal.

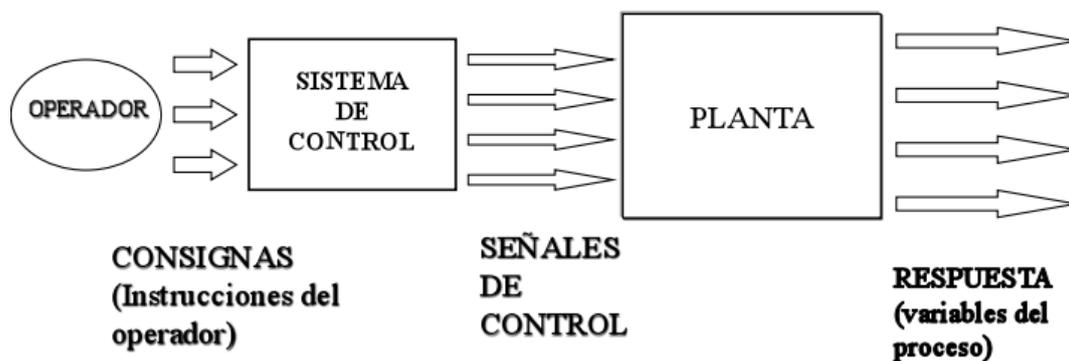


Figura 1. 7 Elementos Principales de Control.

Fuente: (Gil, 1999)

Basado en lo que se observa se puede describir que: el operador es el encargado de fijar las consignas o supervisión, el sistema de control es el encargado de actuar sobre el sistema ya sea eléctrico, mecánico, neumático, hidráulico, eólico, etc. Planta es el proceso que se desea controlar o manipular magnitudes de medida, esto puede suceder al variar su comportamiento, ajustándolo a los requisitos o necesidades del proceso que vaya a desarrollar toda la implementación del control.

#### 1.2.7.1. Control Dos Posiciones (ON-OFF).

El control ON-OFF o también llamado abierto-cerrado, es la forma más simple de realizar un control por realimentación, este un control de dos posiciones en el que el elemento final de control solo ocupa una de las dos posibles posiciones tal como se muestra en la Figura 1.8, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado, esta determinante constituye el funcionamiento del control de un estado lógico 1 ó 0 para que el funcionamiento del control sea necesariamente solamente cuando no llegue al set y de la misma manera deje de funcionar cuando el control llega a su punto set.

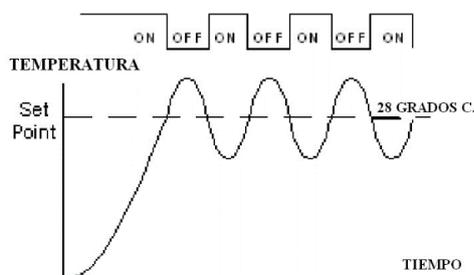


Figura 1. 8 Control ON-OFF de Temperatura.

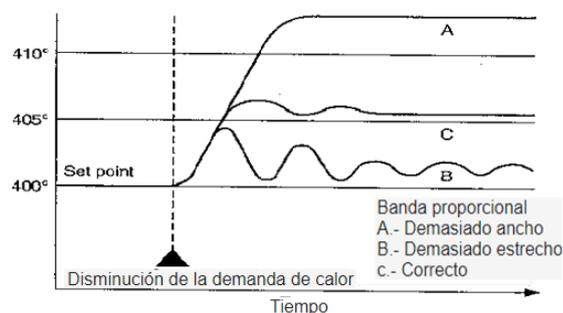
Fuente: (Garcia, 2010: 31)

### 1.2.7.2. Control Proporcional (P).

Este tipo de control permite decidir qué tan “sensible” se desea que el controlador se comporte ante cambios en la variable de proceso (PV) y setpoint (SP). Entonces el control da la facilidad de manipular los parámetros a conveniencia y disposición para el usuario al programar el controlador para cualquier nivel de agresividad del controlador. La ganancia de un controlador es algo que se puede alterar, en controladores analógicos tomará la forma de un potenciómetro, en sistemas de control digitales será un parámetro programable. **(Espinoza & Pérez, 2009: 125)**

Normalmente el valor de la ganancia debe ser fijada entre un valor infinito y cero, la ganancia que necesita un controlador depende del proceso y de todos los otros instrumentos del lazo de control, si la ganancia es fijada demasiada baja la respuesta del proceso será muy estable bajo condiciones de estado estacionario, pero “lenta” ante cambios de setpoint porque el controlador no tiene la suficiente acción agresiva para realizar cambios rápidos en el proceso, en la Figura 1.9 se puede observar las curvas de respuesta proporcional para un controlador con ganancias variables y constantes. **(Villajulca, 2010)**

Con control proporcional la única manera de obtener una respuesta de acción rápida ante cambios de setpoint o perturbaciones en el proceso, es fijar una ganancia constante lo suficientemente alta hasta la aparición de algún overshoot. Un aspecto innecesariamente confuso del control proporcional es la existencia de dos maneras completamente diferentes de expresar la agresividad de la acción proporcional, cabe recalcar que hay otra manera de expresar la sensibilidad de la acción proporcional, y que es la inversa de la ganancia llamada Banda Proporcional. **(Garcia, 2010: 31)**



**Figura 1. 9 Control Proporcional de Temperatura**

Fuente: **(Garcia, 2010: 31)**

### 1.2.7.3. Control Proporcional-Integral (PI).

El control Proporcional-Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario provocado por el modo proporcional, el control integral actúa cuando hay una desviación entre variable y el punto de control al integrar esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional, como se muestra en la Figura 1.10 en la cual el error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado, con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario. (Ramírez, 2015)

Se puede añadir que en realidad no existen controladores que actúen únicamente con acción integral, siempre actúan en combinación con reguladores de una acción proporcional, complementándose los dos tipos de controladores, primero entra en acción el control proporcional (instantáneamente) mientras que el integral actúa durante un intervalo de tiempo ( $T_i$ : Tiempo Integral). Por ende, se puede decir que la respuesta de un controlador PI será la suma de las respuestas debidas a un controlador proporcional P, que será instantánea a detección de error, y con un cierto retardo entrará en acción el control integral I, que será el encargado de anular totalmente la señal de error.

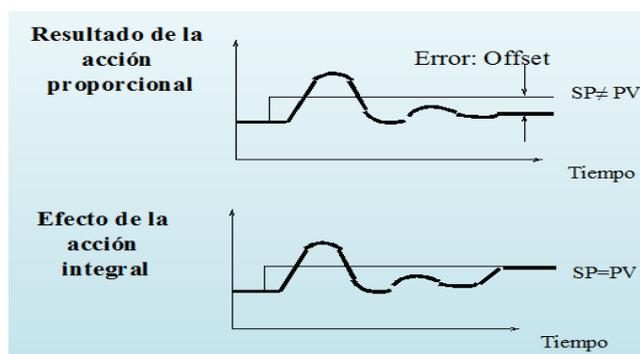


Figura 1. 10 Control Proporcional-Integral de Temperatura

Fuente: (García, 2010: 31)

### 1.2.7.4. Control Proporcional-Derivativo (PD).

El controlador derivativo se caracteriza por oponerse a desviaciones de la señal característica de entrada, con una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se producen éstas. Si se toma en cuenta que la variable de entrada es constante esto no puede dar lugar a la respuesta del regulador diferencial, cuando las modificaciones de la entrada son instantáneas, la velocidad de variación será muy elevada por lo que la respuesta del regulador diferencial será muy brusca lo que hace desaconsejable su empleo; Cabe recalcar

que en los controladores diferenciales, la derivada al ser una constante igual a cero el control derivativo no permite ejercer ningún efecto sobre ella. (Sánchez, 2015: 79)

La ventaja de este tipo de controlador es que aumenta la velocidad de respuesta del sistema de control, al actuar conjuntamente con un controlador proporcional las características de un controlador derivativo, provocan una apreciable mejora de la velocidad de respuesta del sistema como se puede apreciar en la Figura 1.11, aunque pierde precisión en la salida (durante el tiempo de funcionamiento del control derivativo). (Catedu, 2015: 97)

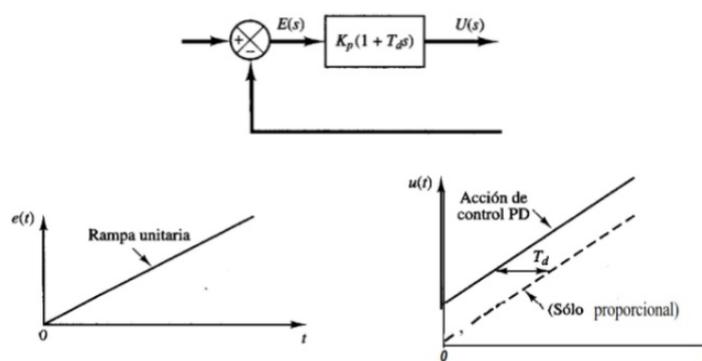


Figura 1. 11 Acción de control Proporcional-Derivativo de Temperatura

Fuente: (García, 2010: 31)

#### 1.2.7.5. Control Proporcional Integral-Derivativo (PID).

Un sistema de regulación es aquel que trata de aprovechar las ventajas de cada uno de los controladores de acciones básicas, de manera, que, si la señal de error fluctúa lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, mientras que, si la señal de error fluctúa rápidamente, predomina la acción derivativa. Tiene la ventaja de ofrecer una respuesta muy rápida y una compensación de la señal de error inmediata en el caso de perturbaciones. Presenta el inconveniente de que este sistema es muy propenso a oscilar y los ajustes de los parámetros son mucho más difíciles de realizar. (Sánchez, 2015: 79)

Un PID tiene como objetivo principal utilizar las ventajas de las acciones de control (proporcional, integral y derivativo) para lograr conducir el proceso correctamente, aunque generalmente las acciones de control más usadas son la proporcional y la integral con valores derivativos muy bajos o casi cero ya que es muy sensible al ruido a no ser que sea indispensable por las características propias del proceso. Una de las ventajas de los PID es

que este corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego realiza una acción correctora que puede ajustar al proceso. (Catedu, 2015: 97)

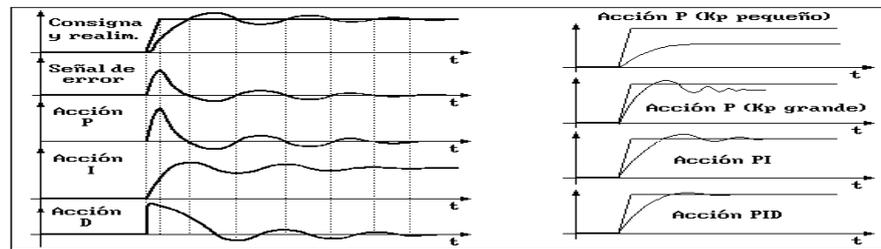


Figura 1. 12 Acción de control Proporcional Integral y Derivativo de Temperatura

Fuente: (Garcia, 2010: 31)

En la Figura 1.13 se muestra los símbolos empleados en identificar y diferenciar los tres tipos de controles se observa que el más completo el control proporcional, integral y derivativo debido a que tiene todo el compendio de acciones que se logra con un control libre de errores y casi que sea perfecto para procesos industriales que requieren un alto nivel de precisión dentro de sus procesos de manufactura.

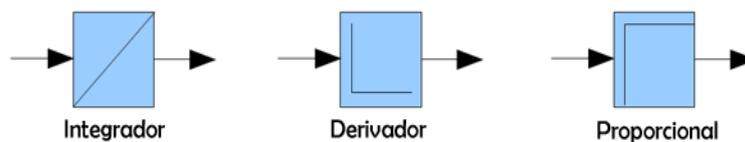


Figura 1. 13 Símbolos de los tres tipos de Controles

Fuente: (Quilmes, 2002)

Al trabajar con un control PID, se debe considerar que es susceptible al ruido, ya que si la señal de entrada posee ruido como se observa en la Figura 1.14, es necesario realizar un filtro de la señal que se envía antes de llegar al controlador, caso contrario, por efecto de la acción derivativa se tiende a amplificar la señal de ruido como se detalla en la Figura 1.15.

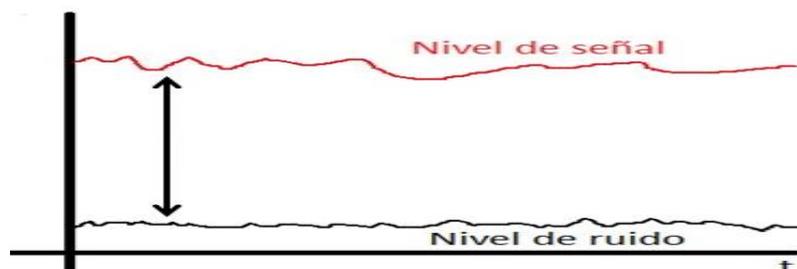


Figura 1. 14 Ruido a la entrada de la señal

Fuente: (Sacerdoti, 2017)

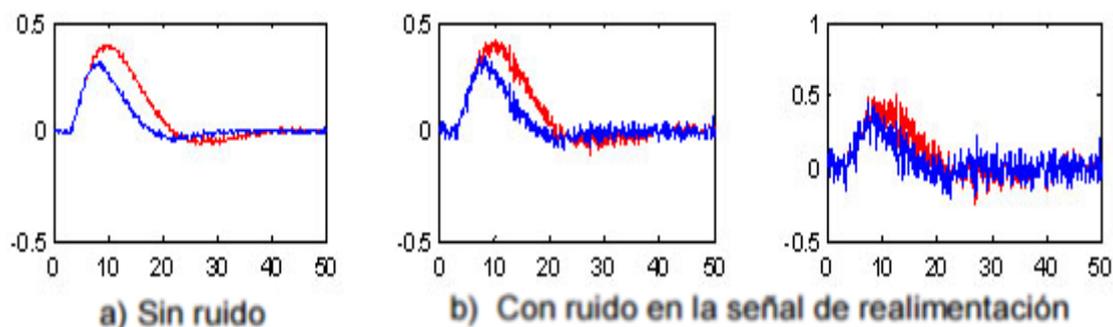


Figura 1. 15 Salida del controlador PID

Fuente: (Sacerdoti, 2017)

La descripción realizada en párrafos anteriores en base a controladores permite decidir el trabajo con el diseño de un control PI, ya que este permite una corrección para compensar las perturbaciones y ayuda a mantener la variable controlada de acuerdo con la consigna o set point asignada como se puede apreciar en la Figura 1.16, además su diseño no presenta grandes complicaciones.

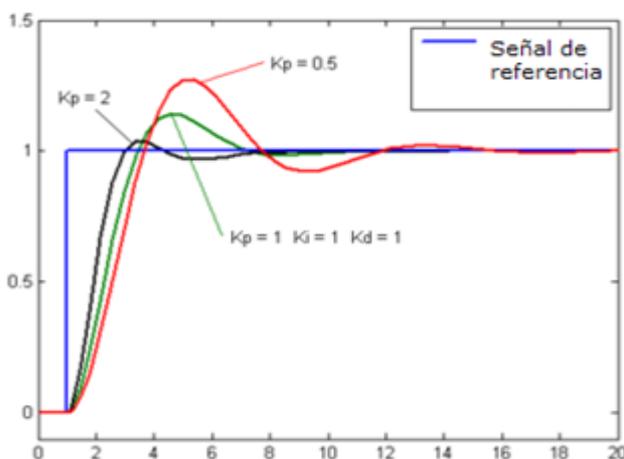


Figura 1. 16 Control PI

Fuente: (Sacerdoti, 2017)

### 1.3. Alimentación de Energía Eléctrica Principal

En las Instalaciones de fuerza que se emplea en la alimentación de equipos de proceso, instalaciones eléctricas especiales a prueba de explosiones, instalaciones de energía regulada y de emergencia, instalaciones eléctricas para el ahorro de energía como temporizadores, sensores de presencia, fotoceldas, iluminación con luminarios tipo led y fluorescentes, celdas fotovoltaicas para la generación de energía, instalación de bancos de capacitores, filtros de

armónicas, plantas de emergencia, tableros de transferencia y bancos de capacitores. Las instalaciones eléctricas industriales forman el sistema nervioso de toda industria y tienen una gran relevancia ya que un diseño inadecuado, una instalación con fallas o un mantenimiento deficiente pueden provocar desde el paro temporal de las operaciones de la empresa hasta accidentes y daños materiales de consideración que pueden dejar a la empresa fuera de servicio.

En el proyecto que se desarrolló la máquina se alimenta eléctricamente de energía eléctrica trifásica a 220 VAC la cual alimenta tanto el circuito de control como al de fuerza, hay que destacar que para los elementos electrónicos de control se utiliza fuentes de voltaje de corriente continua a 24 VDC.

### 1.3.1. Dispositivo de Conexión - Clavija Trifásica

En la Figura 1.17 se puede apreciar la clavija trifásica de conexión principal que se utilizó en el proyecto la cual es el conjunto de un enchufe y un tomacorriente aislados que tienen una especificación de paso de corriente de 32 A de acuerdo al estudio de carga realizado en la máquina y de acuerdo a la suma de consumos de todos los dispositivos dentro de la máquina estos elementos enchufe y tomacorriente se interconectan entre sí para generar un paso de corriente eléctrica por un circuito cerrado este dispositivo permite la conexión de las máquinas industriales de producción en todas las fabricas manufactureras que emplean voltaje alterno trifásico.



**Figura 1. 17 Clavija Trifásica de Conexión principal**

Fuente: (Lexoelectric, 2014)

## 1.4. Transformador

El Transformador es un dispositivo eléctrico constituido por un núcleo que puede ser de diversos materiales y de dos bobinados uno primario y otro secundario que basa su funcionamiento de acuerdo con la relación de transformación que haya sido calculada previamente antes de construir el mencionado transformador.

En la Figura 1.18 se puede apreciar el transformador utilizado en el proyecto este transformador tiene una relación de 220VAC a 110VAC debido a que las resistencias de calentamiento en el sellado del plástico de la envoltura son a 110VAC de la misma manera este transformador es utilizado para eliminar los armónicos que se presentan en la señal de entrada de voltaje y representa ciertos inconvenientes por lectura de señales erróneas y fallos en la configuración, de esta manera se eliminó estas molestias es muy importante el uso este dispositivo en el funcionamiento general de la máquina.



**Figura 1. 18 Transformador estabilizador de energía alterna**

Fuente: (Todotrafo, 2015)

## 1.5. Elementos y Dispositivos de Control y Automatización

### 1.5.1. Motores

Un motor es una máquina, cuyo fin es transformar energía eléctrica en energía mecánica, este dispositivo es de vital importancia en todas las máquinas industriales debido

que desde tiempos antiguos hasta la actualidad el motor no ha podido ser reemplazado en aplicaciones de máquinas industriales debido a que este elemento es el corazón de toda máquina industrial en su diversidad de tipos existentes dentro de las máquinas eléctricas dentro de los cuales se puede citar los siguientes.

#### **1.5.1.1. Motor de corriente continua (DC)**

La utilización de motores DC son de los más utilizados al momento de realizar varios procesos sobre todo cuando se requiere realizar un control preciso de la velocidad de un motor, un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser o bien devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes.

#### **1.5.1.2. Motor de corriente alterna (AC)**

Se denomina motor de CA a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos. En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos.

##### **1.5.1.2.1. Motor con jaula de ardilla.**

Los motores que posee en la empresa Confiteca en la mayor parte de su maquinaria industrial para la manufactura en todo lo relacionado en la producción manufacturera de sus productos, son de corriente alterna con rotor de jaula de ardilla como se observa en la Figura 1.19, este tipo de motores tienen como característica principal su forma, ya que tiene un cilindro montado en un eje, el cual posee en su interior barras conductoras de cobre o aluminio y estos a su vez se encuentran conectados en sus extremos, de esta manera se cortocircuitan los anillos que dan forma a la jaula.



**Figura 1. 19 Motor trifásico jaula de ardilla**

Fuente: (Directindustry, 2017)

### **1.6. Dispositivos de Mando (Pulsadores, Selectores y Botoneras)**

Las botoneras de mando, pulsadores, selectores de varias posiciones y paros de emergencia tienen como función principal el control y gestión de forma segura y analógica de todo tipo de sistemas, desde líneas de producción, líneas de energía a sistemas de seguridad. Mediante los diferentes componentes de control, como paros de emergencia o pulsadores con llave que son dispositivos que desarrollan la seguridad del operario o de la persona que; de alguna manera observe alguna situación insegura y pueda accionar los elementos de seguridad debido a que son de muy fácil uso, debido a la facilidad de uso de estos elementos se puede configurar cualquier diseño según las necesidades del proyecto, de tal manera que la cantidad de elementos de control va dada de acuerdo a la necesidad de requerimiento de funciones de la máquina y lo que va a realizar la máquina industrialmente para desarrollar todas las funciones de manufactura.

En la Figura 1.20 se puede apreciar claramente los elementos de mando operacional que se emplearon como un pulsador de reseteo el cual es usado para sacar a la máquina de estado de paro y dar nuevamente un arranque con los otros botones de marcha, de igual manera también se puede observar luces piloto que son indicativos de funcionamiento también se aprecia en el panel principal un paro de emergencia que es indispensable para

precautelar al operario y a la máquina en caso de que hubiera un riesgo, un paro de emergencia es un dispositivo de enclavado automático es decir al momento que se presiona el botón se queda activado hasta que se retire la condición insegura.



**Figura 1. 20 Pulsadores de Mando y Control**

Fuente: (Eneka, 2018)

En la Figura 1.21 se puede apreciar un panel de mando operativo el cual está constituido con pulsadores y paro de emergencia. Los mismos son normalmente abiertos y normalmente cerrados esto fluctúa de acuerdo con la función y al diseño y configuración del programa que se ha realizado en el Controlador Lógico Programable debido a que son señales análogas de entrada que permiten que se desarrolle la programación de acuerdo a la necesidad de la producción en línea de envoltura de caramelos con altos estándares de sellado, centrado de imagen, largo de papel entre otras que son muy importantes para la presentación final del producto que saldrá a la venta al consumidor final.



**Figura 1. 21 Panel de Mando operativo en máquinas industriales**

Fuente: (Vemovi, 2016)

## **1.7. Sensores**

Los sensores son elementos que permiten captar una magnitud química o física externa que luego transforma en una magnitud eléctrica que sea entendible por el usuario. Los sensores es un componente esencial de la automatización moderna, ya que las instalaciones deben detectar muchas magnitudes físicas. El trabajo de los sensores es hacer legible las magnitudes físicas como presión, temperatura o fuerza y convertirlas en señales eléctricas. Para ello es necesario alcanzar una alta precisión, los sensores no deben influir demasiado en el proceso y el tiempo de reacción debe mantenerse lo más corto posible.

### **1.7.1. Sensores de Temperatura**

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico, hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

El sensor de temperatura típicamente suele estar formado por el elemento sensor, de cualquiera de los tipos anteriores, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.

En el proyecto la variable temperatura es el objeto de estudio y el tipo de sensor que se va a utilizar es un PT 100, su funcionamiento y ventajas se describen en los siguientes los siguientes ítems.

#### **1.7.1.1. PT 100**

El PT 100 es un tipo específico de sensor RTD (Detector de Temperatura por Resistencia), su forma física se encuentra descrita en la Figura 1.22, a nivel industrial sobre todo en la automatización y control de procesos este sensor de temperatura es muy utilizado ya que presenta como característica principal la cualidad que a medida que aumenta su temperatura también aumenta su resistencia. **(Encinas, 2011: 29)**



**Figura 1. 22 Sensor PT 100**

Fuente: **(Dimproin, 2016)**

#### **1.7.1.2. Principio de funcionamiento.**

El funcionamiento de la PT100 se basa en el cambio de la resistencia de acuerdo con la variación en la temperatura. Este elemento consiste en un alambre delgado de platino bobinado (determina la variación de resistencia), cubierto por un material cerámico.

#### **1.7.1.3. Ventajas del PT 100.**

Las PT 100 son muy utilizadas para trabajar en temperaturas que van desde  $-100^{\circ}$  a  $200^{\circ}$  C., además este sensor puede ser ubicado a una distancia de hasta aproximadamente 30 metros con respecto al medidor, mediante la ayuda de un cable de cobre.

#### 1.7.1.4. Conexión de la PT 100.

Existen tres maneras para conectar una PT 100, el cual depende del número de hilos: dos, tres y cuatro hilos. La PT 100 que se empleó en este proyecto posee 3 hilos.

#### 1.7.1.5. Conexión con tres hilos.

La conexión más común que suele emplearse es la de 3 hilos, que se detalla en la Figura 1.23, la cual resuelve los problemas de error generados por cables.

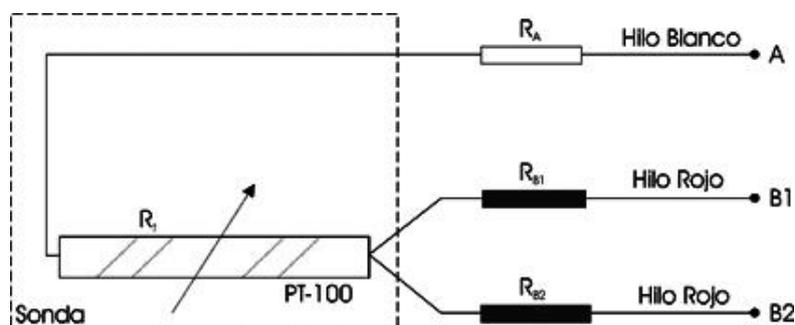


Figura 1. 23 Conexión a tres hilos en una PT100

Fuente: (Aficionados a la mecánica, 2014)

#### 1.7.2. Sensores Fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico emite un haz de luz (visible o infrarrojo) desde su elemento emisor de luz. También se puede decir que un sensor fotoeléctrico de tipo reflectivo se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto que está frente al haz de luz y cierra el circuito de sensibilidad, esta señal será tratada para activar o desactivar diversos elementos actuadores que ejecutan toda la operación y funcionamiento de la máquina.

Los sensores fotoeléctricos usan un haz de luz para detectar la presencia o la ausencia de un objeto. Esta tecnología es una alternativa ideal a sensores de proximidad inductivos cuando se requieren distancias de detección largas o cuando el ítem que se desea detectar no es metálico.

En el proyecto se utilizó sensores fotoeléctricos e inductivos los cuales satisfacen aplicaciones que se encuentran en la máquina para envoltura de caramelo, tales como manejo de materiales, empaquetado, procesamiento de alimentos y entre otros. En sus aplicaciones

especiales que requieren un conector o cable no estándar, se puede personalizar las conexiones del sensor.

En la Figura 1.24 se puede observar los sensores que se emplean en el proyecto de tal manera que se utilizó sensores fotoeléctricos para la cantidad de producto es decir tener un valor considerable de producto en el plato dosificador de caramelo de tal manera que no pare la máquina por falta de producto y de igual manera no se llene demasiado por exceso de producto y se riegue al piso lo cual genera resto de producto de desecho, de igual manera se empleó un sensor inductivo para resetear el largo de papel y el sellado de la mordaza en cuanto gire una rotación normal y cumpla el ciclo de cada mordaza.



**Figura 1. 24 Sensores Fotoeléctrico e Inductivo**

Fuente: (Nex, 2012)

### **1.7.3. Sensor de Contraste (Taca) Visolux**

Cuando un sensor de contraste pasa por el punto de lectura (taca) entre el fondo y una marca de impresión, lo reconoce rápidamente e indica la posición exacta de la marca. Estos sensores se utilizan para la colocación precisa de objetos en impresoras, plantas de embalaje y rotuladoras de los sectores alimentario y farmacéutico. Se caracterizan por una baja resolución de contraste, un alto grado de fiabilidad de conmutación cuando las diferencias de contraste son mínimas, breves tiempos de respuesta, e insensibilidad a fluctuaciones de altura y ángulo de la red de materiales.

En la Fig. 1.25 se puede apreciar el sensor de contraste que se utilizó en el proyecto se empleó un sensor marca Visolux debido a que es el cual se tiene mayor disponibilidad y facilidad de manejo por lo cual es a nivel industrial muy utilizado en máquinas como la del proyecto realizado en la máquina para envoltura de caramelos.



**Figura 1. 25 Sensor de Contraste Visolux**

Fuente: (Visolux, 2018)

## **1.8. Contactores**

Un contactor es un elemento actuador electromecánico que sirve para manejar grandes cargas de acuerdo con el consumo de la carga y corriente que circule por la misma, el cual funciona gracias a la acción magnética de una bobina que atrae unas platinas, las mismas que cierran un circuito eléctrico.

### **1.8.1. Contactor EATON**

Los contactores de vacío de Eaton se han diseñado para arrancar y controlar motores CA trifásicos de 50/60 Hz. Estos contactores se crean en distintas versiones, la placa de identificación de un contactor específico indica las capacidades nominales autorizadas. Estas aplicaciones incluyen control completo del voltaje de motores trifásicos de caja de ardilla, control primario de los motores de rotor bobinados de bajo voltaje y conmutación de circuitos para capacitadores de bajo voltaje en la mejora del factor de potencia.

El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores, que son accionados manualmente o por relés, el resto de motores se accionan por contactores, un contactor está formado por una bobina y contactos abiertos y cerrados, que pueden estar

abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

En la Figura 1.26 se puede observar los contactores que se utilizaron en el proyecto los cuales están constituidos por una bobina que es un electroimán que acciona los contactos cuando le llega corriente, abre los contactos cerrados y cierra los contacto abiertos, de esta forma se dice que el contactor está accionado o "enclavado". Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado anterior de reposo y el contactor está sin accionar o en reposo.



**Figura 1. 26 Contactores EATON**

Fuente: (IMC-DIRECT, 2006)

### **1.8.2. Controlador de Motor – Inversor de Secuencia de Giro de Motor**

Este dispositivo eléctrico tiene como función principal invertir dos fases del motor y se logre tener un cambio de giro rápido, El controlador de inversión está diseñado para controlar la dirección de motores trifásicos clasificados hasta 5.5 kW, el enclavamiento incorporado al circuito evita que el relé que cambia en ambas direcciones no lo haga simultáneamente y produzca un cortocircuito entre las 2 fases de la salida. Un led de doble color indica dirección "adelante" cuando es verde indica dirección "inversa" cuando es rojo.

La salida está protegida de fluctuaciones de voltaje excesivas (transitorios) por tener incorporado varistores. Además, optimiza la fiabilidad mediante el accionamiento del tiristor

de salida directamente con en las placas cerámicas (DirectBond de cobre). La carcasa está diseñada para incorporar una temperatura límite de cambio.

En la Figura 1.27 se puede apreciar el controlador de motor utilizado en el proyecto el cual fue empleado para corregir y centrar la posición de la imagen de la envoltura, este dispositivo recibe la señal del sensor de contraste y mediante el diseño del programa es accionado cuando es necesario su funcionamiento debido a que gira de frente o reversa esto va a depender de la desviación del papel y el centrado de la imagen o logo de la envoltura de caramelo con este dispositivo se asegura el centrado correcto y que se mantenga el centrado de la imagen de acuerdo a parámetros mínimos y máximos de desplazamiento.



**Figura 1. 27 Controlador de Secuencia de Giro**

Fuente: (Gavazzi, 2013)

### 1.8.3. Relé de estado sólido

En ciertos casos se dispone de aparatos que ayudan a controlar procesos como un control de nivel de agua o un control de temperatura entre otros muchas aplicaciones, y lo hacen muy bien pero si se evidencia la necesidad de aumentar la capacidad de los elementos que controla , ya sea resistencias o motores de mayor potencia, los dispositivos se ven imposibilitados para controlar tales elementos, ante esta situación es que se ve imperioso

el uso del dispositivo que se muestra en la Figura 1.28 que es un Relé de estado sólido que conmuta la alimentación de las resistencias de sellado en rangos de corriente elevados y soporta las especificaciones en voltaje y corriente de la necesidad del diseño de la máquina también cubre los requerimientos de producción en línea para envoltura de caramelos con la facilidad de asegurar un correcto nivel de temperatura de tal manera que la envoltura del caramelo se presente estéticamente agradable a la vista con sellado exacto sin exceso de temperaturas.

El Relé de estado sólido que se muestra en la Figura 1.28 consta de una placa la cual está diseñada para interactuar fácilmente con esos dispositivos y una señal de entrada de 80 – 250 VCA con esta entrada se puede manejar cargas de 24 – 380 VAC, sin demandarle mucha corriente en el circuito de control.

EL Relé de estado sólido SSR-40AA que se muestra en la Figura 1.28 está construido con una etapa de desacoplamiento óptico, así como una etapa de amplificación de la señal de disparo, lo cual protege al circuito de control de cortocircuitos en la etapa de potencia, así como le permite funcionar con señales pequeñas en corriente, resiste una corriente de hasta 40A montado en una placa metálica este parámetro de corriente es suficiente para alimentar las resistencias de sellado.

#### **1.8.3.1. Especificaciones del relé de estado sólido SSR-40AA**

- Larga vida útil y una alta fiabilidad
- Altamente fiable y compacto de tamaño
- Diseñado para ofrecer a los usuarios la máxima simplicidad
- Conmutación rápida
- Voltaje de salida: 24 a 380 VAC
- Corriente de salida: 40<sup>a</sup>
- Tensión de entrada: 3 - 32 VDC
- Método de control: CC a CA
- Método de montaje: pernos fijos
- Tiempo de conmutación:  $\leq$  ms t10
- Vida Útil extendida en relación con relés comunes

- Diseño en tamaño: Pequeño ahorra espacio

Es importante tener en cuenta que en este dispositivo eléctrico que a partir de una corriente de 8A el este relé este montado en un disipador de calor o en una placa metálica que le ayude a disipar calor, porque de lo contrario se puede quemar y quedar dañado debido a que los niveles de corriente son altos y en disparos seguidos tiende a elevarse la temperatura del dispositivo por ello se realiza la mencionada recomendación.



Figura 1. 28 Relé de estado sólido

Fuente: (Fotek, 2012)

#### 1.8.4. Relé Siemens PT370024

El relé es un dispositivo también llamado interruptor que opera magnéticamente. El relé se activa o desactiva de acuerdo con la conexión que se haya definido el diseño en el que esté basado su funcionamiento mediante el electroimán que forma parte del relé es energizado en el caso del relé Siemens PT370024 se alimenta un voltaje continuo de 24 VDC entre sus terminales para que éste se active.

El funcionamiento de este relé está basado cuando el electroimán está activo jala el brazo de la armadura que lleva los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados

para que permitan una circulación de corriente y cierren el circuito en el caso de ser normalmente abiertos y abrir el circuito en el caso de ser normalmente cerrados de esta manera se puede conectar un dispositivo, cuando el electroimán está activo, y otro diferente, cuando está inactivo.

Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo. Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados, en la Figura 1.29 se puede observar el conjunto de Relés Siemens PT370024 los cuales son una parte fundamental dentro del control y funcionamiento de la máquina de envoltura de caramelo, debido a que los son elementos eléctricos actuadores que reciben la señal del operario mediante las botoneras pasan al dispositivo principal de control que es el PLC y posteriormente reciben el pulso de activación para activar o desactivar las bobinas de los relés lo cual permite que se desarrolle la ejecución del programa y consecuentemente se desarrolle el trabajo al cual está destinado todo el circuito de fuerza.



**Figura 1. 29 Relé Siemens PT370024**

Fuente: (Imssupply, 2107)

## **1.9. Variador de Frecuencia**

El variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Las características, las ventajas y el funcionamiento de los variadores de frecuencia van dadas de acuerdo a la necesidad debido a que existe una gran gama y variedad de opciones al momento de implementar un variador de frecuencia, los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna también se puede decir que son el dispositivo electrónico capaz de variar la frecuencia de salida hacia el motor y hacer que el motor eléctrico trabaje a frecuencia y voltaje reducido, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra para el funcionamiento de un motor eléctrico.

### **1.9.1. Características de Funcionamiento**

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación y necesidad del usuario, este dispositivo permite reducir el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%, un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

El uso de variadores de frecuencia en el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos al prevenir el deterioro y evitar paradas inesperadas que provocan tiempos de improductividad.

### **1.9.2. Ventajas del uso de Variador de Frecuencia**

- Reducción en el consumo de energía eléctrica por efectos del pico del par de arranque.
- Mejoramiento de la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos, debido a la posibilidad de aumentar la capacidad de producción incrementado la velocidad del proceso

- Protección del motor por contar internamente con sistemas de protección además de permitirle mayor vida útil al motor por reducción de impactos mecánicos a través de la asignación de rampas de aceleración y desaceleración en eventos de arranque y parada.
- Ahorro en mantenimiento, por no contar con piezas mecánicas que puedan sufrir envejecimiento por desgaste mecánico
- Posibilidad de realizar lazos de control y de interactuar con el proceso gracias a que actualmente muchos variadores de velocidad cuentan con funciones de control PID, además de activar señales de alarmas en casos de falla del proceso entre otras muchas posibilidades.
- Contar con la posibilidad de funciones de PLC básico y de frenado dinámico.

### **1.9.3. Desventajas del uso de Variador de Frecuencia**

- Limitación de la corriente de arranque
- La instalación, programación y mantenimiento, debe ser realizada por persona calificado y profesional
- Las averías del variador, no se pueden reparar insitu, se debe llevar o enviarlos a la casa o servicio técnico en ocasiones no tienen arreglo.

En variador de frecuencia es un elemento utilizado en el control de velocidad de un motor de corriente alterna. En la Figura 1.30 se puede apreciar los variadores de velocidad marca Delta, LG y Schneider que se ajustan perfectamente a las necesidades de mando y control de la máquina de envoltura de caramelos en cuanto a disponibilidad de parámetros para optimizar todo el proceso industrial de manufactura en caramelos con envoltura correcta como producto terminado y listo en la comercialización después de todos los procedimientos.

Dentro del proyecto también se emplearon otros variadores de otras marcas como son un variador de velocidad LG y un variador de velocidad Schneider Altivar los cuales son variadores secundarios dentro del funcionamiento de la máquina de envoltura de caramelos debido a que el variador de velocidad LG controla la velocidad de los cepillos que ubicación de caramelo en el plato dosificador de producto, de igual manera el otro variador empleado Schneider Altivar regula la velocidad del motor de corrección de la ubicación y centrado del papel de empaque.

Los variadores de velocidad que se muestran en la Figura 1.30 son de capacidad y caballaje dimensionado de acuerdo a la necesidad del funcionamiento de los motores en el caso del variador Delta es de 2 caballos de potencia debido a que tiene queda la rotación al motor principal y relativamente tiene el trabajo más fuerte debido que da la rotación a piñones, bandas, levas y conjuntos mecánicos lo cual hace que el esfuerzo de este variador sea más fuerte, por el contrario los otros dos variadores tienen un funcionamiento más moderado y bajo consumo de potencia debido a que solo dan rotación a cepillos en el caso del variador LG y el variador de velocidad Schneider da la rotación a un pequeño motor de corrección de fotocélula que acondiciona el paso de papel de tal manera que el holograma de propaganda o marca del caramelo quede centrado y sea a la vista un producto final para el consumo.



**Figura 1. 30 Variadores de Velocidad**

Fuente: (LLITSA, 2016)

## **1.10. Principales Parámetros y Variables de Control Industrial**

### **1.10.1. Medición de Temperatura**

La temperatura es un concepto abstracto dentro de la física, el cual se explica por su efecto en las condiciones del medio ambiente, en lo común la temperatura es relacionada a los conceptos de frío y calor. Algo es más caliente si presenta una mayor temperatura, o está más frío si se presenta una disminución en la temperatura. Sin embargo, aunque este concepto es común y aceptable, en la realidad la física define a la temperatura como: “una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica, o conocida como la energía sensible, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas de ese sistema termodinámico”, esto quiere decir que la temperatura es la cuantificación de la actividad molecular de la materia. (ASTM, 2005: 30)

En la Figura 1.31 se muestra un diagrama de bloques de un control de temperatura con dos lazos uno interno y otro lazo externo lo cual permite evidenciar claramente el funcionamiento del mismo.

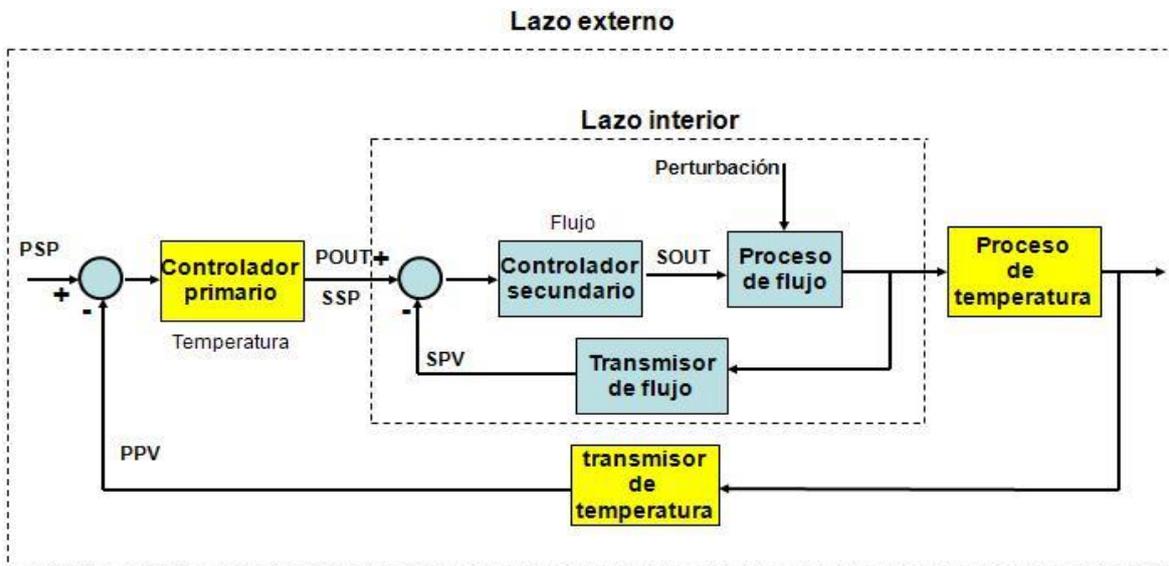


Figura 1. 31 Circuito de bloques de un control de temperatura de lazo doble

Fuente: (Inserny, 2008)

Para la medición de temperatura de los cojinetes, rodamientos y devanados de motor el elemento más comúnmente usado es el detector de temperatura resistivo RTD ya que estas poseen internamente resistencias cuyo valor óhmico depende de la temperatura. Son altamente lineales y pueden variar tanto positivamente como negativamente que dependen de los materiales de construcción.

### 1.11. Control de Temperatura

El Control de Temperatura de la marca Delta añade a las prestaciones de la serie a la posibilidad de activación de dos salidas típicamente una para calentar y la otra refrigerar, curvas rampa-llano de evolución temporal de la consigna ajustables a voluntad.

La serie de controladores de temperatura Delta tienen una respuesta de salida rápida, acertados parámetros PID autoajustables, soporta protocolos de comunicaciones Modbus y está diseñado con varios tipos de salida, que permiten alcanzar un control muy rápido en diferentes sistemas. Además, todas las series se encuentran compiladas con una dimensión internacional de instalación y están aprobadas por entidades de seguridad internacional.

Los reguladores de la serie Delta activan una única salida de relé o de tensión mediante modulación de pulsos, o una salida analógica de corriente 4-20 mA. Opcionalmente disponen de protocolo de comunicación ModBus sobre RS-485. Se alimentan directamente a 230 VAC.

La posibilidad de salida analógica de tensión 0-10 VDC; puede también usar como entrada de temperatura una señal analógica de tensión o de corriente; e incluye como opción dos entradas digitales para activar o desactivar el control o cambiar la consigna de temperatura a partir de eventos externos.

#### **1.11.1. Especificaciones:**

- Control de los modos de entrada PID / ON-OFF / manual.
- Sintonización automática de los parámetros PID.
- Diferentes termopares (B, E, J, K, L, N, R, S, T, U, TXK) y platino de IDT (PT100, JPT100) pueden ser establecidos por parámetros.
- Construido en 2 grupos de interruptores de alarma con 13 modos de alarma cada.
- Da temperatura Celsius o Fahrenheit.
- 2 funciones de bloqueos: (1. Bloquear todas las claves, 2. Bloquear sólo la tecla de función, teclas UP / DOWN son todavía viables).
- Con interfaz de comunicación opcional RS-485 interfaz de comunicación (Modbus ASCII, RTU, la tasa de baudios: 2400 - 38400).
- Con funciones opcionales de CT (cable de detección de ruptura), y una salida de alarma.
- Toma de muestras del sensor: 0,5 segundos / hora.
- Certificaciones: protección IP5X, CE, UL.

En la Figura 1.32 se puede observar los controles de temperatura que se emplearon en el proyecto, se usaron cuatro controles debido a que se emplean un control por mordaza superior, otro control por mordaza inferior de la misma forma se utilizó otro control para el rodillo delantero y otro control en el rodillo trasero con lo cual se tiene un control total de la temperatura de las superficies de sellado y administrar de acuerdo al requerimiento el valor de set point de acuerdo al grosor de papel de empaque y velocidad de la máquina, estos controles son de vital importancia debido a que dan el estatus en tiempo real de la temperatura de mordazas y rodillos de esta forma el control informa al operador si hay alguna falla en el calentamiento tanto en el conjunto de resistencias de calentamiento o en el sensor

de temperatura termocupla al enviar una señal de falla en el display estos dispositivos son muy funcionales porque permiten un uso muy didáctico y fácil al usuario-operador para setear a la necesidad y de la misma forma tiene bloqueos que permiten entrar a la configuración avanzada solo a personal capacitado.



**Figura 1. 32 Control de Temperatura Delta DTB**

Fuente: (Delta, 2017)

### 1.12. Resistencias Calefactoras de Sellado

En lo que refiere al sellado y diversas aplicaciones, una resistencia puede hacer referencia a la obstrucción que puede presentar un material en el momento de ser alterado por una corriente de electricidad, cuando se menciona de la resistencia eléctrica; o por otra parte hace referencia a la oposición de un cuerpo cuando es atravesado por calor, cuando se habla de resistencia térmica; sin embargo, las resistencias calefactoras, se refiere a aquellos dispositivos que a través de un estímulo de energía eléctrica, logran convertirla en calor.

En la actualidad, estas resistencias son usadas para innumerables aplicaciones, por lo que los materiales con los que pueden ser realizadas son muy variados y diversos. No obstante, la generalidad es que las resistencias calefactoras estén hechas con alambre que está compuesto por una aleación de cromo y níquel; esta combinación de metales es comúnmente con una proporción de ocho partes de níquel, con las dos restantes de cromo (alambre 80/20), esto debido a que con esta aleación se logra una fuerte resistencia a altas

temperaturas, incluso de hasta mil grados Celsius, se logran dispositivos de material resistente a fuertes impactos y resistivos (que tienen la capacidad de generar calor), y además es inoxidable. Un claro ejemplo de la aplicación de estos alambres de níquel y cromo son los que se usan en las secadoras de cabello o en los tostadores de pan, que al ser conectados a la energía eléctrica generan calor para sacar aire caliente usado en el cabello o también al obtener un perfecto e uniforme tostado en la rebanada de pan.

Las resistencias calefactoras hechas de acero inoxidable que fueron utilizadas en este proyecto al ser controladas de manera independiente con su control digital de temperatura individual calientan el producto de manera indirecta y sin la necesidad de un contacto. Este diseño de intercambiador de calor es más seguro debido a que las resistencias calientan las mordazas y rodillos los cuales transmiten la temperatura ideal de sellado de acuerdo con el seteo que el operador maneje o necesite rigiéndose al proceso de producción que esté por realizar con una mayor precisión en el control de la temperatura.

Las formas, tamaños y materiales que se adecúen a diversas necesidades se adecuan únicamente a la necesidad de la aplicación que se le dé a su utilización, de tal manera que se puede apreciar en la Figura 1.33 las resistencias de los rodillos las cuales son de forma redonda, a 110V y 300W de potencia.



**Figura 1. 33 Resistencias Calefactoras**

Fuente: (Quito, 2010)

### **1.13. Trompo De Transmisión de contacto eléctrico rotativo MERCOTAC**

Los conectores rotativos Mercotac son un dispositivo que permiten realizar la conexión eléctrica entre un mecanismo mecánico rotativo y la conexión eléctrica este tipo de colectores necesitan un mantenimiento continuo para evitar la degradación de la conexión

eléctrica rotativa causada por el desgaste normal y los residuos estos conectores rotativos funcionan según un principio superior al ofrecer una conexión eléctrica de resistencia extremadamente baja porque el medio de conducción es un metal líquido que está molecularmente unido a los contactos. La conexión Mercotac es constante y no cambia durante la vida del conector.

### **1.13.1. Diseño de un conector rotativo Mercotac:**

Los conectores rotativos Mercotac usan un principio de diseño único a diferencia del contacto deslizante de escobilla de un anillo colector. La conexión se realiza mediante un área de metal líquido unido molecularmente al contacto, que proporciona una conexión estable de baja resistencia. Durante la rotación, el fluido mantiene la conexión eléctrica entre los contactos sin que se produzca ningún desgaste.

A continuación, se incluye algunas de las numerosas razones por las cuales los conectores Mercotac son superiores a los anillos colectores.

**Primero:** a diferencia de un anillo colector, los conectores Mercotac producen un ruido eléctrico de casi cero debido a su diseño único.

**Segundo:** la resistencia a través del contacto rotativo es menor a una milésima de ohm, que es mucho más bajo que la resistencia de un anillo colector.

**Tercero:** los conectores Mercotac no degradan la señal con el tiempo, lo cual sucede con los anillos colectores.

**Cuarto:** los anillos colectores requieren mantenimiento y los conectores Mercotac no requieren nada de mantenimiento.

**Quinto:** los conectores Mercotac son más compactos y cuestan mucho menos que los anillos colectores de la misma capacidad.

**Sexto:** la corriente y las señales de instrumentación se pueden enviar a través de un conector Mercotac simple y compacto.

En la Figura 1.34 se puede observar los conectores rotativos Mercotac que se emplearon en el proyecto y fueron implementados en las mordazas y en los rodillos que

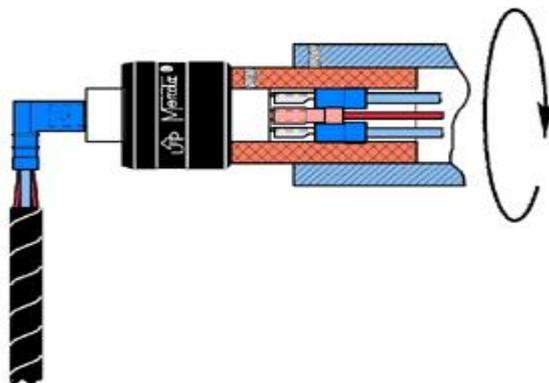
tienen una acción rotativa de funcionamiento lo cual con la utilización de este tipo de conectores rotativos facilita el contacto eléctrico de alimentación y la señal del sensor de temperatura debido a que en este conector rotativo se toman dos contactos para la conexión de la termocupla que esta acoplada al control de temperatura.



**Figura 1. 34 Conectores Rotativos Mercotac**

Fuente: (Rs-mation, 2017)

En la Figura 1.35 se puede apreciar la implementación del conector rotativo Mercotac como queda instalado finalmente para el trabajo donde se puede denotar los contactos principales de terminal azul que son los terminales que realizan la fuerza de alimentación para las resistencias también se puede observar en terminales rojos los contactos rotativos en los cuales se conecta el sensor de temperatura y manejan menos corriente debido a que solo llevan la señal hacia el control de temperatura, la flecha indica la rotación del conector rotativo Mercotac que está al lado derecho y en la parte izquierda se puede notar la parte fija que es donde llega la alimentación principal desde la fuente.



**Figura 1. 35 Estructura de instalación del conector rotativo**

Fuente: (Inserny, 2008)

#### **1.14. Unidad de mantenimiento de aire comprimido**

La unidad de mantenimiento es un elemento indispensable al momento de trabajar con aire comprimido debido a que es el conjunto de elementos que permiten tratar y mejorar el aire comprimido que ingresa al sistema y circuito neumático, está constituido por Filtro de aire comprimido, regulador de presión, lubricador de aire comprimido también es el dispositivo capaz de suministrar la presión que se necesite dentro del sistema o a su vez la presión de aire comprimido que el operario quiera suministrar al circuito neumático.

La unidad de mantenimiento trabaja mediante el siguiente proceso: El aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma. La pantalla separadora evita que con las turbulencias del aire retornen las condensaciones. El aire continúa su trayecto hacia la línea a través del elemento filtrante que retiene las impurezas sólidas. Al abrir el grifo son expulsadas al exterior las partículas líquidas y sólidas en suspensión. El agua no debe pasar del nivel marcado que normalmente traen los elementos, puesto que en la zona turbulenta el agua nuevamente es arrastrada por el aire.

En la Figura 1.36. Se puede observar el conjunto de elementos que conforman la unidad de mantenimiento que se empleó en el proyecto, se utilizó la unidad de mantenimiento marca Festo por su facilidad de adquisición en el mercado industrial y fácil implementación.

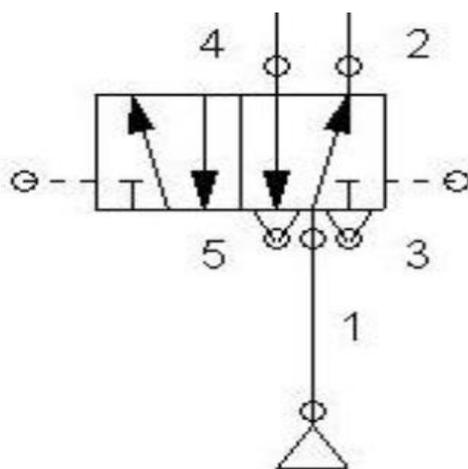


**Figura 1. 36 Unidad de mantenimiento neumática**

Fuente: (Ningbo, 2016)

### **1.15. Electroválvulas Neumáticas 5/2**

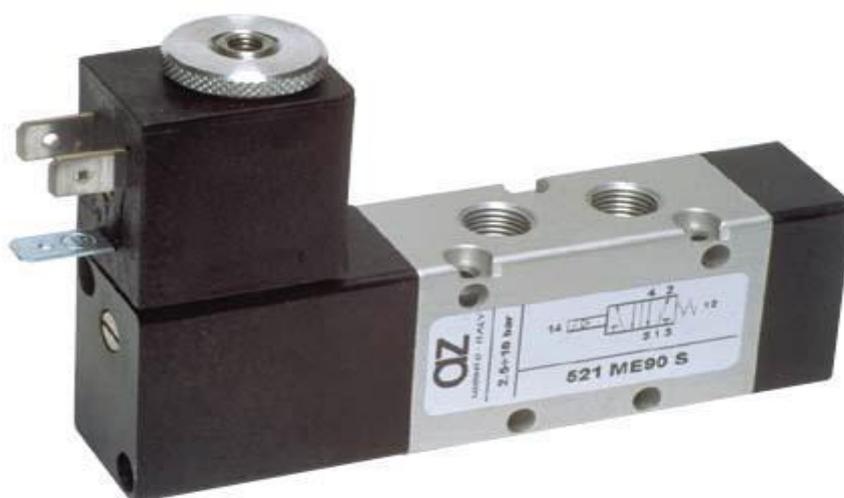
Las electroválvulas neumáticas están compuestas por una bobina oscilante de control previo y una válvula de asiento neumática las mismas que al momento de accionar hacen que un embolo deslizable recorra un desplazamiento de tal manera que la circulación de aire comprimido se de acuerdo con la Figura 1.37 estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la circulación de aire comprimido. Principalmente utilizadas para la puesta en marcha, paro y sentido de paso. Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino que debe seguir el aire comprimido. Las válvulas distribuidoras más usadas habitualmente, desde un punto de vista funcional son las electroválvulas neumáticas 5/2 que, por su construcción, permiten que el flujo de aire circule en dos direcciones por posición, lo que implica controlar dos cámaras (émbolo y vástago) de un cilindro de doble efecto y posee una quinta vía para realizar los escapes de las cámaras de forma independiente. Cada cámara del cilindro tiene su escape.



**Figura 1. 37 Diagrama unifilar de una electroválvula neumática**

Fuente: (Neumática, 2010)

En la Figura 1.38 se observan las 4 electroválvulas empleadas en el proyecto las cuales definen su funcionalidad de acuerdo con la necesidad del diseño de la programación de la máquina de envoltura de caramelos las cuales están sometidas a varias características de uso como es el accionamiento eléctrico, accionamiento manual auxiliar con enclavamiento mediante pulsador, posición indistinta, construcción corredera y se acopla a la estructura metálica mediante pernos con taladro pasante, este tipo de electroválvulas neumáticas tienen Flujo no reversible y opción de funcionamiento con lubricación y control pre pilotado.



**Figura 1. 38 Electroválvula Neumática**

Fuente: (Bastan, 2017)

## 1.16. Medición de Velocidad y Posición

### 1.16.1. Encoder Hohner

La velocidad de rotación de una máquina puede medirse de distintas formas. Un método común de medición rotacional es detectar la velocidad de rotación mediante un interruptor de proximidad y utilizar un contador para registrar el número de rotaciones. También existen tacómetros manuales de contacto y sin contacto, de igual manera se pueden usar motores de dos fases de AC acoplados al motor y se puede usar un circuito detector de cruce por cero para determinar su frecuencia y por ende su velocidad de rotación. **(Aficionados a la mecánica, 2014)**

El elemento más usado por su precisión al momento de medir velocidad rotatoria es el codificador rotativo. Los codificadores rotativos son sensores que detectan la posición y la velocidad al convertir los desplazamientos mecánicos rotacionales en señales eléctricas y procesar esas señales. En la Figura 1.39 se puede observar la estructura de un codificador rotativo.

Cuando un disco con un patrón óptico gira junto con el eje, la luz que pasa a través de dos ranuras se transmite o bloquea en consecuencia. La luz se convierte en corrientes eléctricas en los elementos detectores, que corresponden a cada ranura, y se emite como dos ondas cuadradas. Las dos ranuras están posicionadas de manera que la diferencia de fase entre las salidas de onda cuadrada sea  $1/4$  del tiempo de luz. **(Toscano , 2017)**



**Figura 1. 39 Encoder Hohner**

Fuente: **(Optimus, 2015)**

### 1.17. Fuente de Alimentación DC

La fuente de poder es una fuente de energía, esta energía puede ser de varios tipos, energía térmica, atómica, eléctrica, Etc. En el medio de la electrónica, se conoce a la fuente de poder como el circuito eléctrico que convierte la electricidad de un voltaje de corriente alterna VCA a un voltaje de corriente directa VCD.

El voltaje de corriente alterna VCA es el que alimenta a la fuente al ingreso de todo el circuito es decir la alimentación eléctrica principal y es alterna ya que su polaridad varia con una frecuencia específica, el voltaje directo tiene una polaridad fija sin variación de frecuencia. Este voltaje es el que usan los circuitos electrónicos.

La mayor parte de los circuitos electrónicos usa voltaje directo, pero siempre tienen un tipo de fuente de poder que transforma el VCA a VCD, la fuente puede ser externa o interna, en el proyecto que se desarrolló se utilizó una fuente de alimentación Omron SV8VS la cual tiene como característica que al ingreso puede ser alimentada desde 100 a 240 VAC a una corriente de 1.9 A, esta fuente de voltaje convierte el voltaje alterno de entrada en un voltaje continuo de salida de 24 VDC regulable a 5 A para la carga, en la Figura 1.40 se puede observar la Fuente de alimentación utilizada en el proyecto e implementación del tablero de control y alimentación de todos los dispositivos que trabajan con voltaje continuo que en su mayor parte son los dispositivos de Control automático como por ejemplo PLC, Relés, Controles entre otros.



**Figura 1. 40 Fuente de Voltaje VDC Omron S8VS**

Fuente: (Omron, 2016)

## 1.18. Controlador Lógico Programable

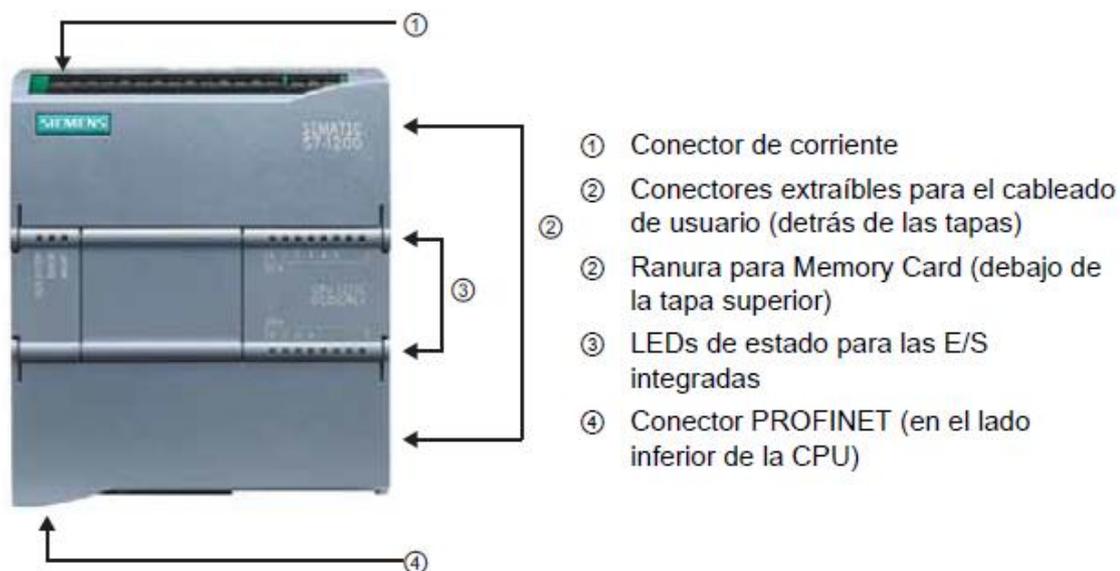
Cuando se habla de un controlador lógico programable (PLC) sus siglas en inglés, es un dispositivo electrónico provisto de una memoria interna programable que almacena los programas que el usuario desarrolla, que están orientadas a automatizar el funcionamiento de maquinarias o procesos generalmente de ambientes industriales por ser un dispositivo electrónico autómatas programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, en los cuales este inmerso el control industrial. **(Genera, 2018:136)**

### 1.18.1. PLC Siemens Simatic 1200

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización, gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. **(Siemens, 2009: 78)**

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, de esa manera conforma así un potente PLC, una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. **(Siemens, 2009: 78).**

En Figura 1.41 se puede apreciar las partes principales de un PLC Siemens Simatic 1200 el cual es el cerebro principal dentro del funcionamiento de la máquina debido a que este dispositivo lleva toda la información, diseño, configuración, características, parámetros de funcionamiento e infraestructura digital necesaria para que la máquina de envoltura de caramelos cumpla a satisfacción con el trabajo que de acuerdo con el manual del sistema que facilita el proveedor se puede definir las siguientes características: conector de corriente, conectores extraíbles del cableado del usuario, ranura de memory card, Leds de estado de las entradas y salidas integradas y conector profinet.



**Figura 1. 41 Partes Principales de un PLC Siemens Simatic S7-1200**

Fuente: (Siemens, 2009: 78)

En la Figura 1.42 se puede observar el Controlador Lógico Programable que se utilizó en la implementación del proyecto es del tipo CPU 1214C DC/DC/DC que de acuerdo a su nomenclatura de presentación su funcionamiento se basa en el voltaje continuo es decir se alimenta, procesa el diseño electrónico en entradas y salidas con voltaje continuo en el caso de la máquina de envoltura de caramelos es de 24 VDC de igual manera este PLC tiene una CPU compacta de alto rendimiento con 24 entradas / salidas integradas y es ampliable con 1 Signal Board (SB) o Communication Board (CB), 8 Signal Modules (SM) y se pueden añadir máximo módulos de comunicaciones, la comunicación para la configuración y diseño se desarrolla mediante un puerto Profinet que permite la comunicación entre el PC de usuario y la CPU 1214C mediante el puerto de cable Ethernet y un cable común de red se puede realizar el diseño mediante el software especializado a alta capacidad de procesamiento y cálculo de 64 bits.

La Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic TIA PORTAL V13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels. El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con todas las facilidades que permiten realizar toda configuración necesaria dentro de un diseño industrial al acoplar si fuera necesario módulos externos analógicos para cubrir todo el proceso de producción tanto en módulos analógicos como digitales.



**Figura 1. 42 Controlador Lógico Programable CPU 1214C DC/DC/DC**

Fuente: (Simatic, 2018)

### **1.18.2. Módulos Digitales y Analógicos**

Los módulos digitales y analógicos necesarios para el diseño de programación de funcionamiento de la máquina de envoltura de caramelos son los que se detallan a continuación debido a que por factores de cantidad de entradas y por configuración de funcionamiento se vio la necesidad obligatoria de implementar estos módulos extras dentro de la configuración de diseño.

#### **1.18.2.1. Módulos Digital de Entradas y Salidas 1223 DC/DC**

En la Figura 1.43 el módulo 1223 tiene entradas y salidas digitales como suplementos de la periferia integrada de las CPU para la adaptación flexible del controlador a la correspondiente tarea para la ampliación posterior de la instalación con entradas y salidas adicionales los módulos de entrada/salidas digitales permiten que la conexión del controlador a las señales digitales del proceso, la salida de las señales digitales del controlador al proceso, esto otorga al usuario ventajas como óptima adaptación al combinar a voluntad los Signal Modules, el usuario puede adaptar su controlador exactamente a la tarea deseada. Esto evita inversiones innecesarias. Se dispone de módulos con 8, 16 y 32

canales de entrada/salida también brinda la flexibilidad en caso de ampliar posteriormente la tarea, el controlador se puede actualizar y con esto la corrección del programa de usuario es sumamente sencilla.

Los módulos de entradas/salidas digitales Signal Module SM 1223 transforman el nivel de las señales digitales externas del proceso en el nivel de señal interno del S7-1200, y el nivel de señal interno del S7-1200 en el nivel de señal externo necesario para el proceso y mediante el diseño de la programación desarrolle las tareas en función de la aplicación todos estos dispositivos extras son de fácil acoplamiento debido a los puertos que posee el PLC que hacen desmontable a todos los módulos extras e incluso facilita cables de extensión que permiten la comunicación en diferentes columnas y ubicaciones físicas.



**Figura 1. 43 Módulo digital 1223 DC/DC**

Fuente: (Simatic, 2018)

#### **1.18.2.2. Módulos de entradas Analógicas SM 1231 AI**

Los módulos de entradas analógicas Signal module SD 1231 permiten la conexión del controlador a las señales analógicas del proceso, esto otorga al usuario las siguientes ventajas, adaptación óptima con los Signal Modules analógicos, el usuario puede adaptar su controlador de forma óptima incluso a las tareas más complejas, es un módulo que permite

conexión directa de sensores de hasta 14 bits de resolución y diferentes rangos de entrada permiten la conexión de sensores sin amplificadores adicionales.

Este módulo permite la flexibilidad en caso de ampliar posteriormente la tarea, el controlador se puede actualizar. Entonces, la corrección del programa de usuario resulta sumamente sencilla también muestra un diseño que dentro de los módulos 1231 SM presentan las mismas características de diseño que los equipos básicos presentan facilidad de implementación sobre perfil normalizado los módulos se abrochan sobre el perfil a la derecha de la CPU; la conexión eléctrica y mecánica con los otros módulos y con la CPU se establece con el mecanismo deslizante integrado el montaje vertical u horizontal en perfil soporte normalizado o fijación directa al armario mediante orificios de montaje integrados.

En la Figura 1.44 se puede observar el módulo de entradas analógica SM 1231 que transforman las señales analógicas del proceso en señales digitales para su procesamiento dentro de SIMATIC S7-1200, este dispositivo se utilizó en la implementación del proyecto.



**Figura 1. 44 Módulo de entradas analógicas 1231 AI utilizado en el proyecto**

Fuente: (Simatic, 2018)

### 1.18.2.3. Módulos de Salidas Analógicas SM 1232 AQ

Los módulos de salidas analógicas Signal Module SM 1232 ofrecen la posibilidad de utilizar salidas analógicas en un amplio campo de aplicación esto otorga al usuario las siguientes ventajas Adaptación óptima con los Signal Modules analógicos, el usuario puede adaptar su controlador de forma óptima incluso a las tareas más complejas la conexión directa de actuadores que son de hasta 14 bits de resolución permiten la conexión de actuadores sin amplificadores adicionales.

La flexibilidad que proporciona en caso de ampliar posteriormente la tarea, el controlador se puede actualizar. Entonces, la corrección del programa de usuario resulta sumamente sencilla y el diseño de los Signal Modules presentan las mismas características de diseño que los equipos básicos la fijación sobre perfil normalizado con la facilidad que los módulos se abrochan sobre el perfil a la derecha de la CPU; la conexión eléctrica y mecánica con los otros módulos y con la CPU se establece con el mecanismo deslizante integrado.

En la Figura 1.45 se puede observar el módulo SM 1232 y la fijación directa dentro de un panel de doble fondo que puede ser de montaje vertical u horizontal en perfil soporte normalizado o fijación directa al armario mediante orificios de montaje integrados.



**Figura 1. 45 Módulo de salidas analógicas 1232 AQ**

Fuente: (Simatic, 2018)

## 1.19. Comunicación Profinet

La CPU S7-1200 incorpora un puerto Profinet que es el estándar de más utilizado para transmitir información en ambientes industriales en procesos de automatización este estándar abierto creado por Profibus International, cuyo desarrollo tiene como base Ethernet Industrial que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. (Siemens, 2009: 78)

La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

- Transport Control Protocol (TCP)
- ISO on TCP (RFC 1006)

En la Figura 1.46 se puede apreciar el puerto Profinet de una CPU S7-1200 mediante el cual permite comunicar con un computador y mediante el software de gestión realizar el diseño del programa de funcionamiento en torno a todas las aplicaciones y necesidades que se deseen cubrir.

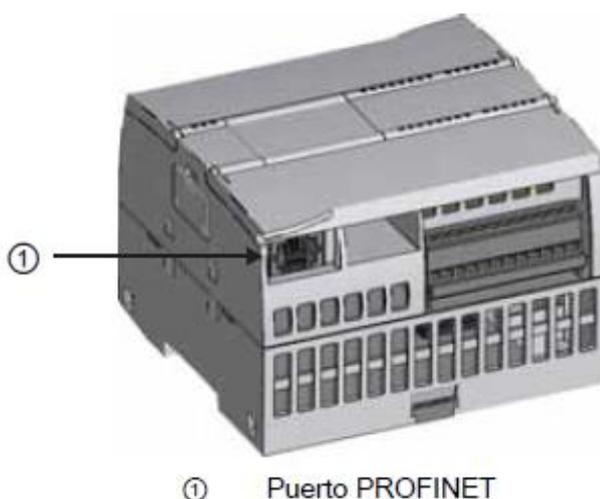


Figura 1. 46 Representación gráfica del puerto Profinet en una CPU S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

### 1.19.1. Características de la Comunicación Profinet

- **Conexión directa:** La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.

- **Conexión de red:** La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).
- **Conexión directa:** Programadora conectada a una CPU S7-1200
- **Conexión directa:** HMI conectado a una CPU S7-1200
- **Conexión directa:** Una CPU S7-1200 conectada a otra CPU S7-1200
- **Conexión de red:** Más de dos dispositivos interconectados, utilizan un Switch Ethernet CSM1277.

La principal característica de la comunicación profinet es que se realiza en tiempo real, previo a establecer la comunicación los dispositivos deben sincronizarse a través de solicitudes que se dan dentro del bus de datos, a más de esta sincronización donde intervienen las dos primeras capas del modelo OSI, Profinet emplea nuevas funcionalidades orientadas a robustecer la seguridad de la información, pues a pesar de que su desarrollo tenga como base Ethernet, ya en ambientes de producción industriales se requiere tratar la información con mayor grado de seguridad. **(Marcombo, 2015: 50)**

## **1.20. Interfaz Hombre Máquina HMI**

Interfaz Hombre-Máquina por las siglas en inglés HMI (Human Machine Interface). Es un dispositivo electrónico que permite la interacción entre el hombre u operario y la máquina o proceso a controlar. También existen interfaces HMI basados en software instalado en una computadora al mismo que se le denomina software HMI. **(Siemens, 2017: 83-90)**

Anteriormente, En la construcción de estos sistemas se necesitó de una variedad de elementos como luces pilotos, display, indicadores analógicos o digitales para visualizar los datos e ingreso de comandos o instrucciones se empleó pulsadores, interruptores, temporizadores, selectores, entre otros. Como resultado se obtuvo sistemas muy complejos constituidos de gran cantidad de elementos y cables de conexión que para situaciones de soporte o mantenimiento demanda de muchos recursos. **(Siemens, 2017: 83-90)**

Actualmente debido a que muchas máquinas y procesos industriales de manera general se encuentran constituidos por elementos electrónicos, como controladores lógicos programables (PLC) por sus siglas en inglés, microcontroladores y otros componentes, que

permiten enviar señales a través de interfaces de comunicación a otros equipos, se ha conseguido desarrollar sistemas HMI muy eficaces y de alto nivel de desempeño, al lograr que la automatización de una máquina o proceso se más efectiva, económica y que demande de un menor tiempo de implementación. (Siemens, 2017: 83-90)

En general las pantallas HMI recogen la información que le entrega un PLC, microcontrolador, unidades remotas o módulos RTU, variadores de frecuencia y todo equipo que permita establecer comunicación con la pantalla HMI. (Siemens, 2017: 83-90)

### 1.20.1. Funciones Principales de una pantalla HMI

Las funciones principales que desempeña una pantalla HMI dentro de un sistema de control automático de máquinas industriales son las siguientes:

**Monitoreo.** - Es la aplicación que se usa con mayor frecuencia en una HMI, por la capacidad de despliegue de información directamente de la máquina o proceso automatizado en tiempo real. Bajo este esquema de trabajo se tiene la posibilidad de generar gráficos de tendencias respecto al desempeño del proceso, la visualización de alarmas, textos, gráficos e imágenes personalizadas que con la interpretación de los datos sea más amigable para el usuario. (Siemens, 2017: 83-90)

**Supervisión.** - Es una función de la HMI que en conjunto con la de monitoreo da la posibilidad de ingresar parámetros y condiciones de funcionamiento directamente en el proceso, sin que sea necesario realizar ajustes o conexiones nuevas. Para ingresar datos a través de la pantalla HMI, esta debe ser sensible al tacto, comúnmente conocidas como pantallas (Touch Screen), esta es una característica propia de estas pantallas, utilizadas en la automatización. (Siemens, 2017: 83-90)

**Alarma.** - Permite realizar el reconocimiento de sucesos o eventos que se presentan dentro del proceso, se tiene la posibilidad de almacenar estos datos al crear registros históricos que podrán ser utilizados para evaluar el comportamiento del sistema, además esta información puede ser muy relevante al momento de tomar decisiones y programar el mantenimiento de equipos. (Siemens, 2017: 83-90)

Al momento que se origina un error, el operador fácilmente puede identificar el estado del proceso o máquina. Con tan sólo seleccionar el mensaje de la alarma es posible consultar información relacionada con el mal funcionamiento de una forma gradual por fechas. Es posible parametrizar de manera intuitiva las alarmas y los gráficos de tendencia de datos inherentes con la alarma, también el dar solución a problemas simples, depurar errores o actualizaciones en los equipos que se encuentra en producción sin que exista la necesidad de apagarlos, al reducir de manera significativa los tiempos de inactividad y mejorar así la productividad del sistema. (Siemens, 2017: 83-90)

**Control.** - Ofrece la posibilidad de realizar operaciones de encendido y apagado de la planta o proceso directamente desde una ubicación remota sin que sea necesario acudir al sitio y manejar desde una pantalla táctil todo el sistema. Para permitir el seguimiento y control del funcionamiento de una manera muy flexible.

### **1.21. Pantalla HMI TouchWin Xinje**

La pantalla de interfaz hombre máquina TouchWin Xinje es una pantalla táctil de la serie TH se basan en productos de la serie TP. No solo tiene el lenguaje, funciones de edición de caracteres, visualización de datos, monitor y alarma, pero también tiene 65536 LCD a color real que puede traerle nuevo disfrute de la visión. Tiene la ventaja de una gran capacidad de datos duplicación y amigable interfaz de usuario. Proporciona la solución humanizada perfecta para industrial sistema, facilita controlar el sistema. (Xinje E. , 2014: 73)

Este dispositivo presenta varias características de presentación dentro de las cuales se puede mencionar las que más se pueden visualizar y mencionar que son las siguientes:

- Tamaño de LCD: 4.7 ", 7", 8 ", 10.1", 10.4 ".
- Colores: 65536 TFT color verdadero, soporte BMP, formato JPG, mostrar más animado.
- Ajuste la función para la pantalla táctil.
- Apoye el lenguaje multinacional: chino, inglés, japonés, coreano.

- Define la fuente como usted como, subrayado de soporte, cursiva, negrita, sombra y otras palabras de arte.

La Figura 1.47 muestra el modelo y serie del equipo utilizado en el proyecto cabe destacar que este dispositivo es de fácil acoplamiento al controlador lógico programable que es de marca Siemens mientras tanto la pantalla es de marca Xinje mediante el software de gestión que es muy versátil y permite homologar las marcas y trabajar conjuntamente mediante el diseño y configuración de funcionamiento de la máquina al satisfacer las necesidades de producción en línea de una máquina industrial.



**Figura 1. 47 Pantalla TouchWin Xinje**

Fuente: (Xinje, 2015)

En este tipo de pantallas industriales se puede mencionar el control de interruptor, monitor dinámico y visualización de datos, mapa de barras, mapa de tendencias en tiempo real, tendencia de tiempo mapa, mapa de tendencias XY, mapa de columnas discretas / continuas, alarma en tiempo real, registro de alarmas históricas en la colección función de almacenamiento y recolección de datos definida por el usuario establecer la autoridad del usuario, 9 niveles de protección con contraseña simular en línea / fuera de línea, cargar / descargar datos, función de configuración puerto USB en el interior, se puede conectar el disco flash para realizar la función de duplicación de datos, velocidad 480Mbps. (Xinje E. , 2014: 73)

Este tipo de pantalla posee dos puertos de comunicación de forma independiente que pueden conectar dos dispositivos diferentes al mismo tiempo al tener la posibilidad de manejar la impresora del panel directamente, de manera económica y flexible también admite la comunicación de formato libre, el usuario edita el programa del controlador. (Xinje E. , 2014: 73)

En la Figura 1.48 se puede observar la pantalla que se despliega para la interacción entre el operador y la máquina con todas las características mencionadas en los párrafos anteriores donde se observa los parámetros que pueden ser modificados, indicadores, alarmas entre otros.

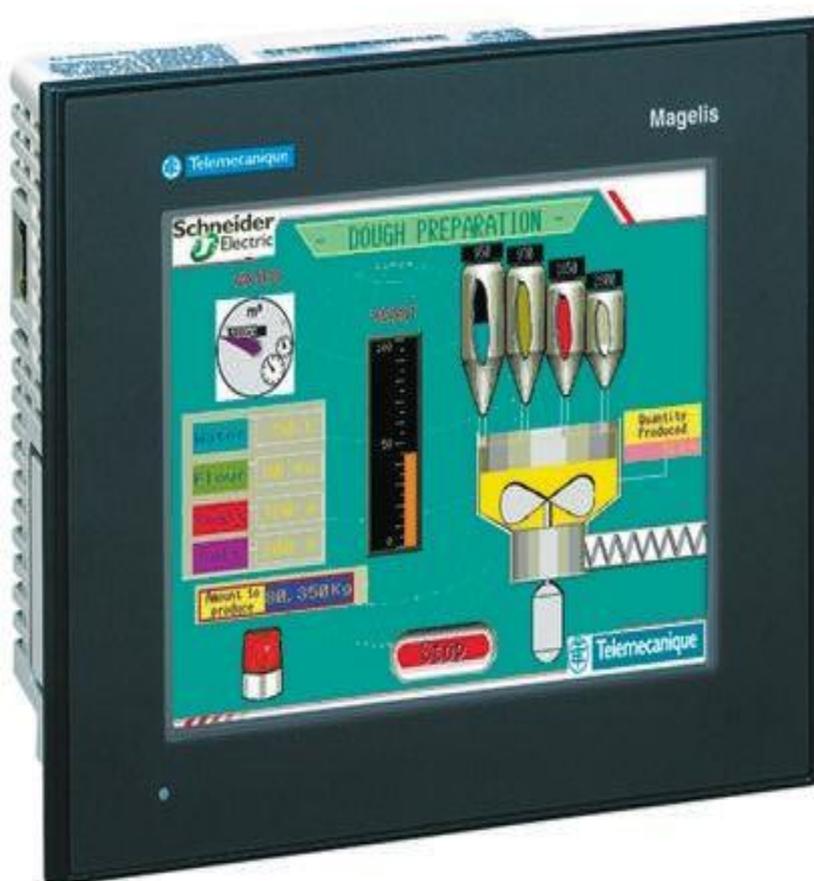


Figura 1. 48 Pantalla HMI

Fuente: (Schneider, 2017)

## 1.22. Software de Programación TIA PORTAL (Totally Integrated Automation)

Para el desarrollo de este proyecto fue utilizada la plataforma de desarrollo creada por Siemens, llamada TIA PORTAL (Totally Integrated Automation), debido a su funcionalidad

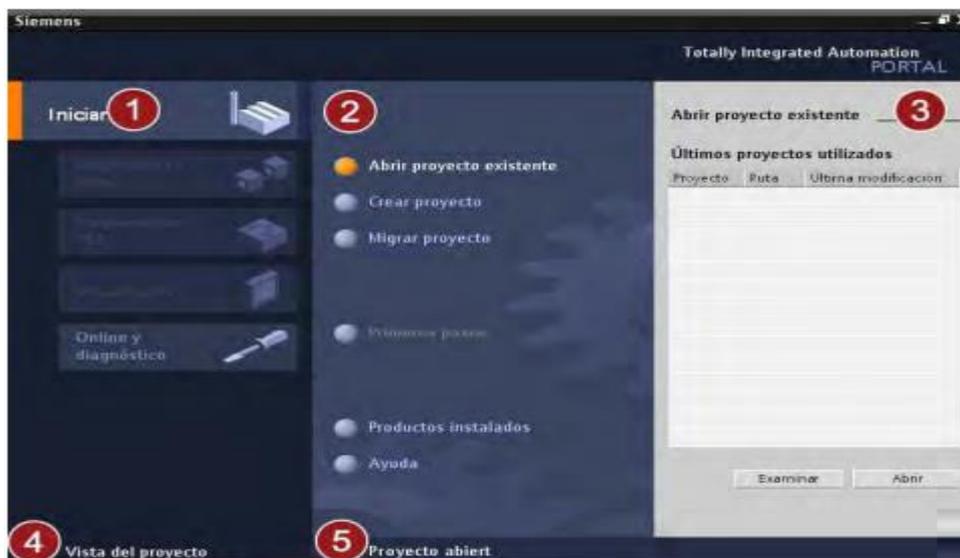
al integrar equipos industriales a los procesos de automatización y control. Esta aplicación demanda una alta cantidad de recursos de máquina, por lo cual su fabricante sugiere como requisitos utilizar un computador de al menos 8 núcleos y de 8 GB o más de memoria RAM para su correcto funcionamiento. **(Siemens S. , 2010: 22)**

El software ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, al incluir herramientas que gestionan y configuran todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI en este software se puede desarrollar los diseños de configuración en dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente. **(Siemens S. , 2010: 22)**

#### **1.22.1. Vista del Portal en el software TIA Portal**

Para aumentar la productividad, el Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) ofrece vistas diferentes de las herramientas disponibles, a saber: distintos portales orientados a tareas organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del portal ofrece una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las funciones de las herramientas según las tareas que deban realizarse, configurar los componentes de hardware y las redes en la Figura 1.49 se puede observar la presentación o vista principal del software.



**Figura 1. 49 Vista del portal del Software TIA Portal**

Fuente: (Siemens S. , 2010: 22)

De acuerdo con la Figura 1.49 las partes de la vista de presentación son:

- ① Los Portales para las distintas tareas  
Los portales proveen las funciones básicas para las distintas tareas, los portales disponibles en la vista del portal dependen de los productos instalados.
- ② Acciones del portal seleccionado  
Aquí aparecen las acciones que se pueden ejecutar en el portal en cuestión y que pueden variar en función del portal. El acceso contextual a la Ayuda es posible desde cualquier portal.
- ③ Ventana de selección de la acción seleccionada  
La ventana de selección está disponible en todos los portales. El contenido de la ventana se adapta a la selección actual.
- ④ Cambiar a la vista del proyecto  
El enlace "Vista del proyecto" permite cambiar a la vista del proyecto.
- ⑤ Indicación del proyecto abierto actualmente

### 1.22.2. Vista del Proyecto en el Software TIA Portal

La vista del proyecto ofrece una vista estructurada de todos los componentes de un proyecto. En la vista del proyecto hay distintos editores disponibles que ayudan a crear y editar los respectivos componentes del proyecto, en la Figura 1.50 se pueden apreciar todos los puntos relevantes dentro de la presentación vista del proyecto. (Siemens S. , 2010: 22)

Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse, La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto. Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado o finalizado.

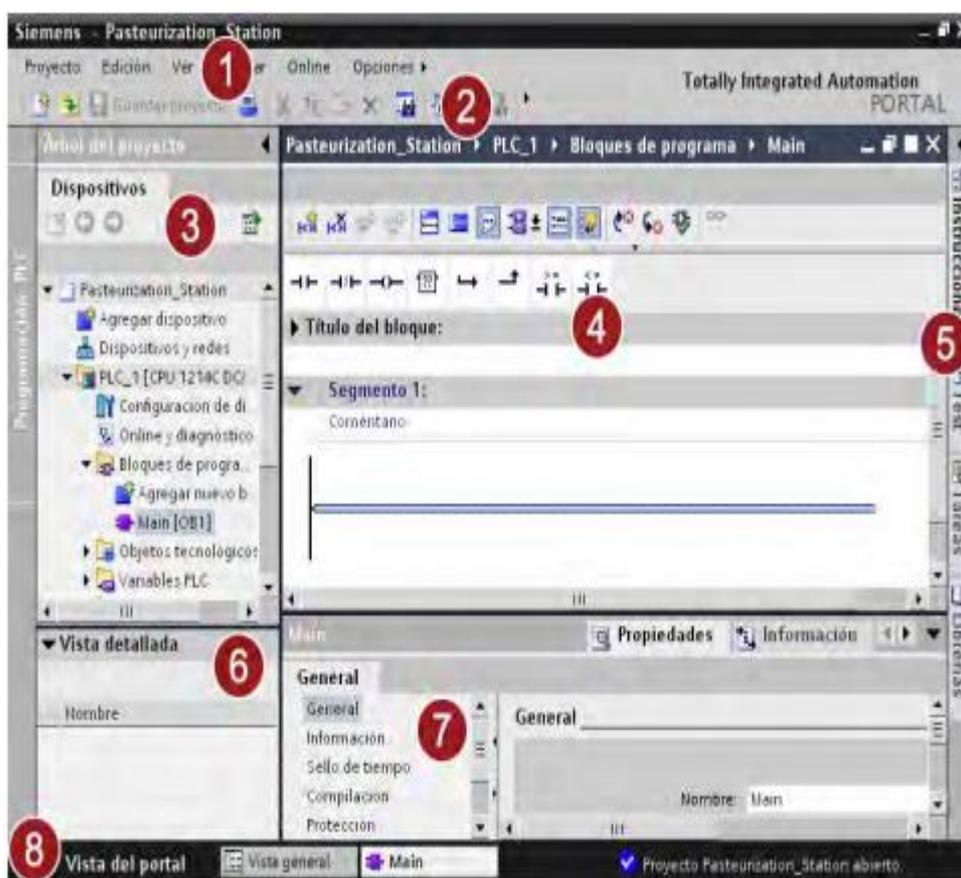


Figura 1. 50 Vista del proyecto del Software TIA Portal

Fuente: (Siemens S. , 2010: 22)

- ① Barra de menús:  
En la barra de menús se encuentran todos los comandos necesarios para trabajar con el software.
- ② Barra de herramientas:  
La barra de herramientas contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes. De esta manera es posible acceder más rápidamente a los comandos que desde los menús.
- ③ Árbol del proyecto:  
A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto. En el árbol del proyecto pueden realizarse p. ej. las siguientes acciones: Agregar componentes, Editar componentes existentes, Consultar y modificar las propiedades de los componentes existentes.
- ④ Área de trabajo:  
En el área de trabajo se visualizan los objetos que se abren para editarlos.
- ⑤ Task Cards:  
Las Task Cards están disponibles en función del objeto editado o seleccionado. Las Task Cards disponibles se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla. Se pueden expandir y contraer en todo momento.
- ⑥ Vista detallada:  
En la vista detallada se visualizan determinados contenidos del objeto seleccionado. Los contenidos posibles son p. ej. listas de textos o variables.
- ⑦ Ventana de inspección:  
En la ventana de inspección se visualiza información adicional sobre el objeto seleccionado o sobre las acciones realizadas.

### 1.23. Software TouchWin para configuración de pantalla

El software de gestión que permite desarrollar el diseño de la programación del programa que va a controlar la pantalla de acuerdo con la necesidad de cumplir la satisfacción de la máquina industrial de envoltura de caramelos es el TouchWin Edit Tool en su versión más actual la cual brinda todas las herramientas disponibles para desarrollar una configuración completa con botones, pulsadores, texto e incluso imágenes animadas, el desarrollo de la edición y diseño del programa va de la mano del diseño de la programación del PLC debido a que se maneja directamente las variables de trabajo.

En la Figura 1.51 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del software desde el momento de la instalación del software TouchWin hasta editar y ejecutar el funcionamiento o simulación de un proyecto finalizado.



Figura 1. 51 Diagrama de flujo del funcionamiento del Software TouchWin

Fuente: (Xinje E. , 2014: 73)

### 1.23.1. Vista del proyecto en el software TouchWin

En la Figura 1.52 se puede apreciar todas las funciones que facilita el software TouchWin para realizar el diseño que se necesita con todos los detalles de funcionamiento, sus partes principales son Barra de Proyecto, Área de Edición, Menú, Barra de Herramientas, y Barra de Estado.

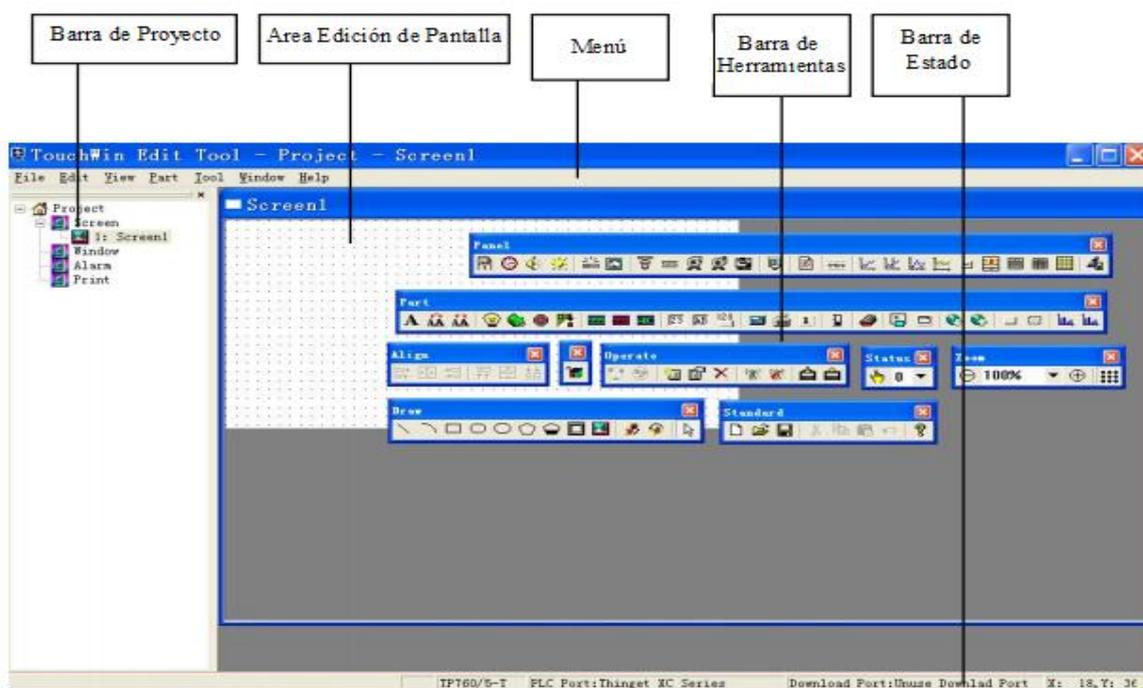


Figura 1. 52 Vista del Proyecto del Software TouchWin

Fuente: (Xinje E. , 2014: 73)

**Barra de proyecto:** crear, eliminar, copiar, cortar el funcionamiento de la pantalla y la ventana.

**Área de edición de pantalla:** crea el proyecto en esta área

**Menú:** incluye archivo, edición, vista, herramienta, parte, ventana y ayuda.

**Barra de Herramientas:** incluye estándar, parte, panel, operar, estado, zoom, dibujar y alinear.

**Barra de estado:** incluye tipo HMI, dispositivo de puerto PLC y dispositivo de puerto de descarga.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Metodología

El enfoque realizado en el presente trabajo de titulación es de tipo experimental, puesto que el interés del proyecto está orientado hacia la experimentación de la automatización y control uso de recursos técnicos obsoletos, en abandono y equipos con los que desarrollan proyectos en los cuales se basó la presente, estos recursos y equipos son, una máquina de envoltura de caramelos, PLC siemens S7-1200, pantalla touch SIMATIC y los *software* de programación TIA, para realizar la reconstrucción de la máquina mencionada anteriormente. La investigación se sub dividirá en 3 fragmentos importantes: técnicas de recolección de información, variables independientes y dependientes, y obtención de resultados.

##### 2.1.1. Técnicas de recolección de información

Se plantean dos técnicas de recolección de información, las mismas se enuncian a continuación:

###### 2.1.1.1. Técnica inicial de fuentes virtuales.

Corresponde a las etapas de planeación y diseño del sistema, durante las cuales se trabajará con fuentes disponibles principalmente en la web. De allí se escogerán y seleccionarán los documentos que aporten a los intereses de la investigación, para lo cual se evaluarán tres aspectos a cada documento.

- Pertinencia del documento. - Es decir, que la información contenida en el mismo corresponda a alguno de los siguientes tópicos: controladores digitales y procesos de automatización y control.
- Validez científica del documento. - se requiere que toda fuente que aporte información a la investigación tenga un respaldo científico sólido, para lo cual, todo documento deberá estar respaldado por una entidad acreditada o reconocida, de modo que a pesar de la existencia de sitios web tales como foros y páginas personales, solo se tendrán en cuenta las que tengan el respaldo de facultades y escuelas de ingeniería, empresas privadas relacionadas con procesamiento y tratamiento de señales digitales,

- así como entidades dedicadas a la investigación tales como *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*.
- Soporte Bibliográfico. - Toda publicación tiene un respaldo bibliográfico, incluso las que se hallan en red, pero se omitirán todos los documentos que se encuentren incompletos o que por alguna razón no contengan una relación con las líneas de investigación.

#### **2.1.1.2. Técnica complementaria de medición.**

Esta técnica corresponde a la segunda etapa, en la cual se evalúa el desempeño del sistema una vez que este se encuentra en funcionamiento.

### **2.1.2. Variables**

#### **2.1.2.1. Variables independientes.**

Las condiciones piezoeléctricas de los materiales mecánicos que permiten automatizar los procesos de envoltura pueden verse afectados al tener la sensibilidad y fragilidad de estos elementos y sus componentes ante el uso continuo. Por los antecedentes mencionados y ante la posibilidad de ser expuestos a movimientos bruscos y niveles de presión inapropiada, aumenta la posibilidad de que los componentes eléctricos, electrónicos, seguridad y control lleguen a presentar diferencias en su rendimiento al tener tendencia al alejamiento del sistema de su condición ideal de funcionamiento.

#### **2.1.2.2. Variables dependientes.**

Las características técnicas del ordenador bajo el cual se trabaje pueden disminuir o no, las posibilidades que ofrecen el software TIA SIMATIC en cada una de sus versiones. De igual manera, el rendimiento del programa es afectado, si los recursos de memoria y procesador que se quieren en el tratamiento de las señales están comprometidos por las necesidades del sistema operativo para atender otras tareas como funciones gráficas.

Con el fin de cumplir con el objetivo del proyecto de titulación se da a conocer las etapas del proyecto mismas que se especifican en el siguiente Capítulo, ítem 4.3.

## **2.2. Metodología del proceso investigativo**

La metodología de la investigación puede definirse al especificar los métodos y técnicas que van a ser empleadas en cada una de las etapas de la investigación, en la Tabla

1 se puede observar y verificar tanto las técnicas como métodos que se van a llevar a cabo a lo largo del presente proyecto de titulación, para conseguir el objetivo principal del mismo con un rendimiento, efectividad y eficiencia requerido por la necesidad de producción.

**Tabla 1 Metodología de la investigación**

Etapa de investigación	Métodos			Técnicas
	Empíricos	Teóricos	Matemáticos	
<b>Fundamentación Teórica</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivo</li> <li>• Deductivo</li> <li>• Sistemático</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica</li> </ul>
<b>Marco Metodológico</b>	Revisión documental <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de información</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de hipótesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de Criterios de expertos</li> </ul>
<b>Propuesta</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivo</li> <li>• Deductivo</li> <li>• Sistemático</li> </ul>		
<b>Implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentos</li> <li>• Otros métodos empíricos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de hipótesis</li> </ul>	

**Fuente: (Elaborado por el Autor)**

Con la metodología que se verifica en la Tabla 1 se puede iniciar con la descripción de la estructura del proyecto, en el cual las técnicas que se usan en cada de las etapas estarán estrictamente basadas en lo que se observa anteriormente, cabe recalcar que dicha estructura se detalla en Capítulo 4 y es parte del comienzo de la implementación del sistema de automatización y control que se realiza para la obtención de resultados deseados.

La metodología que se muestra en la Tabla 1 es de gran ayuda en el desempeño de la parte investigativa del proyecto debido a que mediante esta tabla se puede crear un procedimiento establecido de recopilación de información debido a que para desarrollar un proyecto de titulación se debe tener todos los estándares amparados por la ley al seguir un correcto levantamiento de información, todo el trabajo realizado está basado en la guía de proyecto de titulación que ha facilitado la estructura del documento escrito.

## CAPÍTULO 3

### 3. PROPUESTA

#### 3.1. Diagrama General

Al tener en cuenta que la propuesta es la base para iniciar con la implementación del proyecto, es necesario partir de un diagrama el cual permita identificar cada uno de los componentes de hardware y que posteriormente serán automatizados y controlados mediante software, para determinar el funcionamiento general y de esta manera cumplir con el objetivo principal del presente proyecto, por tal razón se detalla el siguiente diagrama que se muestra en la Figura 3.1.:

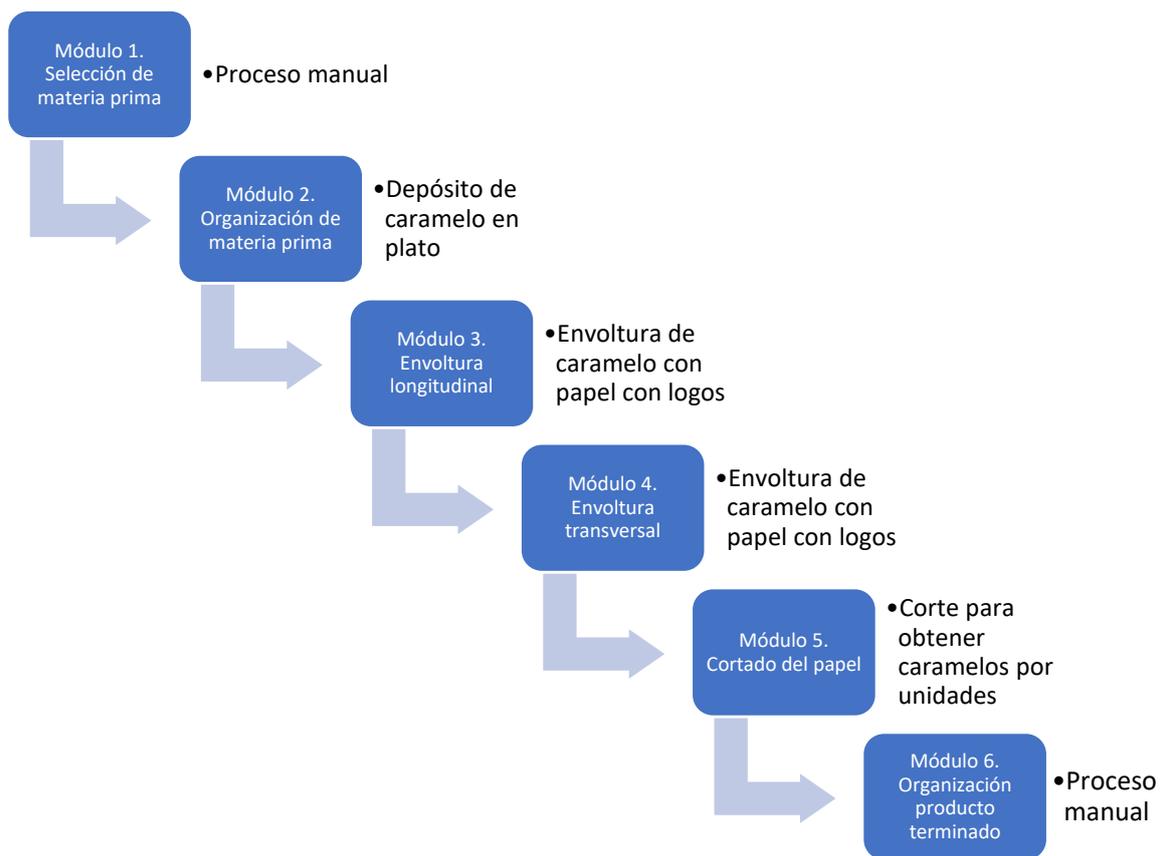


Figura 3. 1 Diagrama general del empaquetado de caramelos

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

En la Figura 3.1 se observa los módulos que permite determinar el proceso que cumple la máquina al especificar cada uno de los elementos y componentes eléctricos y electrónicos, en cada uno de estos módulos que componen la misma se puede verificar que se va a cumplir con cada uno de los procesos necesarios para obtener un producto de calidad, mismo que va a ser comparado con envolturas de caramelo provenientes de máquinas nuevas, cabe recalcar, que cada uno de los procesos que se visualizan en la gráfica son descritos a continuación:

### **3.1.1. Descripción Módulos**

En el presente apartado se describen de forma específica los componentes eléctricos y electrónicos que se utilizan en cada uno de los módulos y que permiten cumplir el procedimiento necesario para realizar la envoltura de caramelos y obtener un trabajo eficiente y de alta calidad, es importante subrayar, que la presente descripción se la realiza de forma documentada todo lo realizado en el proyecto de titulación.

#### **3.1.1.1. Módulo 1 - Selección de materia prima**

En este primer módulo se detalla la forma en la que la materia prima (caramelos) son organizados antes de poner el producto en la máquina que procede a realizar su envoltura como se puede observar en la Figura 3.2, este proceso es necesario ya que los caramelos pasan por un control de calidad antes de ser envueltos, es importante destacar que este primer proceso se lo realiza con la ayuda de un operario, es por ello, que al utilizar un PLC en conjunto con la pantalla Touch se conoce al proceso como hombre-máquina.



**Figura 3. 2 Organización de materia prima para envolver caramelos**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

Luego de pasar por un proceso previo en el cual se comprueba los estándares de calidad del caramelo como materia prima principal, en la Figura 3.2 se observa la forma en la que los caramelos se organizan en contenedores para ser depositados en la máquina y dar inicio con el procedimiento de envoltura, la principal novedad es que para depositar los caramelos en la máquina se necesita de un operador el cual realiza el proceso de depósito de caramelos de forma manual en la tolva de la máquina, de esta forma culmina el primer proceso y descripción del módulo número uno.

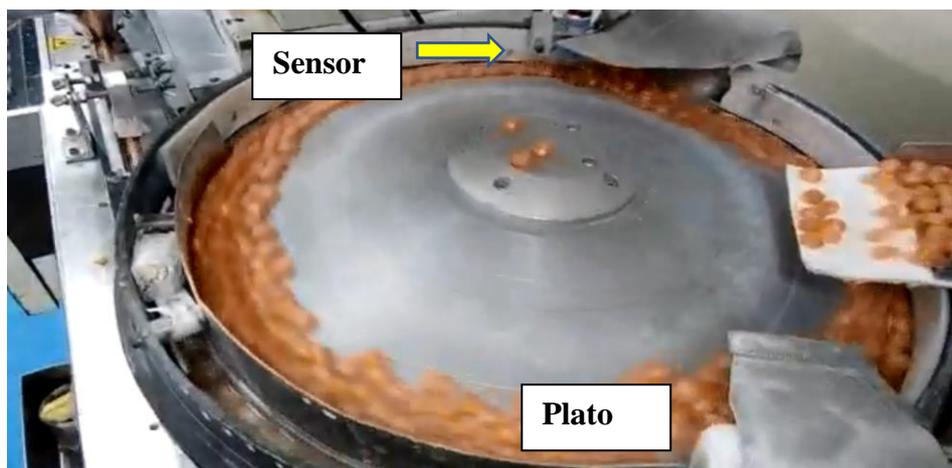
### 3.1.1.2. Módulo 2 – Organización de materia prima

Una vez que el operador ha depositado por primera vez los caramelos en la tolva como se indicó en el primer módulo, él mismo presiona en el tablero de control el botón de inicio el cual permite a los caramelos que se encuentran en la tolva bajar por una rampa de tipo resbaladera vibradora y mediante el sensor fotoeléctrico de producto los caramelos se mantienen en la rampa o empiezan a caer al plato giratorio. El proceso que se acaba de mencionar se verifica en la Figura 3.3 y Figura 3.4.



**Figura 3. 3 Proceso de depósito y caída de los caramelos.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 3. 4 Elementos necesarios para control de caída de caramelos.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 3. 5 Proceso de control del sensor Fotoelectrico.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

En la Figura 3.4 y 3.5, se observa que el control de caída de caramelos se lo realiza mediante un sensor fotoeléctrico de proximidad el cual permite medir si hay caramelos suficientes en el plato o no, este se activa según la cantidad de materia prima que exista en el plato al permitir que los caramelos caigan al mismo o se mantengan en la rampa. Una vez que los caramelos han sido depositados en el plato estos tienen que pasar al proceso de envoltura, para ello los caramelos se depositan uno a uno en orificios del este que organiza todos los caramelos individualmente, este procedimiento se realiza gracias a la utilización de cepillos que permiten que cada caramelo tome un lugar específico y el excedente del mismo sea separado mediante estos cepillos, este procedimiento se observa en la Figura 3.6.

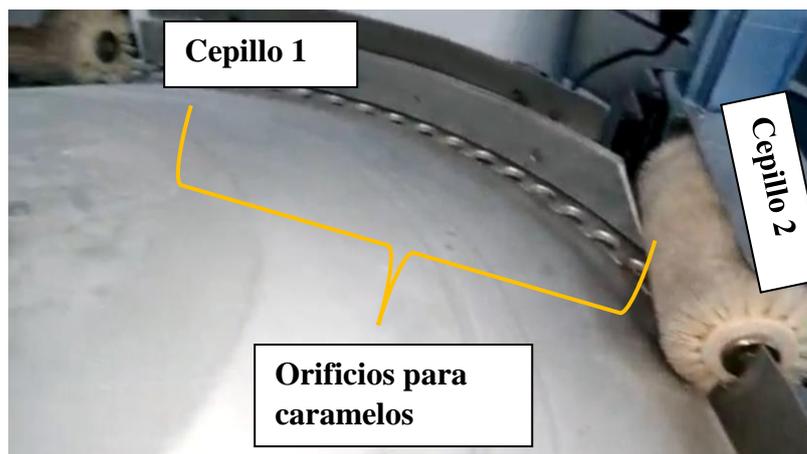


Figura 3. 6 Control de cepillos y orificios para ubicación de caramelos individuales.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



Figura 3. 7 Banda que transporta los caramelos al módulo 3.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

Una vez que los caramelos han tomado su posición en cada uno de los orificios, los cuales han sido destinados como se muestra en la Figura 3.6, estos pasan a una cadena que mediante los orificios en los cuales se ubicaron los caramelos permite el transporte de los mismos al proceso de envoltura, este procedimiento se observa en la Figura 3.7, para finalizar con este proceso los caramelos pasan por un último cepillo el cual los ubica de forma precisa en la posición correcta para realizar el sellado de los mismos.

### 3.1.1.3. Módulo 3 – Envoltura Longitudinal

Luego que los caramelos han sido organizados individualmente por medio de todo el proceso mecánico de ubicación desde la tolva hacia el vibrador dosificador de producto es ubicada en el plato giratorio el cual mediante los cepillos y la acción giratoria del mismo hacen que se ubiquen unitariamente dentro de cada orificio del plato el cual esta sincronizado

con una cadena de llevadores que ubican al caramelo individualmente de tal manera que estos pasan al proceso de sellado longitudinal, inmediatamente después de esto el papel de envoltura debe tener una ubicación exacta que de tal manera la publicidad o propaganda de la envoltura quede centrada exactamente, por ello se utiliza un sensor de contraste Visolux el cual permite tener una corrección de foto que logre centralizar el logo de la propaganda o marca también permite cubrir con papel etiquetado al caramelo y ayudar en el proceso para que estos pasen a su sellado longitudinal, este procedimiento el hardware tiene otros rodillos que realizan el sellado automáticamente, dichos rodillos se muestran en la Figura 3.8 que se indica a continuación:



**Figura 3. 8 Rodillos para proceso de sellado longitudinal**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 3. 9 Control de rodillos y mordazas para sellado de caramelos.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

El control de los rodillos el cual se lo realiza con controles de temperatura, a nivel de hardware se lo representa con un pequeño panel de control en el cual se puede cambiar o variar la temperatura para que el sellado sea ideal y los caramelos tengan un terminado de calidad sin desperfecciones, ya que se debe tener en cuenta que si el proceso falla en alguno de sus módulos los caramelos tendrá que ser desechados ya que no podrán salir a la venta, el tablero de control de temperatura obsoleto de la máquina antigua se observa en la Figura 3.9.

#### 3.1.1.4. Módulo 4 – Envoltura Transversal

El procedimiento para realizar el sellado transversal de caramelos es similar a lo descrito en el ítem anterior, con la única diferencia que, en vez de utilizar rodillos para el sellado, se usa mordazas como se puede apreciar en la Figura 3.10 y se mantiene el procedimiento de sellado transversal, de igual manera en la Figura 3.9 se puede observar el control de temperatura de mordazas obsoleto de la máquina antigua el cual se encuentra arriba del control de rodillos.



Figura 3. 10 Mordazas para sellado transversal.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 3.1.1.5. Módulo 5 – Cortado de Papel

Al terminar el proceso de sellado el penúltimo módulo indica el procedimiento para realizar el cortado de los caramelos y dividirlos de forma individual, para ello se utiliza un sistema neumático el cual es capaz de cortar cada empaque de caramelo mediante el control que se realiza mediante toda la implementación, es decir, el tamaño del corte depende de cómo la máquina se encuentre automatizada, esto se describe en el apartado de diseño de

hardware, en lo que corresponde a las mordazas de corte se muestran en la Figura 3.11 y son los encargados de realizar un producto de calidad, cabe recalcar, que es importante la precisión del corte y así no tener materia prima desechada.



**Figura 3. 11 Mordazas para corte de papel**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### **3.1.1.6. Módulo 6 – Organización Producto terminado**

Al terminar todo el procedimiento, descritos en los módulos 1 al 5, y al tener los caramelos envueltos de forma individual como se muestra en la Figura 3.12, el proceso con el cual se empezó la implementación se repite, es imprescindible tener un operador que tome los caramelos que una vez que fueron cortados, bajan por una rampa, los organice para enfundar y que los caramelos salgan al mercado, con este proceso a nivel de hardware el proyecto finaliza, sin embargo, en este apartado se menciona sensores y procedimientos que es necesario unificar a los procesos de software y complementar el principio de funcionamiento de la máquina.



**Figura 3. 12 Producto terminado después de todo el proceso**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### 3.2. Diseño de Hardware

Para el diseño de Hardware de la máquina de envoltura de caramelo que se desarrolla en el presente proyecto de titulación se define claramente varios módulos que facilitan de sobremanera la aplicación de herramientas tecnológicas y la experiencia de implementación que se posee para lograr el diseño deseado de acuerdo a las necesidades de producción, dicho esto se muestra en la Figura 3.13 los módulos de control que identifican el proceso a seguir con una lógica de funcionamiento, en donde se pueden definir los elementos a utilizar en la implementación del presente proyecto de titulación.

El diseño está basado en el módulo de control que lo opera centralmente el PLC, posterior a este módulo de visualización se constituye del dispositivo principal que es la pantalla TouchWin la misma que realiza la interfaz hombre máquina del presente proyecto de titulación, estos dos módulos son los más importantes al momento de realizar el diseño ya que se parte de las características de estos dispositivos para acoplar el resto de elementos que conforman todo el diseño de hardware tanto en circuito de control como en el circuito de potencia.

El módulo de hardware es uno de los componentes más importantes ya que según lo especificado en este se procede a realizar las conexiones necesarias para unificar los procesos individuales mediante los elementos principales de hardware que se han descrito en la Figura 3.14, los componentes eléctricos y electrónicos que permiten implementar la presente propuesta y satisfacen a plenitud toda la necesidad de la envoltura de caramelo en los más altos estándares de calidad con el cuidado de garantizar el sellado, largo de papel, centrado de imagen.

Fueron seleccionados después de conocer a cabalidad el proceso que desarrolla la máquina, el dispositivo de mayor importancia es el PLC SIEMENS SIMATIC-1200 debido a que al ser un controlador que permite la facilidad de adición de módulos que logran satisfacer funciones específicas tanto en señales analógicas y digitales, se acoplan sin ningún impedimento a la pantalla TouchWin de marca Xinje, estos dispositivos están relacionados dentro del diseño de hardware y software como elementos también de gran importancia como el encoder, variadores de frecuencia, sensores de contraste, fotoeléctricos e inductivos, la estructura de importancia de estos elementos se describe en la Figura 3.14 donde se visualiza los niveles de importancia en la implementación.

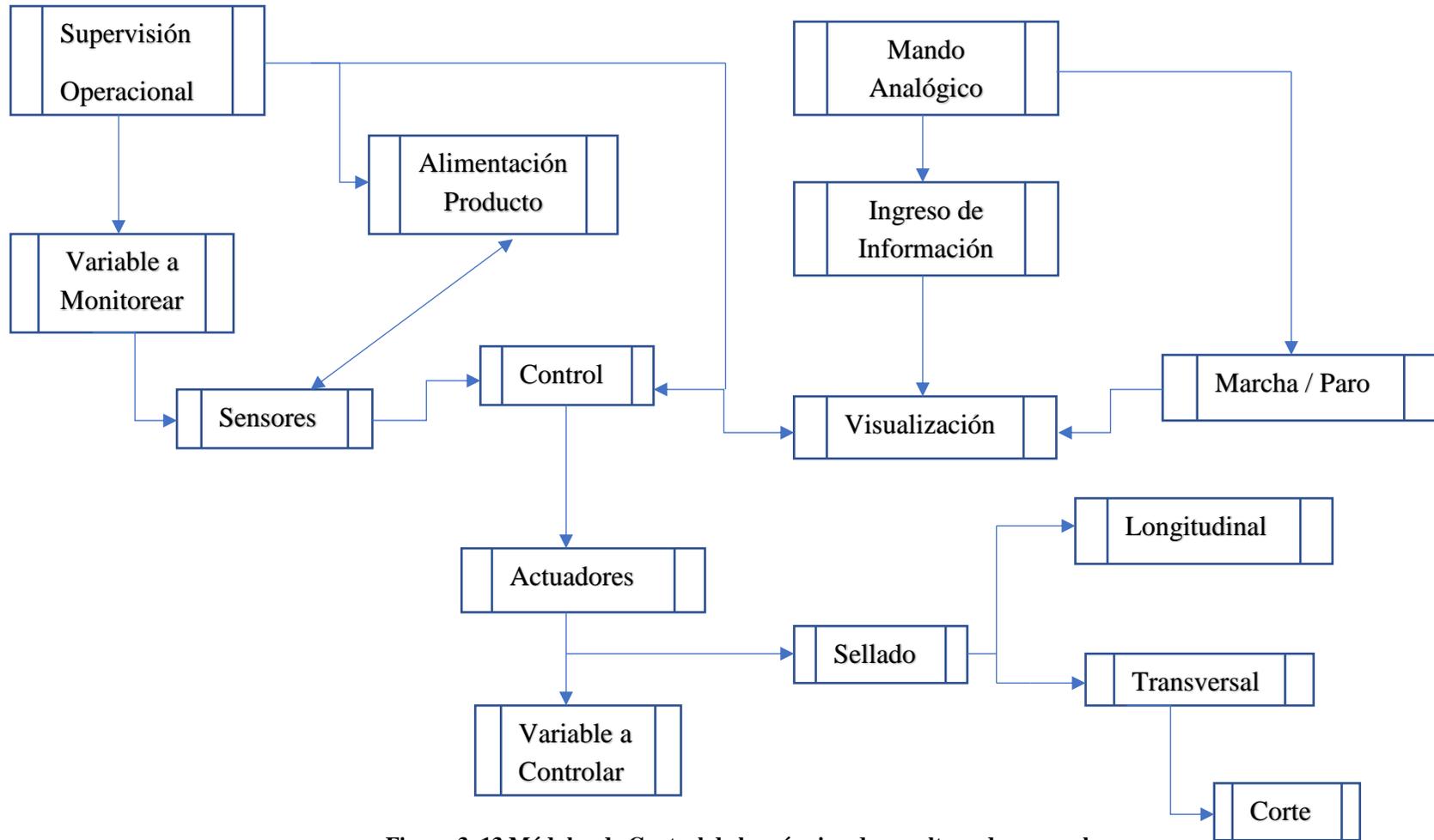
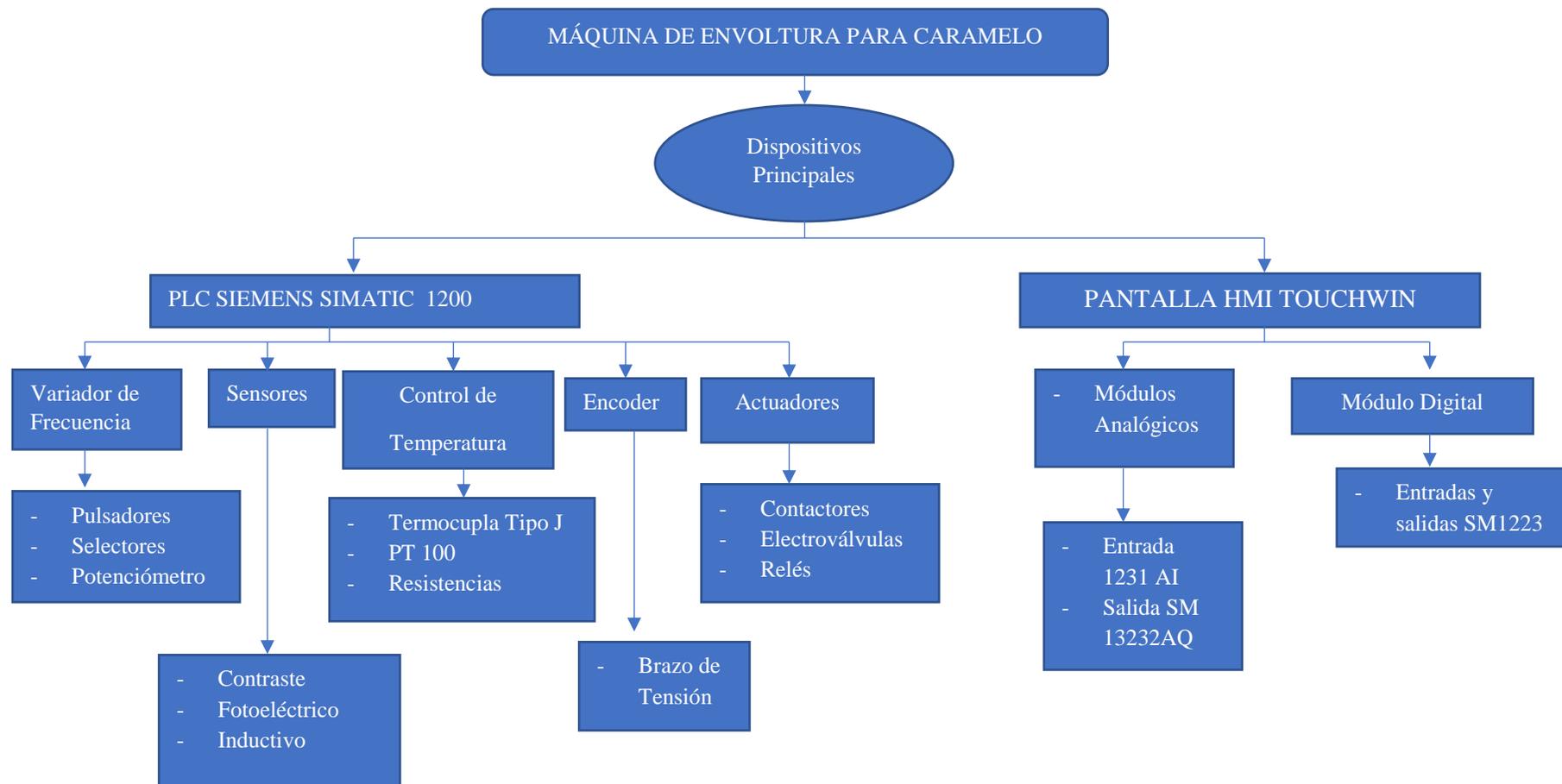


Figura 3. 13 Módulos de Control de la máquina de envoltura de caramelo

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



**Figura 3. 14 Diagrama de los elementos principales de hardware**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### 3.3. Diseño de Software

En la Figura 3.15 se muestra el diagrama de bloques que se realizó para el desarrollo del diseño del Software, cabe mencionar que la máquina de envoltura de caramelo del presente proyecto de titulación tiene dos dispositivos centrales dentro de toda la programación y son el PLC Siemens Simatic-1200 y la pantalla TouchWin Xinje los cuales mediante el desarrollo del software están configurados de tal manera que se comuniquen por medio de red serial R232 en el puerto COM1 de la pantalla HMI y en el puerto de red ethernet en el PLC.

Estos dos dispositivos electrónicos principales están configurados bajo dos programas madre que se diseñaron en el programa Tia Portal V13 para el caso del PLC Siemens y en el programa ToucWin Edit para el caso de la Pantalla TouchWin Xinje, estos dispositivos están acoplados electrónicamente mediante la configuración de variables, memorias, registros y comandos, de tal manera que el funcionamiento en combinación de todos los elementos de control y fuerza permita desarrollar la implementación satisfactoria del presente proyecto.

La lógica de diseño del software se da de la siguiente manera, inicia con una señal manual de run en el panel de mando del operador o a su vez en la interfaz HMI que ofrece la pantalla TouchWin, esta acción activa la salida Q0.5 del PLC la misma que pone en operación al variador de frecuencia principal, de esta manera por medio de las partes mecánicas que posee la máquina hace girar la cadena transportadora de producto que al estar conectada mecánicamente directo al plato giratorio dosificador, hace circular uno a uno el caramelo por medio de los rodillos de sellado y posteriormente en las mordazas de sellado transversal, posterior a esto le da el corte al mismo tiempo que sella con las mordazas.

Mediante el panel de operador se puede emitir la mayoría de mandos de funcionamiento de las partes de la máquina, debido a que en la pantalla los botones digitales son más de configuración inicial es decir que se utilizan únicamente para el arranque de funcionamiento hasta establecer los parámetros de largo de papel, centrado de logotipo, sellado longitudinal, transversal y finalmente el corte y separación de producto terminado.

En el desarrollo del Software se ocuparon las entradas del PLC que van del I0.0 al I1.5 y las salidas que van del Q0.0 al Q2.1 y con esto aprovechar al máximo las virtudes del PLC, además se adiciona al diseño la configuración de 3 módulos extras de maca Siemens.

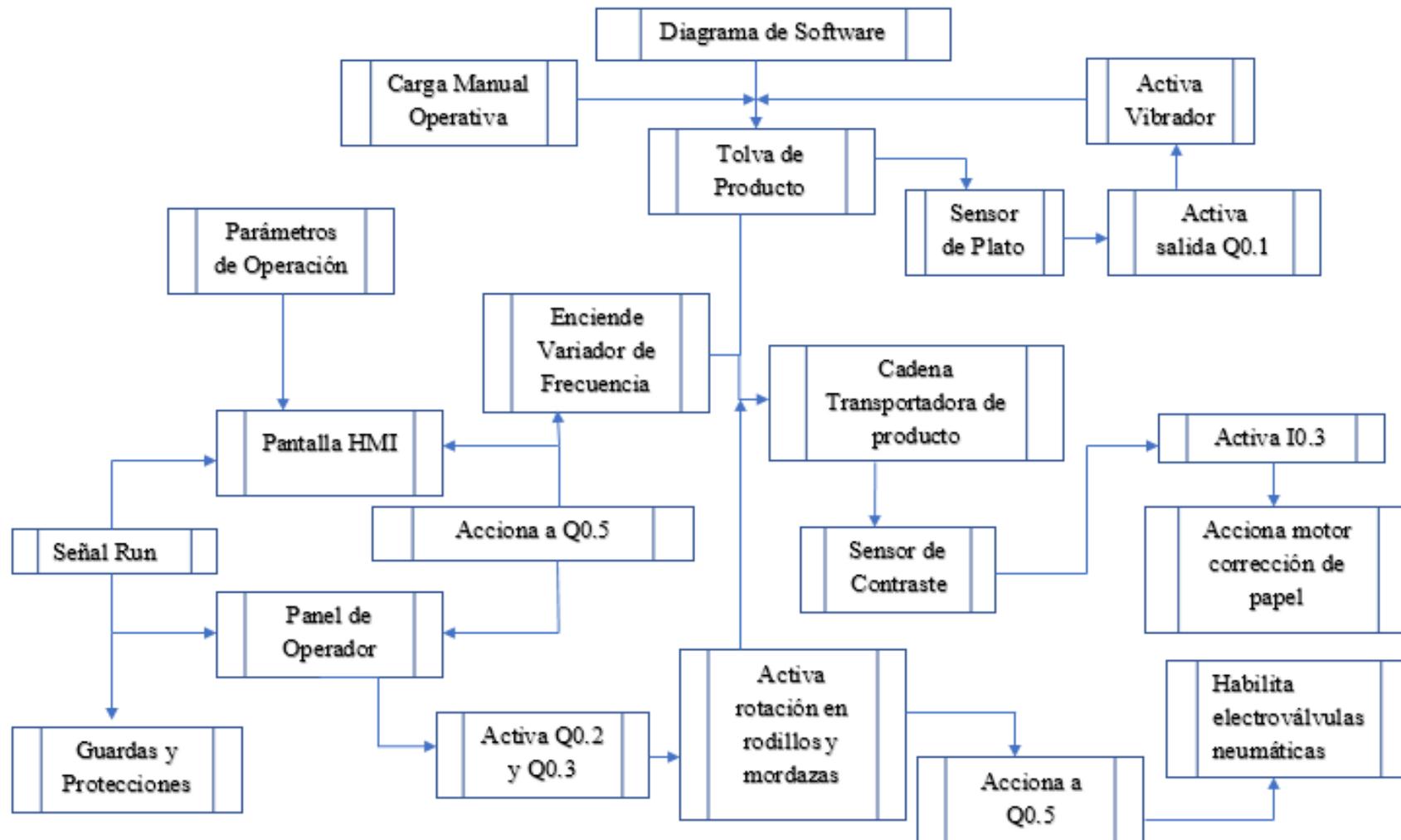


Figura 3. 15 Diagrama de bloques de control para desarrollo de software

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

### 3.3.1. Aspectos Técnicos de Dispositivos Propuestos

#### 3.3.1.1. PLC siemens S7-1200

El PLC S7-1200 desarrollado por la marca Siemens ofrece la flexibilidad en lo referente a disponibilidad de módulos analógicos y digitales que puedan corresponder perfectamente en toda la cobertura del proyecto al considerar la potencia necesaria que se requiere en el control de una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Las principales características del controlador por las cuales se utilizó en la automatización son mostradas en el siguiente diagrama que se muestra en la Figura 3.16:

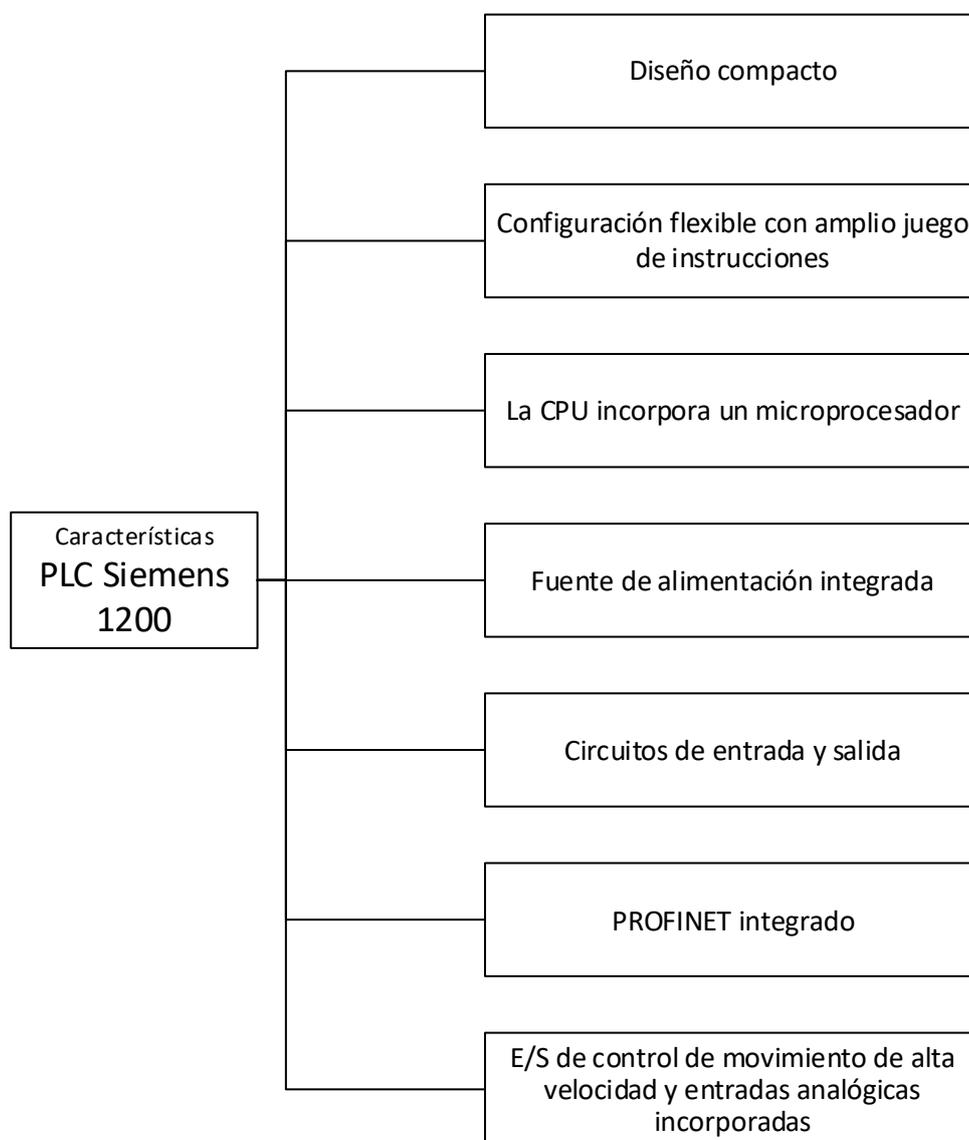


Figura 3. 16 Características principales de un PLC SIEMENS S7-1200

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

### 3.3.1.2. Pantalla de interfaz TouchWin

En la Figura 3.17 se puede apreciar la pantalla que se encontró en la máquina de envoltura de caramelos cuando se dejó en abandono, en el presente proyecto el dispositivo utilizó para reemplazar a la pantalla obsoleta y hacer la interfaz HMI del sistema es una pantalla TouchWin que presenta las siguientes características:

- Tamaño de Display 8"
- Color verdadero 65536 TFT full color, compatibilidad con BMP, formato JPG.
- Funciones ajustadas para pantalla táctil.
- Soporte para múltiples lenguajes: chino, inglés, japonés, coreano.
- Biblioteca de imágenes grandes, con modo de precarga, sin demora para el movimiento de la pantalla
- Control de interruptor, monitor dinámico y datos de visualización, mapa de barras, mapa de tendencias en tiempo real, tendencia de tiempo, mapa, mapa de tendencias XY, mapa de columnas discretas / continuas, alarma en tiempo real, registro de alarmas históricas.
- Función de almacenamiento y recolección de datos definida por el usuario
- 9 niveles de protección con contraseña definidos por usuario
- Simular en línea / fuera de línea, cargar / descargar datos, función de configuración.
- Puerto USB en el interior, conecte el disco flash para realizar la función de duplicación de datos, velocidad 480Mbps
- Puerto especial USB-B para la descarga de datos, hacer que la transferencia de datos sea más rápida.



Figura 3. 17 Pantalla HMI obsoleta de la máquina antigua

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

### 3.3.1.3. Variadores de frecuencia

En la Figura 3.18 se puede se muestra el variador de frecuencia principal de la máquina antigua que ya no está en funcionamiento y en el presente proyecto de titulación es reemplazado por los variadores de frecuencia Delta, IG5A, Telemecanique es estos variadores de frecuencia las funciones de cada uno están dados de acuerdo con el requerimiento de la máquina, debido a que cada uno de los variadores tienen diferentes parámetros de velocidad y rampa de funcionamiento

Los variadores de Frecuencia son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad de un motor al controlar la frecuencia entregada al motor, al mantener su torque constante (hasta la velocidad nominal), las designaciones de cada variador de frecuencia en la implementación del presente proyecto de titulación son:

- Variador Delta: 3HP, Maneja Velocidad del motor principal
- Variador IG5A: 1HP, Maneja Velocidad de rodillos dosificadores de producto.
- Variador Telemecanique: ½ HP, Maneja velocidad de motor de corrección de papel.



**Figura 3. 18 Variadores de Frecuencia obsoletos de la máquina antigua**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### 3.3.1.4. Encoder Hohner

En la Figura 3.19 se puede apreciar el encoder Hohner obsoleto y fuera de funcionamiento de la máquina antigua que era de 360 pulsos, en la implementación del presente proyecto de titulación el encoder que reemplaza al antiguo es un Encoder Hohner 21-231-200 y posee las siguientes características:

- Tensión de Alimentación: 5 V  $\pm$ 5%
- Consumo: Típico de 70 mA a máximo 150 mA
- Capacidad de carga máxima:  $\pm$ 20 mA
- Longitud de cable admisible: 1200 m
- Nivel de señal “Low”: VOL < 0,5 V
- Nivel de señal “High”: VOH > 2.5 V
- Frecuencia: 300 kHz
- Protección contra Cortocircuito: Si
- Protección Inversión Polaridad: No
- Canal B adelanta 90° eléctrica canal A

Los encoder Hohner incrementales producen una secuencia de impulsos de acuerdo con el desplazamiento de rotación de un eje. El número de rotaciones se puede detectar al contabilizar el número de pulsos. Los encoder Hohner absolutos generan el ángulo de rotación al utilizar un código absoluto. La posición de rotación se puede detectar al leer el código. Esto elimina la necesidad de regresar al origen o al inicio de la secuencia.



**Figura 3. 19 Encoder Hohner obsoleto de la máquina antigua**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### 3.3.1.5. Sensores fotoeléctricos Sick

En la Figura 3.20 se puede apreciar el sensor fotoeléctrico obsoleto y fuera de funcionamiento que utiliza la máquina antigua, en la implementación del presente proyecto de titulación, el sensor a utilizar es el sensor fotoeléctrico sick que está ubicado en el plato dosificador de producto.

El sensor fotoeléctrico npn sick que se va a emplear en el proyecto contiene las siguientes características entregadas por el fabricante:

- El mejor rendimiento óptico gracias a su tecnología OES
- Óptica de auto colimación en las fotocélulas de reflexión sobre espejo
- Supresor de fondo y del primer plano con un segundo LED emisor en las fotocélulas de reflexión directa
- Punto de luz de localización con excelente visibilidad y precisión, y transmisor IR con amplia energía
- Carcasa metálica muy robusta con revestimiento de teflón opcional
- Múltiples opciones de montaje en agujeros pasantes y ciegos, así como oblongos y de cola de milano
- Configuración flexible de los sensores, monitorización, visualización y diagnóstico ampliado gracias a IO-Link.
- Sensibilidad ajustable por medio de atornillador
- Fácil implementación por medio de tornillos de ajuste



**Figura 3. 20 Sensor Fotoeléctrico obsoleto de la máquina antigua**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

### 3.3.1.6. Termocupla tipo J

Las termocuplas son los sensores de temperatura más utilizada en la industria. Se compone de dos alambres de distinto material, el tipo “J” están compuestas por hierro y constan (aleación de cobre y níquel) unidos en un extremo que al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios el cual fluctúa con la temperatura.

En la Figura 3.21 se muestra una de las termocuplas tipo J obsoleta que utiliza la máquina antigua, la cual va a ser reemplazada por una termocupla tipo J de menor tamaño acoplada a los rodillos en un alojamiento implementado para este proyecto de titulación, las características de la nueva termocupla son las siguientes:

- Calibre AWG (mm): 28= 0,33 soporta 320 °C
- Límite de error: +/- 2°C o +/- 0,75%
- Dimensión: 10mm de largo por 4mm de ancho y 2mm de espesor



**Figura 3. 21 Termocupla tipo J obsoleta de la máquina antigua**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

## 3.4. Descripción del Proyecto

En el proyecto que se va a realizar se cuenta con la estructura metálica de lo que fue una máquina para envoltura de caramelos que al momento se encuentra en un estado deplorable y en desuso debido a que por su condición se la ha dejado en total abandono por varios años.

Lo que se quiere lograr con este proyecto es la automatización de dicha máquina con el diseño e implementación de dispositivos electrónicos dispuestos de tal manera que la máquina vuelva a desempeñar todas las funciones al 100% de su rendimiento.

Mediante el desarrollo de este proyecto la fábrica de producción de caramelos logra obtener un elevado beneficio en cuanto a costos de maquinaria debido a que al invertir en la rehabilitación de una máquina que se encuentra obsoleta y en abandono tiene como resultado una máquina para envoltura de caramelos que va a quedar en funcionamiento como una máquina completamente nueva a un valor económico reducido.

Al habilitar la máquina para envoltura de caramelos adquirida en la subasta a la multinacional Mondeléz con la finalidad de poner operativa a toda la estructura mecánica, eléctrica y electrónica con el beneficio directo de reemplazar dos máquinas de envoltura de caramelo existentes en el área ara así beneficiar la producción al proyectar el triple de kilos de caramelo envuelto en menos tiempo que la actualidad.

Con la realización del overhaul general de la máquina de envoltura de caramelos se logra dejar operativa en su totalidad al incrementar el desempeño en el área, lo que garantizar el cumplimiento de los planes de producción.

Además, al habilitar sistemas de seguridad dentro del diseño de hardware y software se precautela la integridad del personal operativo, así como de la máquina, estas mejoras permiten posicionar a la máquina de envoltura de caramelos en los más altos estándares de producción que permiten cumplir con las regulaciones locales y OSHA.

Con la implementación de este proyecto de titulación se planea cumplir los planes de producción con reducción de mano de obra directa al suplantar 3 personas por maquinaria de alta eficiencia, en este caso una máquina que reemplazará a dos máquinas existentes que realizan la misma operación, pero en tiempos prolongados.

Para detallar la descripción del presente proyecto de titulación es de suma importancia conocer el resultado final esperado de la máquina en la cual se va a intervenir por ende se mencionan a continuación las características generales de funcionamiento final:

- Alimentador vibratorio con regulación automática a 220v
- Rampa de clasificación y descarte de producto dañado integrado en la tolva

- Implementación de PLC Siemens Simatic-1200
- Panel de Interfaz con pantalla TouchWin
- Panel de control de operador de maquinaria.
- Voltaje 220V Trifásico
- Frecuencia: 60 Hz.
- Seis pares de mandíbulas en mordazas de sellado transversal y corte.
- Velocidad hasta 1200 golpes / min.
- Envoltura de papel cortada a 52 mm.

### 3.5. Análisis de Costos

Para la implementación del presente proyecto de investigación se ha realizado un previo análisis de costos, mismos que permiten en el Capítulo 4 evaluar directamente el desempeño de la máquina con la inversión realizada, de igual manera mediante este análisis se puede obtener un equivalente de la inversión realizada al obtener todos los recursos que permitan cumplir los requerimientos de todos los procesos y de esta forma cumplir con el objetivo principal del proyecto. Para desarrollar dicho análisis se presenta un diagrama de estructura de costos mismo que se detalla a continuación:

Tipo de costo	Costo Indirecto	Costo Directo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Materiales</li> <li>• Costos de manufactura adicionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirecta</li> <li>• De fabricación</li> <li>• Indirectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directa</li> <li>• De fabricación</li> </ul>

**Figura 3. 22 Costos de producción para máquina de envoltura de caramelo.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

Si bien en la Figura 3.22 se observa una relación entre costos directos e indirectos al momento de implementar la estructura del proyecto que se está por presentar, esta pasa a tomar un segundo plano ya que lo que interesa en un proyecto son las diferentes cotizaciones en las que se tome en cuenta los materiales a ser utilizados, es por ello, que en la Tabla 2 y 3 se detalla al menos dos cotizaciones en la cual se especifican los costos necesarios para obtener un rendimiento óptimo de la máquina y que a su vez su vida útil se asemeje a las características de máquinas de envoltura que son nuevas. Cabe recalcar que de las dos

cotizaciones que se indican se eligió a la de TIME INGENIERÍA debido a la experiencia de esta empresa en la parte mecánica de este tipo de maquinaria.

**Tabla 2 Cotización 1 de costos de producción y mantenimiento.**

TIME INGENIERÍA

ITEM	DESCRIPCIÓN	USD	OBSERVACIONES
1	MANTENIMIENTO DE TODAS LAS CAJAS REDUCTORAS Y TRANSMISIONES INTERNAS	8050	COTIZADO
2	CONSTRUCCION DE NUEVO PLEGADOR TIPO EUROSIGMA	750	COTIZADO
3	RECUPERACIÓN DE MORDAZAS REPARACIÓN CALIBRACIÓN	2340	COTIZADO
4	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	8630	COTIZADO
5	COSTO MÁQUINA MÁS ARANCELES E IMPORTACIÓN	5192,75	PAGADO
6	ACOMETIDAS	1000	ESTIMADO
TOTAL		25962,75	
10% IMPREVISTOS		2596,28	
<b>TOTAL DEL PROYECTO PARA APROBACIÓN</b>		<b>28559,03</b>	

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

**Tabla 3 Cotización 2 de costos de producción y mantenimiento.**

INDECOM

#	DESCRIPCIÓN	USD	OBSERVACIONES
1	MANTENIMIENTO DE TODAS LAS CAJAS REDUCTORAS Y TRANSMISIONES INTERNAS	3.850	COTIZADO
2	CONSTRUCCIÓN DE NUEVO PLEGADOR TIPO EUROSICMA	2.000	COTIZADO
3	RECUPERACIÓN DE MORDAZAS REPARACIÓN CALIBRACIÓN	2.000	COTIZADO
4	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	4.500	COTIZADO
5	COSTO MÁQUINA + ARANCELES E IMPORTACIÓN	5.192,75	PAGADO
6	ACOMETIDAS	1.000	ESTIMADO
TOTAL		18.543	
10% IMPREVISTOS		1.854	
<b>TOTAL DEL PROYECTO PARA APROBACIÓN</b>		<b>20.397</b>	

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

Si bien los datos que se visualizan en las dos tablas fueron obtenidos luego de analizar varias propuestas de distintos proveedores, al final la cotización que se selecciona es la que proviene de la Tabla 2 aunque es evidente que presenta un elevado en cuanto al costo se elige esta empresa por la experiencia que maneja en cuanto al sistema mecánico de sellado transversal y corte en las mordazas, es importante mencionar, que este valor es un estimado del costo total del proyecto ya que en este no se da el valor directamente de los costos en materiales que sufran algún desperfecto o daño, sin embargo, el valor es un aproximado que permite realizar un análisis de costo frente a rendimiento de la máquina una vez que esta sea implementada.

### **3.6. Análisis de Tiempos**

Con respecto a los tiempos para cumplir con los objetivos planteados, se realiza un cronograma de actividades el cual es representado en un diagrama de Gantt que permita visualizar cada una de las etapas y el desarrollo de las mismas, desde que el proyecto de titulación fue aprobado hasta la realización de la documentación lo cual se muestra en la Figura 3.23, cabe recalcar que este cronograma tiene fechas tentativas lo cual cambia a medida que se realizó la implementación del proyecto de titulación.

Mediante el diagrama de Gantt se puede realizar un análisis de tiempo que se destinó a la implementación del presente proyecto de titulación en la totalidad de su rehabilitación y por su puesto en la realización del tablero de control principal para la automatización de la máquina de envoltura de caramelos.

El tiempo hombre-máquina que se destinó para este proyecto es de alrededor de 85 días para el diseño, implementación, conexión, calibración y simulación de todo lo referente a la parte eléctrica y electrónica.

De igual manera se toma un tiempo prudencial para pruebas preliminares, simulación final y pruebas finales de 30 días, posterior a esto se procede a la entrega en su totalidad de la máquina a la parte de producción, no sin antes tener una capacitación de arranque de 5 días para que los operarios se familiaricen con las prestaciones que les ofrece la máquina y estos puedan aprovechar al máximo todas sus funciones.

En la Figura 3.23 se detalla el tiempo empleado en el desarrollo del presente proyecto de titulación.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	7	tri 4, 2017	tri 1, 2018	tri 2, 2018	tri 3, 2018									
						sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	
1		<b>PLANTEAMIENTO PIC</b>	<b>15,56 días</b>	<b>lun 16/10/17</b>	<b>jue 9/11/17</b>														
2		Desarrollo del Plan PIC	8 días	lun 16/10/17	jue 26/10/17														
3		Correccion de las Observaciones	2,81 días	jue 26/10/17	mar 31/10/17														
4		Presentacion Plan PIC	1 día	mar 31/10/17	mié 1/11/17														
5		Aprobacion del Plan PIC	3,75 días	mié 1/11/17	jue 9/11/17														
6		<b>DISEÑO DEL PROYECTO</b>	<b>83,44 días</b>	<b>lun 6/11/17</b>	<b>jue 15/3/18</b>														
7		Levantamiento de Planos	3 días	lun 6/11/17	jue 9/11/17														
8		Diseño del Tablero Electrico	10 días	mar 14/11/17	mar 28/11/17														
9		Implementación de actuadores	2 días	mié 29/11/17	vie 1/12/17														
10		Implementación de Sensores	2 días	vie 1/12/17	mar 5/12/17														
11		Diseño de paneles de mando	2 días	jue 7/12/17	lun 11/12/17														
12		Implementación de paneles de mando	2 días	vie 15/12/17	mar 19/12/17														
13		Diseño del programa del PLC	7 días	mié 20/12/17	mar 2/1/18														
14		Diseño del programa de la pantalla intouch	5 días	mar 2/1/18	mar 9/1/18														
15		Implementación de PLC	1 día	mié 10/1/18	jue 11/1/18														
16		Implementación de Pantalla TuchWin	1 día	vie 12/1/18	lun 15/1/18														
17		Conexión de circuito de Fuerza	5 días	mié 17/1/18	mié 24/1/18														
18		Conexión de Circuito de Control	5 días	jue 25/1/18	jue 1/2/18														
19		Instalación de Resistencias-Rodillos	3 días	vie 2/2/18	mié 7/2/18														
20		Instalación de Resistencias-Mordazas	3 días	jue 8/2/18	mar 13/2/18														
21		Instalación Controles de Temperatura	2,81 días	mié 14/2/18	vie 16/2/18														
22		Instalación PT100 y Termocupla Tipo J	1 día	lun 19/2/18	mié 21/2/18														
23		Conexión General y marquillado de terminales	15 días	jue 22/2/18	jue 15/3/18														

Proyecto: Tablero de control pr Fecha: mar 28/8/18	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

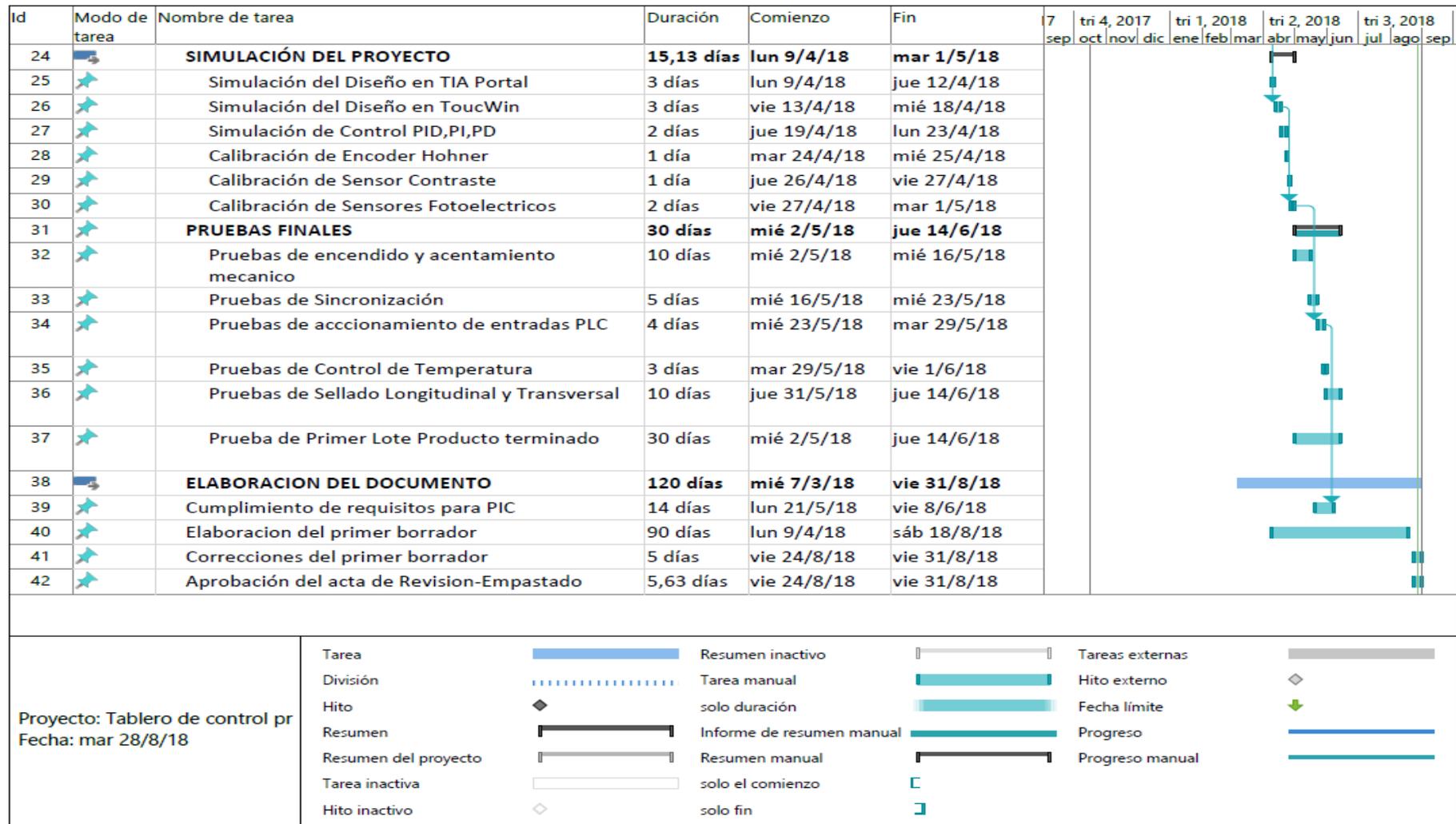


Figura 3. 23 Tiempos estimados para finalización del proyecto.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

### 3.7. Ventajas del Producto

Con el desarrollo e implementación del presente proyecto de titulación se obtiene un beneficio final que favorece directamente a la empresa que realiza la inversión, la máquina de envoltura para caramelos con el desarrollo de esta propuesta maneja las siguientes ventajas propias de la máquina y para conveniencia de la empresa:

- Mayor eficiencia de trabajo en producción (1200 golpes por minuto).
- Dimensión del plato de alimentación superior a las máquinas existentes en la empresa (110 cm).
- Mayor velocidad de producción (20 kilos en 3 minutos).
- Máquina para envoltura de caramelos a bajo costo.
- Ampliar la capacidad de producción de la empresa.
- Los elementos utilizados para la repotenciación de la máquina son de fácil sustitución en el mercado nacional.
- Reducción de mano de obra directa (3 personas)
- Interfaz de fácil entendimiento para el operador.
- Guardas de seguridad contra accidentes en todas sus compuertas.
- Sensor de Contraste de alta definición para trabajo en diversos ambientes.
- Encoder con protección de fusible mecánico.
- Cadena con llevadores de duralon pronunciados en cada eslabón.
- Voltaje de Funcionamiento de 220V Trifásico a 5 hilos, 3 Fases/ 1 Neutro/ 1 Tierra
- Protección Térmicas y Magnéticas para todos los elementos eléctricos y electrónicos.
- Tolva automática con capacidad para 60 kilos de caramelo.
- Facilidad de identificación de fallas mediante pantalla de detalle
- Descartador Neumático de envoltura vacía.
- Control de velocidad de cepillos dependiendo el producto
- Visualización HMI de alta definición
- Control de Proceso en marcha continua y por pulsos
- Amortiguamiento neumático en corte de mordazas.
- Embrague neumático de enclavamiento de plato dosificador.
- Menor margen de desperdicio de producto, cercos, cepillos y depósitos de caramelo son más amplios.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. IMPLEMENTACIÓN**

#### **4.1. Desarrollo**

En el presente capítulo se detalla específicamente a nivel de hardware y software el procedimiento para controlar y automatizar la máquina de envoltura de caramelos que hasta el momento se encuentra funcionalmente obsoleta y físicamente abandonada, es de suma importancia mencionar que en el presente ítem se detalla cada uno de los módulos y diagramas de flujo que se utilizan para cumplir con los objetivos del presente proyecto pero al final del mismo se realiza un resumen del principio de funcionamiento de la máquina que se está por recuperar, de esta manera se puede resumir y comprender de mejor manera el funcionamiento una vez que todos los módulos de hardware y software se encuentren implementados, las funciones de la máquina comienzan a desarrollar la operatividad y entrega resultados que serán puestos en análisis y que se detallan en el apartado 4.4.

##### **4.1.1. Diseño de Hardware**

En este apartado se presenta la descripción de los módulos que se utilizan para recuperar la máquina de envoltura de caramelos y que fueron mencionados en el Capítulo 3, cada uno de estos módulos serán detallados a nivel de hardware y cabe mencionar cada uno de los componentes eléctricos y electrónicos que se utilizan, cabe recalcar que se detallará el principio de funcionamiento y las funciones específicas que realiza cada uno de los mencionados componentes.

Para comprender de mejor manera el funcionamiento y la descripción de cada módulo y proceso se detalla el diseño que se realizó para la implementación de este proyecto de titulación, en los planos que se puede apreciar a continuación en cada uno de los apartados de detalla de manera gráfica como está constituida el tablero de control principal.

El funcionamiento de los procesos y mejoramiento del rendimiento de la máquina depende mucho del diseño de los circuitos que se puntualizan desde el apartado 4.1.1.1 hasta

el 4.1.1.5, una vez que se ha logrado el levantamiento del diseño se procede a la implementación del proyecto de titulación.

#### 4.1.1.1. Circuito de Control, Relés

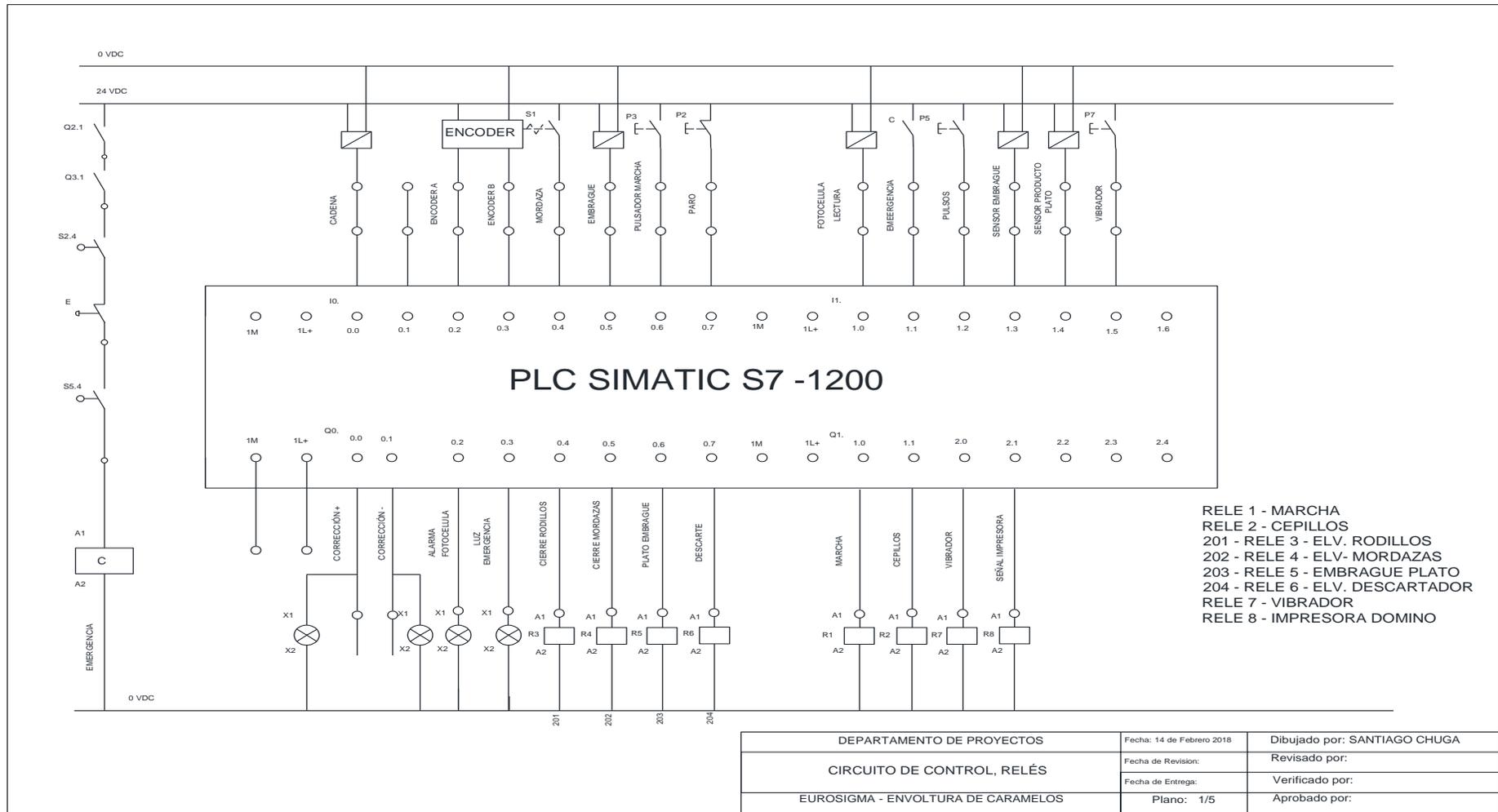
En la Figura 4.1 se puede apreciar el plano eléctrico en el cual se muestra el detalle de la conexión del PLC SIMATIC S7-1200 con todos los elementos que constituyen el circuito de control principal de la máquina para envoltura de caramelos, la conexión de cada dispositivo está identificado con su respectiva marquilla lo cual facilita de gran manera la reconexión en caso de cambio de algún dispositivo que se encuentre averiado o quemado.

En esta Figura se puede verificar la conexión de las entradas del PLC que están consideradas desde la entrada I0.0 hasta la entrada I0.7 en el primer conjunto de entradas y desde el I1.0 hasta el I1.6 en el segundo conjunto de entradas, de la misma manera se tiene dos conjuntos de salidas el primero desde el Q0.0 hasta el Q0.7 y el segundo conjunto desde el Q1.0 hasta el Q1.6 los cuales tienen configuración de funcionamiento establecido de acuerdo al diseño del programa y se muestra en la Tabla 4 detalladamente:

**Tabla 4 Detalle de Conexiones de Entradas y Salidas en PLC Siemens**

PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200			
ENTRADAS	Actuador	SALIDAS	Actuador
I0.0	Cadena	Q0.0	Corrección +
I0.1	Cero Encoder	Q0.1	Corrección -
I0.2	Encoder A	Q0.2	Alarma Focélula
I0.3	Encoder B	Q0.3	Luz emergencia
I0.4	Mordaza	Q0.4	Cierre Rodillos
I0.5	Embrague	Q0.5	Cierre Mordazas
I0.6	Marcha	Q0.6	Plato Embrague
I0.7	Paro	Q0.7	Descarte
I1.0	Focélula	Q1.0	Marcha
I1.1	Emergencia	Q1.1	Cepillos
I1.2	Pulsos	Q1.2	Vibrador
I1.3	Sensor Embrague	Q1.3	Señal Videojet
I1.4	Sensor Plato	Q1.4	-----
I1.5	Vibrador	Q1.5	-----
I1.6	-----	Q1.6	-----

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



**Figura 4. 1 Plano del Circuito de Control y Relés**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

#### 4.1.1.2. Circuito de Control y Circuito de Potencia

En lo que se refiere al desarrollo del diseño del circuito de control y al circuito de potencia es primordial saber cuál es el consumo total de la máquina a carga nominal, por ende, es indispensable desarrollar el estudio de carga pertinente que dará como resultado el dato preciso en cuanto al calibre del conductor, protecciones magnéticas, protecciones térmicas e incluso para tener en cuenta cual es el consumo de energía de toda la máquina y desarrollar un análisis de resultados, en el siguiente apartado se realiza los cálculos desarrollados dentro del diseño del presente proyecto de titulación.

##### 4.1.1.2.1. Cálculos de Conductores eléctricos

Para realizar el cálculo del conductor que se va a utilizar en todos los circuitos de suministro de energía eléctrica primeramente, se debe tomar en cuenta todos los dispositivos que van a ir conectados a cada circuito, con esto tener la Potencia Total en (W) que va a consumir la instalación de dichos dispositivos, con este dato y con los valores de voltaje que es de 220 V trifásico se obtiene mediante la fórmula de potencia, el valor de intensidad de corriente que es suficiente para determinar el calibre del conductor que es necesario en la instalación.

En la Tabla 5 se puede observar el estudio de carga realizado para obtener el calibre de conductor de la acometida principal, de igual manera con la potencia disipada de cada uno de los dispositivos eléctricos y electrónicos del tablero de control se puede establecer el calibre de conductor que alimenta de energía eléctrica a cada uno de los dispositivos.

**Tabla 5 Estudio de Carga de los Equipos del Tablero Principal**

Estudio de Carga				
Cantidad	Equipo	Voltaje (V)	Potencia Individual (W)	Potencia Total (W)
3	Variadores de Frecuencia	220	300	900
5	Contactores Eaton	220	20	1000
1	PLC Siemens 1200	220	50	50
1	Fuente de alimentación	220	50	50

4	Relés de Estado Sólido	220	25	100
8	Relés Principales	220	25	200
4	Resistencias Circulares de Rodillo	220	50	200
16	Resistencias Tipo Cartucho para Mordaza	220	42	672
1	Motor Principal 3 HP	220	746	2238
3	Motor de Cepillos Plato 1 HP	220	746	2238
1	Motor de Largo de Papel ½ HP	220	746	373
			TOTAL	8021

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

Suma total de Potencia disipada en cada circuito: 8021 (W)

De acuerdo con la fórmula

$$\mathbf{Si: W = V \cdot I \cdot \cos\theta}$$

Datos:

$$V: 220 \text{ V}$$

$$W: 8021 \text{ (W)}$$

$$F_p = \cos\theta = 0,8$$

Al despejar I:

$$I = \frac{W}{V \cdot \cos\theta}$$

$$I = \frac{8021}{220 \times 0,8}$$

$$\mathbf{I = 45,57 \text{ A}}$$

Siempre se debe tomar en cuenta el factor de demanda o factor de utilización que fluctúa del 60 al 90% (0,6-0,9). Como la instalación es industrial se va a considerar un factor de utilización del 70% (0,7) entonces:

$$I = 45,57 \times 0,70$$

$$\mathbf{I = 31,90 \text{ A}}$$

Se obtiene que el tablero de control trabaja a carga nominal va a consumir un promedio de 32 A, en la Figura 4.2 se puede apreciar una tabla en la cual se denota el valor de corriente que soportan los conductores de acuerdo con la temperatura a la que sean sometidos, adicionalmente en el recuadro rojo se muestra el valor estandarizado y calibre de conductor correspondiente a la necesidad que es el **THHN #8 AWG**.

La acometida principal es una trifásica a 4 hilos y está constituido tres fases, un neutro y una tierra.

Amperaje que soportan los cables de cobre							
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C			
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT			
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A		
12 AWG	20 A	20 A	20 A				
10 AWG	30 A	30 A	30 A				
8 AWG	40 A	50 A	55 A				
6 AWG	55 A	65 A	75 A			18 AWG	10 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A				
3 AWG	85 A	100 A	115 A			16 AWG	13 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A				
1 AWG	110 A	130 A	145 A			14 AWG	18 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A				
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A	12 AWG	25 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A				
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A				

Figura 4. 2 Cuadro estandarizado de calibres de conductor

Fuente: (Lexoelectric, 2014)

A partir de este estudio de carga se determinó el calibre de conductor a utilizarse en el resto de la implementación y se detalla de la siguiente manera:

- Conexión entre elementos de control, se utilizó el **THHN AWG #18**
- Conexión para alimentación de motor principal se utilizó **THHN AWG #12**
- Conexión para alimentación de motores de cepillos **THHN AWG #14**
- Conexión para alimentación de resistencias de sellado se utilizó **THHN AWG #10** de alta temperatura.
- Conexión para alimentación de vibrador de tolva se utilizó el **THHN AWG #12**

Así mismo después de saber la corriente que circula por el tablero se puede dimensionar las protecciones térmicas y magnéticas que se detallan de la siguiente manera:

- Protección magnética principal de **50 A**
- Protección Circuito de Fuerza **30 A**

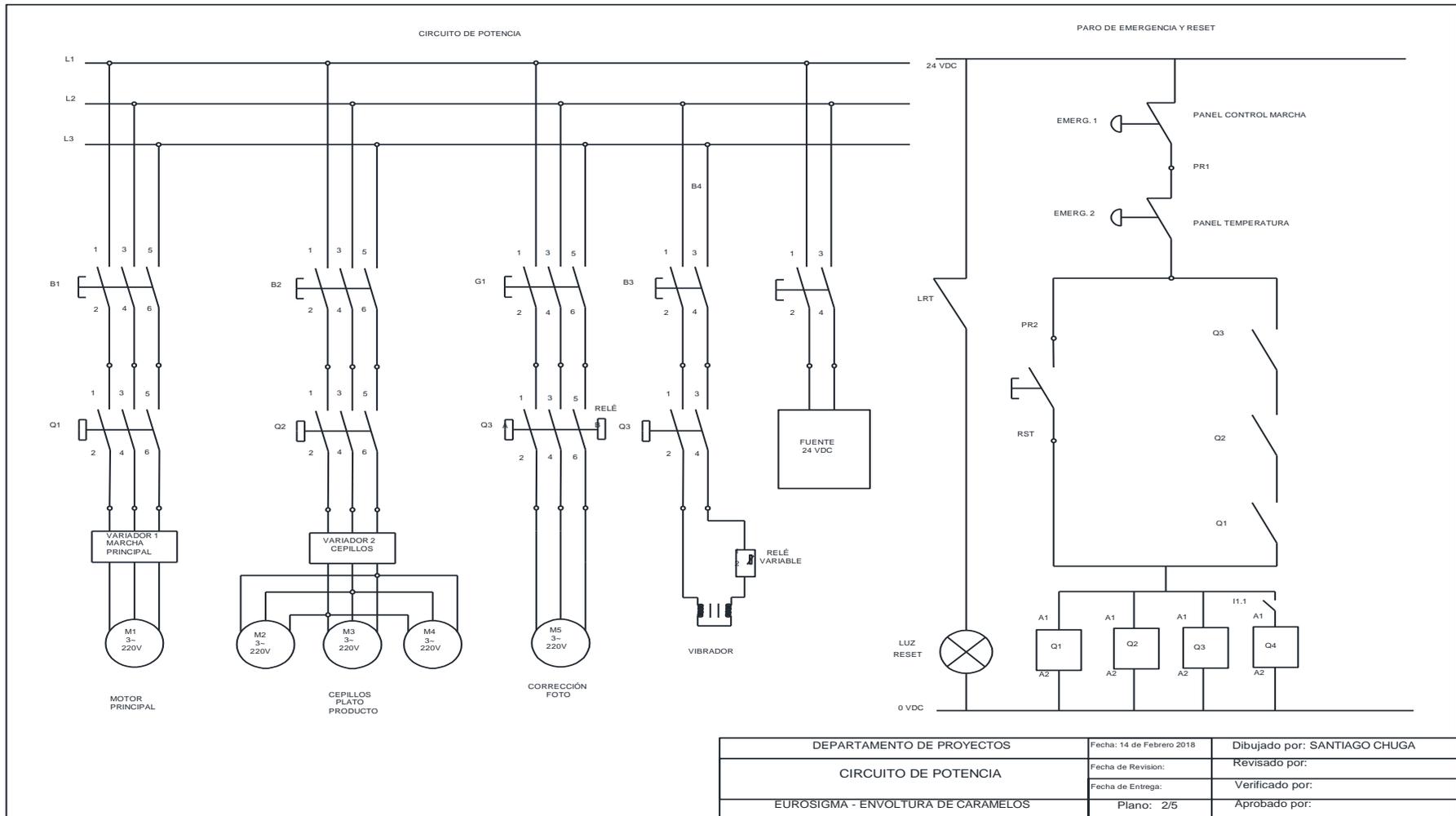
- Protección circuito de resistencias de sellado **30A**
- Protección circuito de control **10A**
- Protección térmica para protección de motor **20 A**

#### **4.1.1.2.2. Diagrama del Circuito de Potencia**

El circuito de potencia de la máquina de envoltura de caramelos es un sistema trifásico, se puede observar en la Figura 4.3 la conexión de los variadores de frecuencia con los motores con sus respectivos dispositivos de maniobra los cuales permiten el encendido y apagado de los motores jaula de ardilla.

El diagrama unifilar de las conexiones del circuito de potencia se muestra el cableado de cada una de las líneas a los motores respectivos lo cual permite tener la secuencia adecuada en la rotación del motor, esto es indispensable saber debido a que el motor principal esta acoplado a un sin número de partes mecánicas las cuales tienen una dirección establecida y si por error se da funcionamiento inverso, ocasiona el trabamiento de toda la máquina y el daño de piezas. Adicionalmente en la misma figura se puede observar el diagrama de conexión del circuito de paro de emergencia y reset de la máquina conformado esencialmente por pulsadores de emergencia y la luz piloto reset que es el paso indicativo principal para que la máquina salga del estado de reposo al estado de funcionamiento.

En la Figura 4.3 se detalla también el circuito de control para el caso del paro de emergencia y reseteo de la máquina, debido a que se desarrollo un programa de tal manera que posee varios dispositivos en serie que actúan como protección del operador y de la máquina, los dispositivos mencionados son micros de fin de carrera los cuales están instalados estratégicamente en todas las compuertas de la máquina de tal manera que si el operador abre dichas compuertas de manera desprevenida con la máquina encendida, la máquina se apagará inmediatamente, después de este proceso la máquina no vuelve a encenderse al cerrar la puerta que se haya abierto, mediante el desarrollo del diseño para la implementación se dispuso la condición que necesariamente se pulse el botón reset para reiniciar el funcionamiento de la producción.



**Figura 4. 3 Plano del Circuito de Potencia**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

#### **4.1.1.3. Nomenclatura en borneras y panel de mando**

En la Figura 4.4 se puede apreciar el detalle de la nomenclatura de las borneras principales se puede determinar las conexiones hacia las termocuplas, la luz de emergencia, los pulsadores, contactores, y potenciómetros tanto de velocidad principal y de vibrador, adicionalmente su conexión con las fuentes de alimentación, también se muestra el circuito unifilar de control del panel de mando operativo.

La Nomenclatura que se menciona en este apartado es de suma importancia debido a que al poseer una cantidad considerable de conexiones, existe la posibilidad de muchas equivocaciones por lo cual en el presente proyecto de titulación se implementó conjuntamente con todos los dispositivos instalados las respectivas marquillas de identificación, lo cual le da un realce y toque de profesionalismo de alto nivel al momento de la entrega de la máquina.

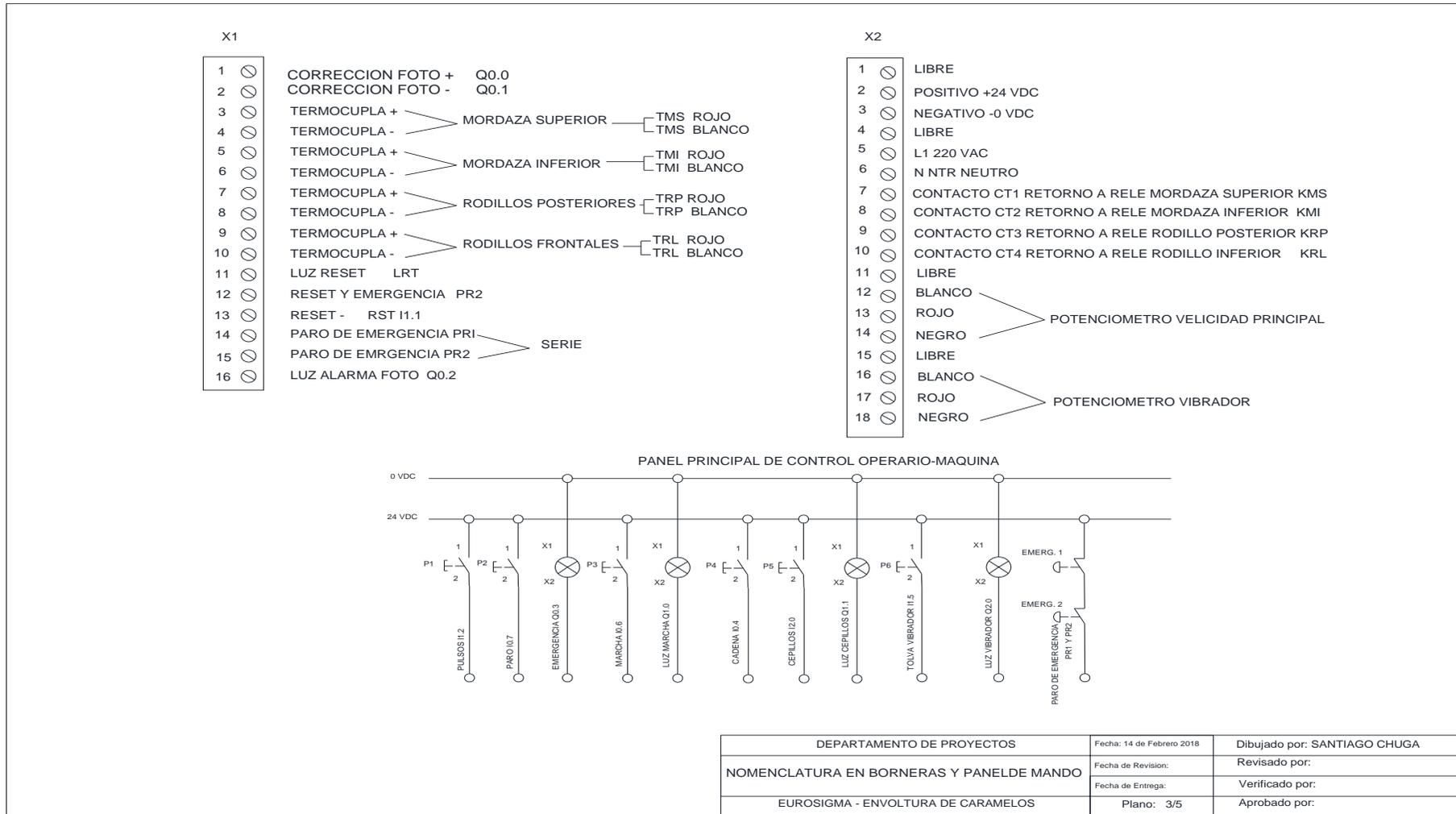
#### **4.1.1.4. Circuito de Potencia de Resistencias de Sellado**

En la Figura 4.5 se muestra el circuito de potencia que se utiliza para determinar la resistencia del sellado tiene conexiones en la cual se verifican los circuitos de fuerza temperatura de las mordazas, mismas que permiten establecer las resistencias de alta temperatura que realizan el sellado del producto. También en este diagrama se puede observar el circuito de fuerza para la temperatura de los rodillos tanto frontal y posterior.

#### **4.1.1.5. Circuito de Control de Vibrador de Producto.**

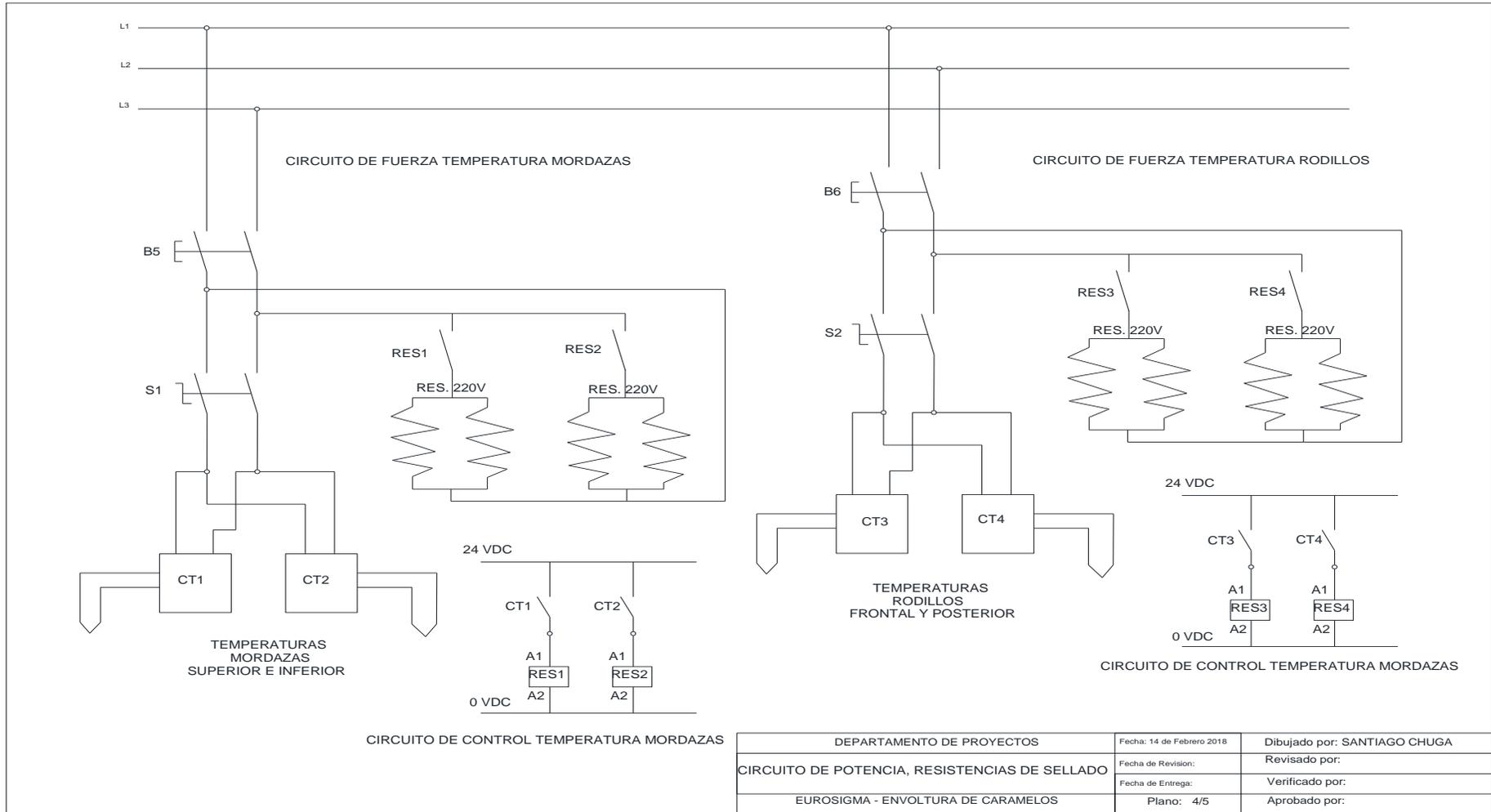
En la Figura 4.6 se puede apreciar el circuito de control del vibrador detallado donde se indica las conexiones de funcionamiento y lógica de control mediante un potenciómetro de puede calibrar la fuerza de vibración debido a que limita o permite el paso de corriente hacia el bobinado del transformador que zumba electromagnéticamente originado el efecto de vibrador.

En lo que refiere al vibrador dosificador de producto es un elemento externo a la máquina, sin embargo, es de vital importancia para el funcionamiento de la misma debido a que si no se acciona no alimenta de producto al plato dosificador y de esta manera se para el proceso de producción.



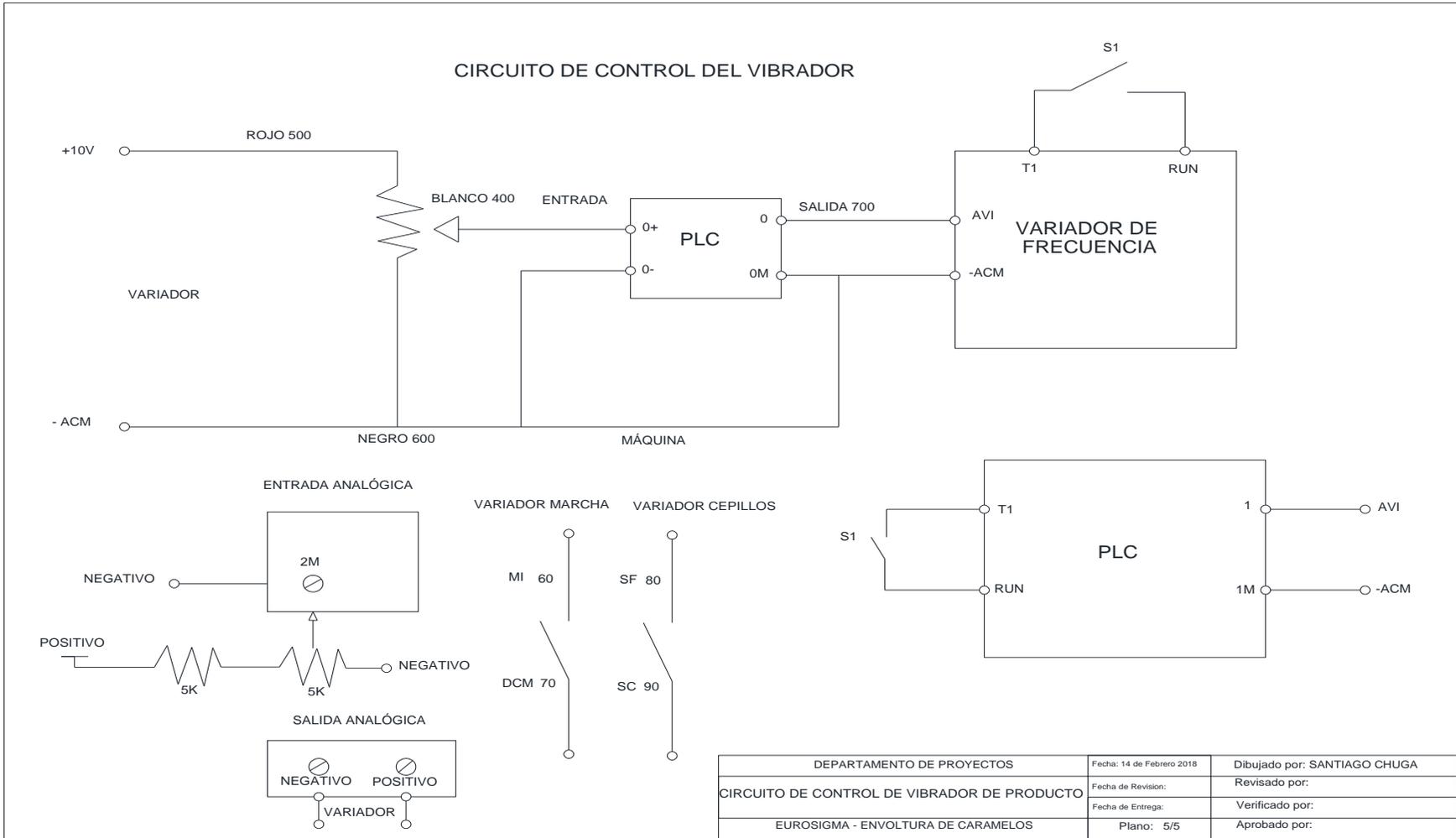
**Figura 4. 4 Plano de Nomenclatura en Borneras y Panel de Mando**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 4. 5 Plano del Circuito de Potencia de Resistencias de Sellado**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 4. 6 Circuito de control del Vibrador de Producto**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

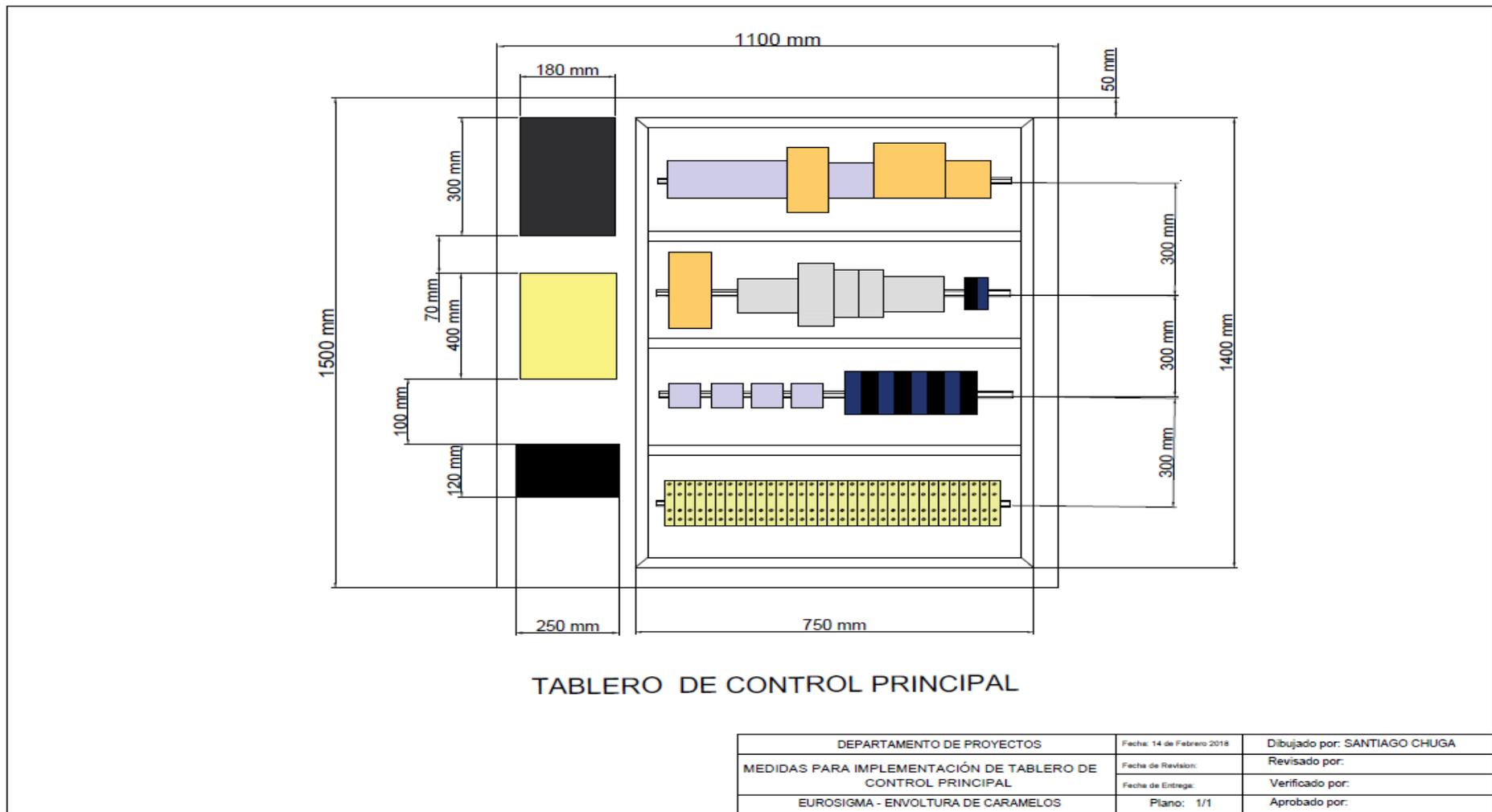
#### **4.1.1.6. Diseño del Tablero Principal, Panel HMI, Panel de Operador.**

En este apartado se menciona como se logró la implementación del Tablero de Control Principal, Panel de Mando HMI y el Panel de Operador, una vez que se ha identificado los elementos y dispositivos necesarios para la implementación de todo el proyecto, es fundamental distribuir de manera muy organizada la estructura interna que va a tener el Tablero de Control Principal, al ser varios dispositivos eléctricos y electrónicos de diferente dimensión física se tiene que dimensionar el espacio a ocuparse las dimensiones de todos los dispositivos para lograr una eficiente instalación.

Es importante mencionar que para el caso de la implementación del Tablero de Control Principal que se muestra en la Figura 4.7 la gran mayoría de dispositivos de Control y fuerza son de montaje sobre Riel Din, lo cual estandariza de manera favorable el acoplamiento físico de los dispositivos dentro del gabinete, de la misma manera se implementa canaleta de 6 cm de ancho x 5cm de alto en toda la perímetro interior del gabinete con esto se origina un camino protegido para los cables de conexión que comunican a cada uno de los dispositivos dentro del funcionamiento lógico de la máquina de envoltura de caramelos.

En la Figura 4.8 se muestra las medidas geométricas del Panel de mando HMI, el cual principalmente está constituido por la pantalla TouchWin, el montaje de esta pantalla se realiza realizando una perforación rectangular de 180 mm de alto por 300 mm de ancho, de igual manera posee cuatro controles de temperatura cuadrados de 64mm de alto por 64 mm de ancho los cuales son distribuidos de acuerdo a la disposición física del Panel HMI, de igual manera todos los pulsadores tienen un diámetro de 22mm, debido a que los elementos de control que se usa en el presente proyecto de titulación son normalizados.

De la misma manera en la Figura 4.8 se muestran las medidas geométricas del panel de operador, el cual es de fácil implementación debido a que posee siete perforaciones circulares de 22mm de diámetro, que sirven para la implementación de pulsadores, selectores y paro de emergencia como se muestra en la mencionada figura.



**Figura 4. 7 Medidas para la Implementación de Tablero de Control Principal**

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

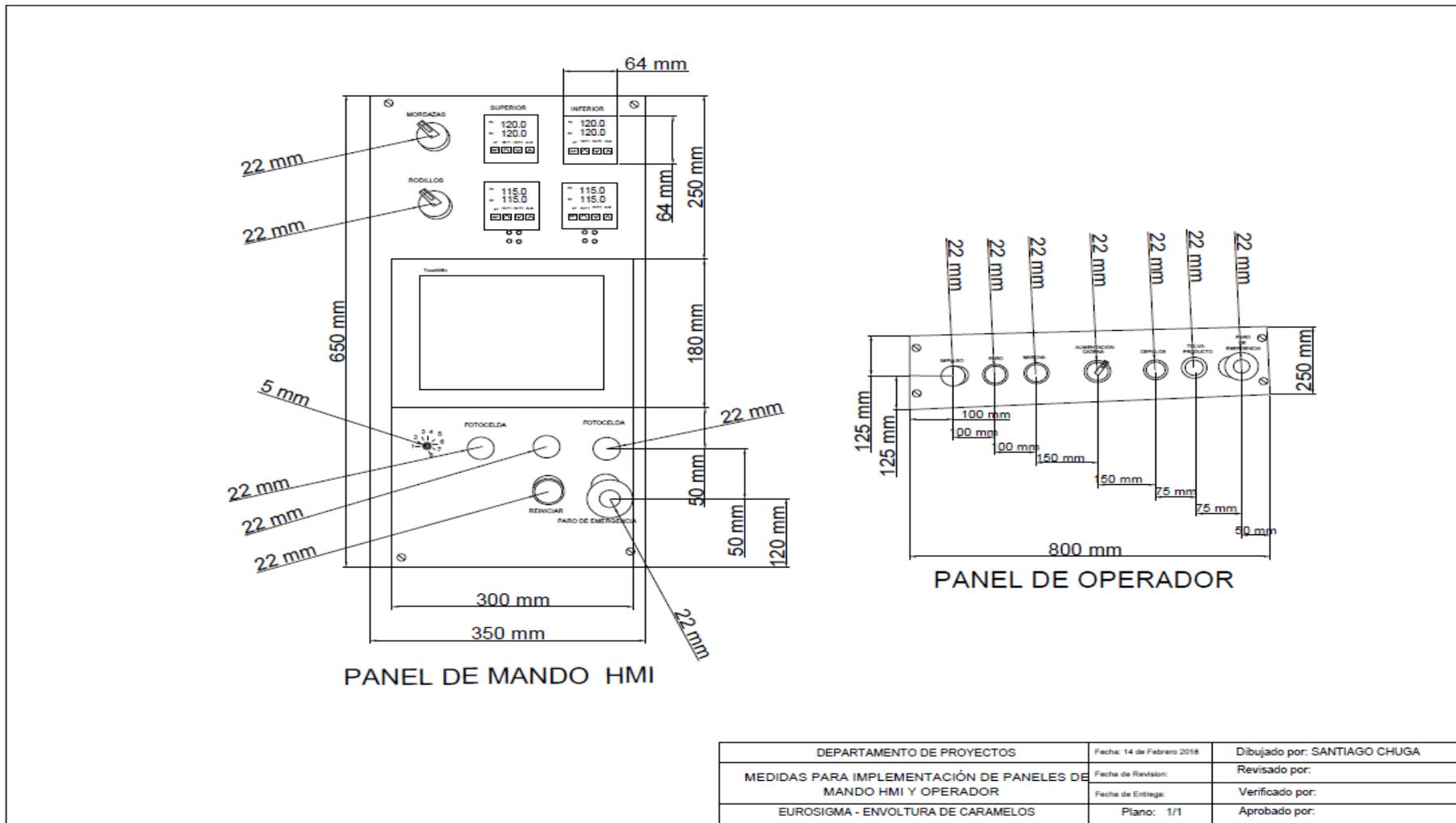


Figura 4. 8 Medidas para Implementación de Paneles de mando HMI y Operador

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.1.1.7. Implementación de Hardware

En este apartado se manifiesta el resultado final de la implementación del diseño de hardware desarrollado a lo largo de este capítulo, en el diseño de este proyecto de titulación en lo que se refiere a la parte tangible mecánica, eléctrica y electrónica se toma con que materiales y accesorios se tiene antes de iniciar la implementación, debido a que el proyecto se trata de la rehabilitación de una máquina para envoltura de caramelos ya se cuenta con la carcasa de la máquina de igual forma se cuenta con una variedad de dispositivos eléctricos y electrónicos usados en el proyecto.

En la Figura 4.9 se puede apreciar la implementación final del diseño realizado en los puntos más importantes como lo son el Tablero de Control principal donde se encuentran distribuidos todos los elementos eléctricos y electrónicos de maniobra, los elementos de protección y los dispositivos de control, de acuerdo con la dimensión del gabinete que es de 110 cm de ancho, 150 cm de alto y 40 cm de profundidad se implementó el tablero de control principal, Se dispuso los siguientes niveles de acuerdo con anteriores trabajos realizados:

- **Primer Nivel:** Elementos de protección y Actuadores Electromagnéticos
- **Segundo Nivel:** Dispositivos de Control Principal y Módulos
- **Tercer Nivel:** Relés Principales y Secundarios.
- **Cuarto Nivel:** Bornera general de conexiones.

En la misma Figura 4.9 se detalla las dimensiones del panel de mando HMI con una longitud de 65cm de alto y 35 cm de ancho dispuesto para Controles de Temperatura, pantalla HMI y Pulsadores de Control.

Finalmente, en la misma figura se muestra Panel de Operario con las siguientes dimensiones 80 cm de largo y 25 cm de ancho con botoneras de control a disposición del operador, estas botoneras son las principales herramientas de trabajo del operador debido a que desde este panel el operador da el inicio, la pausa y el final de la producción, por seguridad del operario posee un paro de emergencia tipo hongo de enclavamiento automático es decir, si en el momento de funcionamiento de la máquina observa alguna condición insegura puede precautelar la integridad propias del operador y de la máquina de envoltura de caramelos.

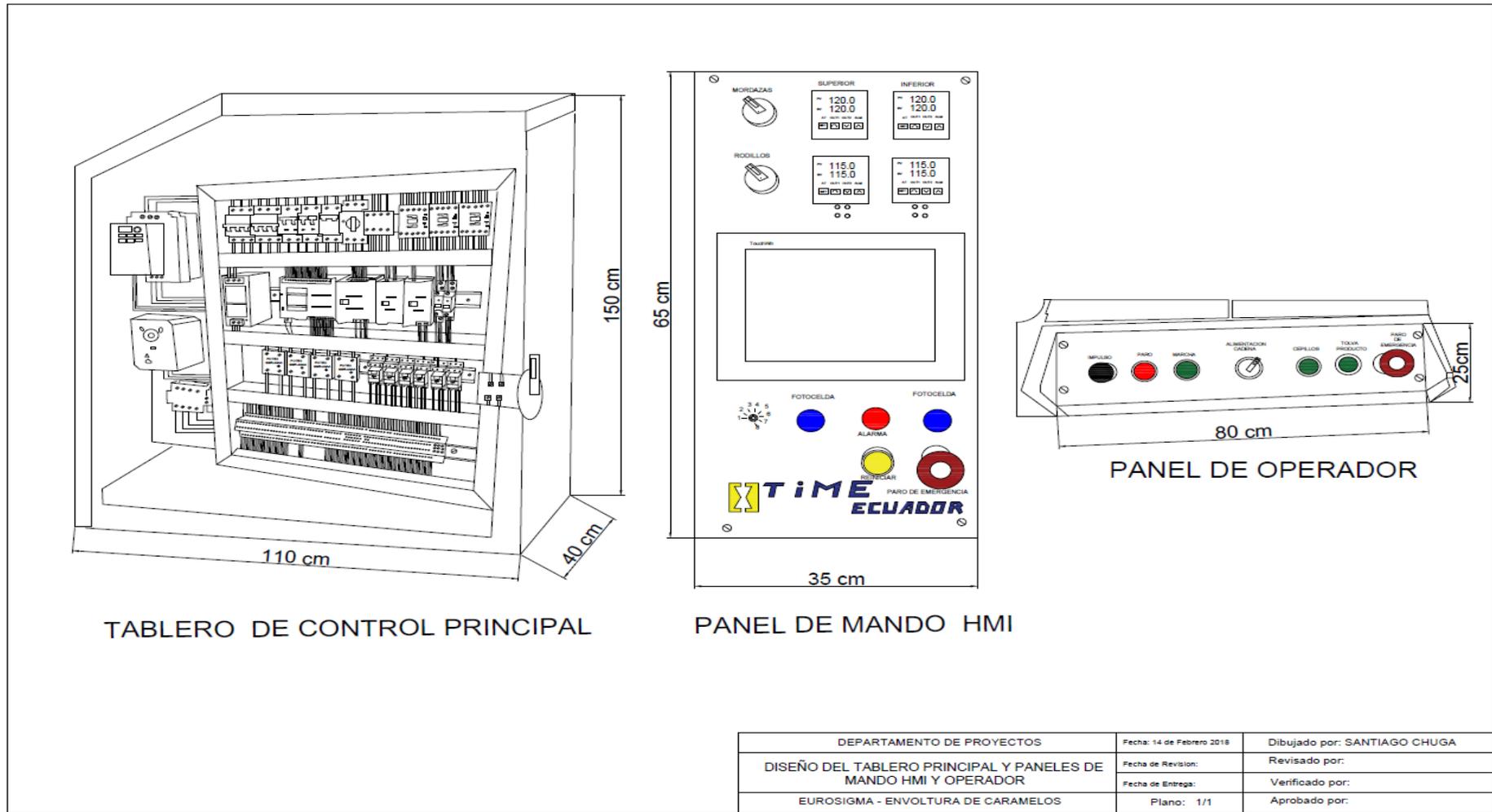


Figura 4. 9 Diseño del Tablero Principal, Paneles de Mando HMI y Operador.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.1.2. Diseño de Software

Para el desarrollo del software que va a permitir controlar los componentes eléctricos, electrónicos y automatización de los mismos y que fueron descritos en el apartado anterior en base al hardware que se ha implementado, se despliega un diagrama de flujo que se muestra en la Figura 4.10, el cual será efectuado y verificado mediante pruebas de escritorio, luego será traducido mediante un lenguaje de programación por un PLC de la marca SIEMENS modelo S7-1200.

El diseño del software está basado netamente en le estructura y predisposición de mecánica de la máquina de envoltura de caramelos debido a que debido a la facilidad mecánica que preste la máquina se debe desarrollar los pasos y procedimientos que faciliten las acciones para lograr el resultado espero final.

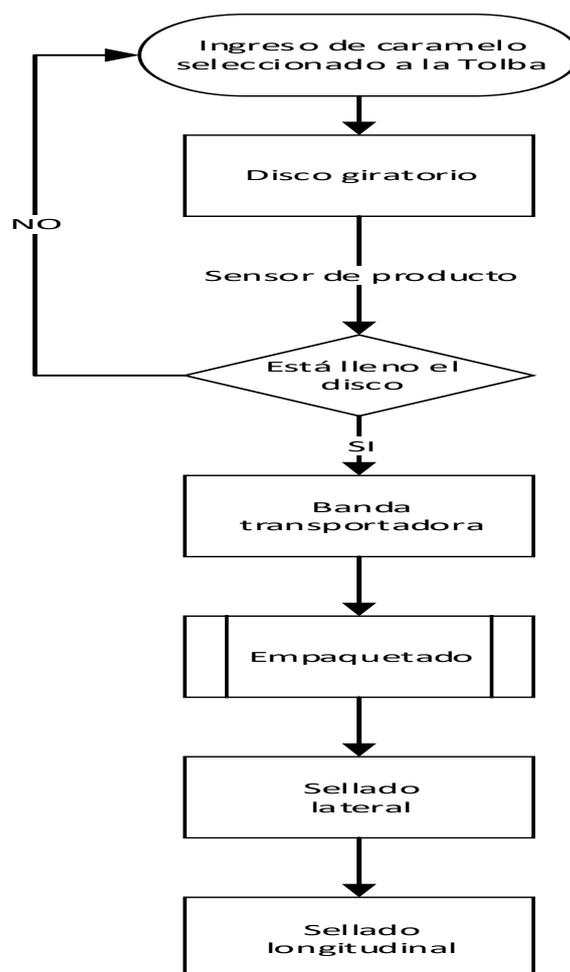


Figura 4. 10 Diagrama de flujo para el proceso de envoltura

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2. Implementación del proyecto

En este apartado se presentan los resultados que se obtienen una vez que la máquina se habilita por completo luego de haber permanecido en abandono, para ello, primero se muestra cómo se recibió la máquina, en las Figuras 4.11 – 4.16 se puede observar el estado en el cual se recibió la máquina y en el cual se verifica que a nivel funcional ninguno de los módulos se encuentra operativo, adicional se comprueba que es una máquina en la cual sus procesos no se han automatizado y que el control de cada uno de estos utiliza varios contactores para funcionar lo cual la convierte en una máquina obsoleta en relación a la tecnología que poseen otras máquinas de similares características.



**Figura 4. 11 Máquina de envoltura de caramelos en abandono**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**



**Figura 4. 12 Tablero de control principal obsoleto.**

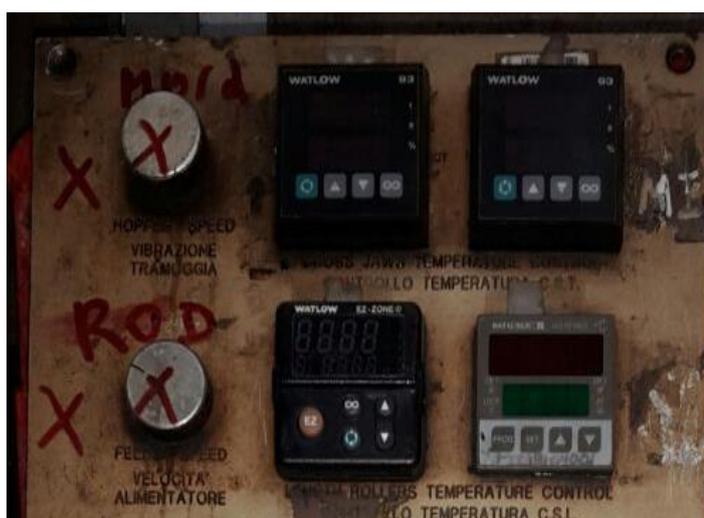
**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

En las Figuras que se muestran en este apartado se puede denotar claramente cómo se recibió la máquina de envoltura de caramelos la cual ya fue dada de baja y en un estado total de desecho, lo cual era una pérdida en producción para la fábrica de caramelos por ende en este apartado hace hincapié en las figuras del antes de la máquina de envoltura de caramelos para verificar después de todo el estudio pertinente el resultado obtenido tras una ardua inversión e implementación y trabajo.



**Figura 4. 13 Estado del plato giratorio.**

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



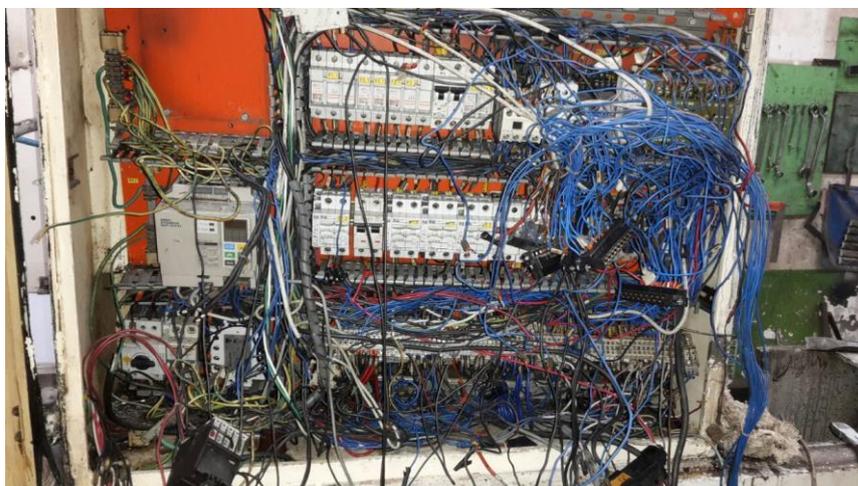
**Figura 4. 14 Tablero de control de mordazas y rodillos.**

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



**Figura 4. 15** Tablero de control y automatización.

**Fuente:** (Elaborado por el Autor, 2018)



**Figura 4. 16** Cables de conexiones de contactores.

**Fuente:** (Elaborado por el Autor, 2018)

Como se puede observar en las figuras anteriores el estado de la máquina fue deplorable, gracias a la implementación de este proyecto de titulación donde se muestra la máquina habilitada en su totalidad, con la automatización se optimizó el uso de contactores que antes utilizó la máquina en la actualidad la máquina emplea un PLC Siemens S7-1200 y la pantalla TouchWin.

#### 4.2.1. Implementación del circuito de Control y Relés.

Uno de los primeros circuitos de control que se implementa es el de relés, en este se verifica la conexión de ocho relés Siemens PT370024 cada uno de ellos cumple funciones indispensables dentro del diseño general de la máquina debido a que son los elementos de enlace entre la señal de entrada y el proceso de tratamiento de la señal dentro de la configuración al cumplir las condiciones de todo el funcionamiento al accionar el contacto que da la señal de inicio al PLC debido a que las entradas del mismo están conectadas directamente a los contactos de los relés.

En la Figura 4.17 se puede apreciar los relés del circuito de control que se utilizaron en el proyecto están numerados del 1 al 6 los Siemens PT370024 y los dos restantes son relés auxiliares netamente para funciones fuera del diseño del programa, como la señal de impulso para la impresión rápida.



Figura 4. 17 Relés principales y auxiliares utilizados en el proyecto

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2.2. Implementación del circuito de Potencia

En la implementación del circuito de Control y Potencia se debe tener en cuenta las necesidades en corriente para dimensionar el calibre del conductor, las protecciones de los diferentes dispositivos de potencia, para el cálculo del calibre de los conductores eléctricos, se debe tomar en consideración principalmente la corriente que va a circular por dichos dispositivos al ser un tablero que se encuentra ubicado en la misma máquina no se debe considerar un valor de caída de voltaje por distancia de conexión.

En la Figura 4.18 se puede apreciar una parte del diseño del circuito de control ya implementado dentro del panel de interfaz que tiene a disposición el usuario.



**Figura 4. 18 Panel de Interfaz de Control**

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2.3. Implementación de Nomenclatura de Identificación

En la Figura 4.19 se muestra como están dispuestas las borneras X1 y X2 que se encuentra en la parte interna del panel principal, desde estas borneras se encuentra la conexión madre de toda la máquina porque comunica el panel de interfaz HMI y también comunica el panel de mando del operador, es de vital importancia que el marquillado este correctamente identificado ya que con esto se facilita de gran manera el cambio de dispositivos en el caso de haber algún daño.



**Figura 4. 19 Nomenclatura de Borneras Principales y Marquillado General**

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2.4. Implementación de sistema de temperatura en Mordazas y Rodillos

En la Figura 4.20 se muestra la implementación del sistema de sellado por medio de las resistencias calefactoras las mismas que están controladas por medio de controles de temperatura que permiten setear los parámetros de temperatura de acuerdo con la necesidad del operador debido a que depende del producto que la máquina procesa y del grosor de papel de empaque para calibrar parámetros fijos de temperatura.

Así mismo se puede observar la estructura de una resistencia circular que va implementada en los rodillos de sellado, la conexión de las resistencias de rodillos como las de mordazas están acopladas a un contacto giratorio Mercotac debido a que poseen todo el mecanismo rotativo mientras trabajan necesariamente tienen que estar alimentados eléctricamente.



Figura 4. 20 Controles de Temperatura, resistencias calefactoras.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2.5. Implementación de circuito de Control de Vibrador

En la Figura 4.21 se puede observar la implementación del circuito de control del vibrador que dosifica el producto al plato, el accionamiento de este vibrador está dado por la señal del sensor de producto ubicado en el plato giratorio de tal manera que simultáneamente avance el consumo de producto el sensor emite la señal eléctrica que activa los elementos de control que activan el vibrador que posee una tolva instalada en la parte superior, lo cual origina que el producto se deslice por la rampa hasta llegar al plato giratorio dosificador de producto.

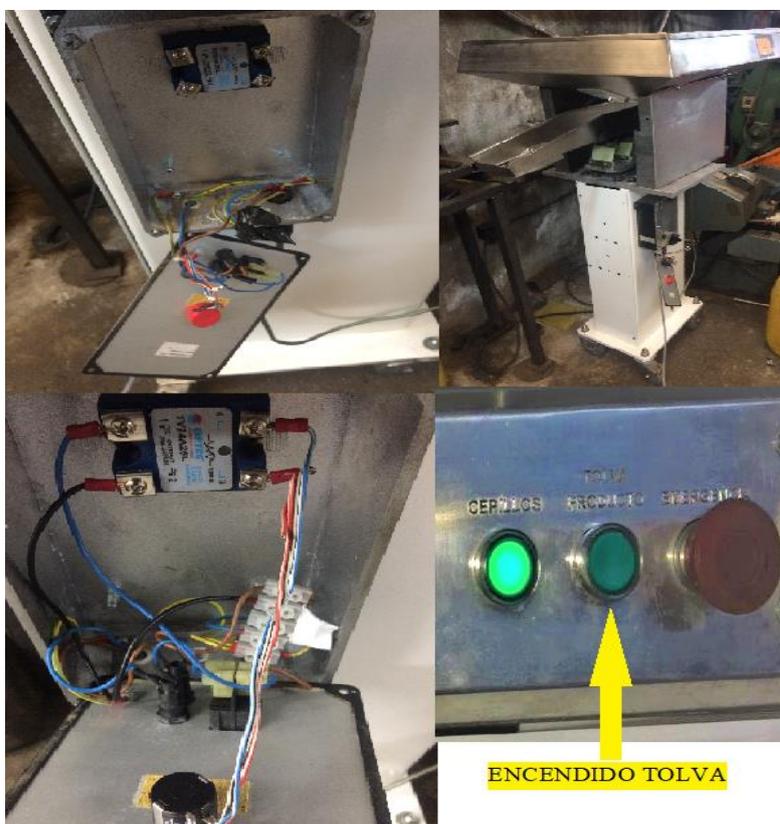


Figura 4. 21 Circuito de control del Vibrador de Producto

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.2.6. Resultado Final de la Implementación Terminada

En este apartado se puede observar el resultado final del proyecto de titulación finalizado en todas sus etapas se puede observar detalladamente desde la Figura 4.22 a la Figura 4.26



Figura 4. 22 Máquina envoltura de caramelos luego de la implementación

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



Figura 4. 23 Tablero de Control luego de la implementación

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



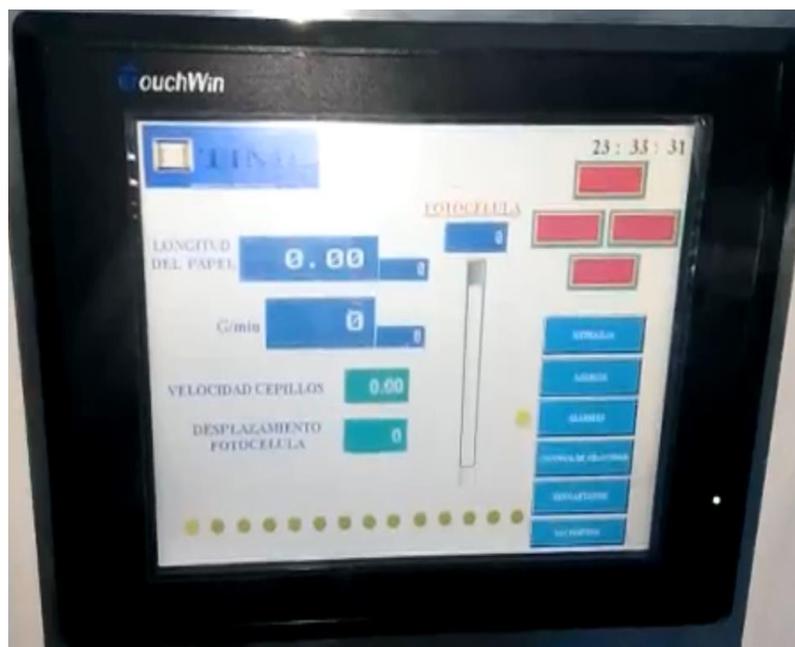
Figura 4. 24 Nueva botonera principal de control de operador

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



Figura 4. 25 Nuevo panel de control de mordazas, rodillos, cepillos y corte de papel.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)



**Figura 4. 26 Pantalla TOUCHWIN de automatización y control.**

**Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)**

Con los resultados obtenidos se puede comprobar que la máquina a nivel físico y estético fue recuperada en su totalidad, con respecto al estado funcional se puede mencionar que la máquina trabaja al rendimiento esperado en cuanto a las expectativas también realiza todos los procesos que se mencionaron en apartados anteriores de forma adecuada, no se recalca que la máquina es ideal ya que se recupera una máquina que fue obsoleta y por ende los materiales, accesorios y dispositivos que se han reutilizado no operan completamente con su rendimiento nominal, en lo que se refiere a la parte mecánica, el chasis de la máquina está en muy buen estado por ende se espera un excelente trabajo de la máquina, gracias a los procesos de automatización que se implementó.

La implementación del sensor de contraste es uno de las nuevas funcionalidades implementadas en el presente proyecto, esta nueva función es innovadora y ventajosa ya que permite realizar una corrección y centrado de la ubicación del logotipo del producto en el papel de empaque, por ende una mejor presentación del producto terminado, sin embargo, se tiene en cuenta que los golpes por minuto se encuentran en relación inversamente proporcional al tiempo de ejecución de la envoltura, la principal desventaja en máquinas que operan en la empresa es la velocidad a la que se desempeñan como se muestra en el análisis comparativo en la Tabla 8, el tiempo en el que la máquina entrega el producto terminado es mucho más alto con la corrección del sensor de contraste.

Entonces, la nueva máquina la cual ha sido sometida a procesos de control y automatización es mucho más eficiente al momento de entregar un producto de calidad, ya que entrega produce producto terminado en iguales proporciones, a pesar de tener una nueva función comparada con las máquinas de envoltura tradicionales con el sensor de corrección de logotipo y con rendimiento alto.

Este rendimiento permite determinar que la máquina a pesar de haber pasado muchos años en abandono se puede recuperar con procesos de automatización y control, de igual manera la implementación de una pantalla TouchWin permite mejorar el control de los procesos de: organización de caramelos, sellado, cortado y empaquetado.

Adicionalmente, lo que marca la diferencia de la máquina implementada en el presente proyecto de titulación con las existentes en el mercado, es la utilización de un proceso de automatización mediante una pantalla TouchWin que permite identificar y solucionar problemas a nivel lógico o de ingeniería, se recalca esto ya que en las grandes empresas industriales los procesos aún son controlados por operadores los cuales demoran varias horas en dar solución a inconvenientes de control, por tal razón se ha realizado este proyecto de titulación al lograr que el operador ahorre tiempo y pueda entregar la misma cantidad de producto terminado al cliente, lo que lleva a pensar si la solución para las más grandes empresas es la automatización de sus procesos, el resultado es el esperado al tener un producto terminado dentro de los más altos niveles de calidad y con mano de obra nacional, sin necesidad de importar maquinaria foránea que triplica el costo de todo el proceso.

Finalmente se realizó un análisis comparativo que se muestra en la Tabla 8 de los resultados obtenidos con el proyecto final entregado, la máquina de envoltura de caramelos Eurosicma 12, en comparación con máquinas existentes en la empresa se observa resultados muy alentadores que ayudarán impulsar el volumen de producto terminado con los más altos estándares de producción para satisfacer el mercado local y extranjero.

#### **4.3. Pruebas de Funcionamiento**

Si bien la implementación a nivel de hardware y software han sido tratados de forma general, es necesario indicar el principio de funcionamiento de la máquina para que se pueda comprender de mejor manera la forma en la que está trabaja en conjunto el hardware con el software. Entonces, el proceso empieza con el módulo 1 en el cual el sensor SICK NPN envía niveles lógicos al PLC y este mediante su lenguaje de programación de control ordena

a la rampa permitir el paso de caramelo o estar temporalmente apagada, luego de permitir el paso de caramelos (revisar módulo 3) estos pasan a un plato que gira y que permiten organizar los caramelos de forma individual en orificios que tiene como característica principal dicho plato, en este proceso para que los caramelos puedan ingresar a los orificios de forma individual se tiene cepillos que son controlados a nivel de software mediante un panel de control de velocidad incluido en la pantalla principal de la pantalla TOUCHWIN, este proceso permite que los caramelos individualmente se dirijan a través de una banda transportadora a los siguientes módulos.

En los módulos 3 y 4 el proceso es similar, ya que una vez que los caramelos de forma individual salen dirigidos por la banda transportadora pasan al sellado longitudinal y transversal, pero antes el sensor de taca envía señales al PLC para verificar que el logo de la empresa quede totalmente centrado, es decir, se realice una corrección de foto una vez realizado este proceso que ha sido automatizado el papel que tiene los logos es acercado a cada caramelo y estos pasan a los rodillos y mordazas que sellan al caramelo, este proceso depende de controles de temperatura que a su vez están determinados en la programación del PLC y que a través de un panel de control puede la temperatura variar las veces que sean necesarias para no quemar el papel y determinar un sellado ideal, al completar el proceso de sellado el penúltimo módulo permite realizar un corte transversal en el material de empaque al tener en cuenta el tamaño que este lleva, si bien a nivel de hardware no existe un sensor el cual mediante niveles lógicos permita medir el tamaño del corte, a nivel de software si se lo puede hacer, ya que si se tiene en cuenta que trabaja con un PLC y una pantalla touch, se puede definir el tamaño del corte y de esta forma realizar sellados de diferentes tipos de caramelos y no tener una máquina que se apegue a un solo tipo de caramelo o material.

Finalmente, al terminar el proceso de cortado el operador que se encuentra a cargo del control de la máquina es quien recoge los caramelos, para luego realizar el embalaje y salir con el producto al mercado, cabe recalcar que así como en el PLC se realizan; cada uno de los procesos mencionados también se diseña un tablero de control principal el cual tiene como características tener pulsadores de: inicio, paro y emergencia, mismos que permiten iniciar los procesos, detener en algún instante de tiempo para revisar y dar seguimiento de control de calidad y de emergencia si en algún momento se presenta un accidente o problema relacionado con la seguridad del personal y la máquina.

De esta manera queda descrito el principio de operación y funcionamiento de la máquina al hacer uso de hardware, software que utiliza los recursos que hasta el momento se han descrito en Capítulos anteriores, una vez finalizada la implementación, se lo puso en marcha para obtener los siguientes resultados preliminares que se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6 Pruebas de Funcionamiento Preliminares**

ÍTEM	TIPO DE PRUEBAS	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIÓN
			SI	NO	
1	Revisión de funcionamiento del motor principal, rotación, aislamiento y megado	Pruebas de medición de corriente por fase	x		Corriente de 2.1 A por fase correcto funcionamiento.
		Medición de ohmiaje entre conjuntos de bobinas	x		Ohmiaje de 1,3 $\Omega$ por conjunto de bobinado.
		Megado de carcaza y aislamiento de bobinas	x		Megado correcto de 55 M $\Omega$ aprobado para funcionamiento.
2	Revisión de estado físico de elementos de contactores y relés usados y nuevos	Pruebas de continuidad en contactos NA y NC	x		Correcto funcionamiento
		Constatación de Voltaje de funcionamiento de bobinas A1 y A2 de cada dispositivo	x		El voltaje de alimentación de las bobinas y contactores son de 24 VDC
3	Revisión de funcionamiento de variadores de Frecuencia	Parametrización de velocidades altas y bajas respecto al requerimiento de la máquina	x		Velocidad máxima y mínima seteados correctamente
		Configuración de rampa de funcionamiento con aceleración y desaceleración	x		Parámetros de aceleración de arranque y desaceleración de frenado correctos.
4	Revisión de funcionamiento de sensores de producto y mordaza.	Calibración de sensibilidad de los sensores fotoeléctricos e inductivos		x	No emiten la señal eléctrica, descalibrados.
5	Revisión de funcionamiento de sensor de contraste	Ubicación física estratégica del sensor de contraste	x		Se ubica a 25 mm en posición horizontal a la taca de la envoltura
		Calibración del rayo infrarrojo depende del color del material de envoltura.		x	Pierde la emisión de señal cuando se cambia de rollo de papel de empaque.

6	Revisión de largo de papel en rotación baja, media y alta.	Revisión de funcionamiento de parte mecánica que da el largo de papel		x	No mantiene el largo de papel constante.
		Verificación de funcionamiento de corrección de motor de largo de papel	x		El motor funciona correctamente acondiciona el largo de papel idóneo.
7	Revisión de funcionamiento de la pantalla HMI	Diseño y ubicación de botones digitales de acuerdo con el requerimiento.	x		Tras varias pruebas de diseño se logró finalizar un diseño final de presentación de fácil comprensión para el operador de la máquina.
		Visualización digital de parámetros seteables de dominio del operador	x		Ubicación detallada de funciones directas sobre la calibración de la máquina.
8	Revisión de funcionamiento en comunicación y diseño de la programación del PLC Siemens Simatic 1200	Constatación de la respuesta de cada uno de los elementos para la comunicación entre los dos PLC's y el HMI.		x	Desconexión de terminales en borneras.
		Pruebas de comunicación en el profinet	x		Correcta comunicación con un cable ethernet utp categoría 6A
9	Revisión de funcionamiento de controles de temperatura.	Calibración y seteo de valor máximo de temperatura para sellado	x		Funcionamiento correcto de los cuatro controles de temperatura
10	Revisión de calibración y medida de Termocupla PT100.	Medición de resistencia en los terminales	x		Valor de resistencia dentro del estándar de funcionamiento
		Calibración en tipo de entrada en el control de temperatura		x	No identifica valores de seteo y muestra error de termocupla.
11	Revisión de accionamiento de electroválvulas neumáticas.	verificación de señal de encendido de la bobina y accionamiento del embolo	x		Funcionalidad correcta dentro del diseño de funcionamiento
12	Revisión de Sellado y funcionamiento de mordazas transversales.	Mordazas alineadas y cuchillas afiladas		x	Mordazas y cuchillas con descuadre mecánico.
		Sellado correcto de acuerdo con el material de envoltura	x		Mediante el control de temperatura se setea el valor de temperatura capaz de brindar un sellado

					correcto de alta calidad.
13	Revisión de Sellado y funcionamiento de rodillos longitudinales.	Rodillos alineados y rotación uniforme.		x	Rodillos sin presión de sellado
		Sellado correcto de acuerdo con el material de envoltura	x		Mediante el control de temperatura se setea el valor de temperatura capaz de brindar un sellado correcto de alta calidad.
14	Revisión de funcionamiento de elementos de protección, fines de carrera y paros de emergencia.	Diseño en serie al circuito de control de todos los micros de seguridad y paros de emergencia	x		Todos los micros y paros de emergencia abren el circuito de control principal y apagan la máquina
15	Revisión de funcionamiento de alarmas indicativas dentro de la visualización del operador.	visualización de alarmas indicativas para alertar el mal funcionamiento	x		Funcionan correctamente y de fácil acceso a la vista del operador
16	Revisión de funcionamiento botonera de control principal de operador- máquina.	Verificación que las pulsaciones lleguen a las entradas del PLC	x		Funcionamiento correcto de cada uno de los pulsadores de control.
17	Revisión de funcionamiento de controlador inversor de secuencia de giro.	Funcionamiento de acuerdo con la señal del sensor de contraste y ubicación de papel de envoltura		x	No corrige la ubicación y centrado de logotipo.
18	Revisión de funcionamiento de trompo rotativo Mercotac.	Funcionamiento rotacional en mordazas y rodillos transmite un contacto eléctrico eficaz en termocupla y resistencias.	x		Funciona correctamente alimenta a las resistencias con 110V y lleva la conexión de la termocupla hasta el control de temperatura
19	Revisión de funcionamiento de resistencias de sellado de mordazas y rodillos.	Conexión directa a los contactores de alimentación con la señal de activación de los controles de temperatura		x	No calienta el par de rodillos derechos

20	Revisión de centrado de imagen, logo del producto final.	Validación del producto final constatación del sellado, largo de papel y centrado de logo de la empresa.	x	El producto final cumple satisfactoriamente todos los estándares de calidad para el consumo masivo y producción en línea a niveles industriales.
----	--	--	---	--

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.3.1. Acciones requeridas para corrección de fallas

En la Tabla 7 se puede observar la corrección de fallas y acciones requeridas después del resultado arrojado por las pruebas preliminares de funcionamiento, como es natural al implementar un nuevo proyecto se debe tener en cuenta varios factores antes de entregar el trabajo terminado y es de primordial importancia realizar pruebas de funcionamiento hasta eliminar las fallas y errores existentes, a continuación, se muestra el detalle de las acciones tomadas:

- **Ítem 4: Revisión de sensores de producto y mordaza**

En las pruebas preliminares los sensores de producto y mordaza no emiten la señal de impulso, por ende, no se encienden los elementos actuadores.

**Acción realizada:**

Se procede a calibrar los sensores en el caso de los sensores fotoeléctricos a una distancia de 35mm y en el caso del sensor inductivo a 3mm de distancia de la leva en la mordaza.

- **Ítem 5: Revisión de funcionamiento de sensor de contraste**

En las pruebas preliminares el funcionamiento del sensor de contraste dio errores de lectura de taca debido a la velocidad de la máquina y sensibilidad de color debido a que al cambio de sabor de producto se pierde la señal del sensor.

**Acción realizada:**

Mediante el manual de usuario del sensor de contraste Visolux se procede a la calibración del sensor a parámetros de alta velocidad y función de registro multicolor.

- **Ítem 6: Revisión de largo de papel en rotación baja, media y alta**

En las pruebas preliminares el largo de papel no se mantiene a ninguna velocidad de la máquina.

**Acción realizada:**

Se verifica que el problema es netamente mecánico y se procede con el cambio de rodamientos en el brazo de tensión que papel debido a que la rotación del mismo se encuentra afectada por rodamientos en mal estado.

- **Ítem 8: Revisión de funcionamiento en comunicación y diseño de la programación del PLC Siemens Simatic 1200**

En las pruebas preliminares al revisar el funcionamiento de todo el diseño de la programación se tubo los errores de no activación de entradas del PLC y de la misma manera activación errónea sin orden de operador.

**Acción realizada:**

Se implementó un transformador que mantenga el voltaje estable para eliminar picos, debido a que estos picos de voltaje generan señales falsas que habilitan etapas de trabajo erróneamente.

- **Ítem 10: Revisión de calibración y medida de Termocupla-PT100**

En las pruebas preliminares los valores en los controles de temperatura fueron erróneos debido a que la termocupla en el caso de los rodillos y la PT100 en el caso de las mordazas están mal conectadas y descalibrado el control de temperatura.

**Acción realizada:**

Se cambio de terminales en la conexión del contacto rotativo, se aisló con teflón de alta temperatura que manejan estos contactos y evitar futuros cortocircuitos de igual manera en los controles de temperatura se parametrizó el tipo de sensor termocupla Tipo J para el caso de los rodillos y PT100 en el caso de mordazas.

- **Ítem 12: Revisión de Sellado y funcionamiento de mordazas transversales**

En las pruebas preliminares se pasó producto para verificar el sellado final y se tiene varias novedades la primera que no independiza el caramelo sellado es decir no corta y en varios casos no sella.

**Acción realizada:**

Se alinee las mordazas y aumento presión ente ellas, debido a que la parte mecánica fue implementada totalmente el inicio del funcionamiento es irregular hasta que se asienten todas las partes mecánicas.

- **Ítem 13: Revisión de Sellado y funcionamiento de rodillos longitudinales**

En las pruebas preliminares el sellado longitudinal proporcionado por los rodillos no es de buena calidad y el producto se abre a la mínima presión.

**Acción realizada:**

**Se agrego presión al rozamiento entre rodillos para mejorar el sellado en las pruebas** de alineamiento de rodillos, de igual manera se seteo el valor de temperatura de tal manera que selle el papel de empaque.

- **Ítem 17: Revisión de funcionamiento de controlador inversor de secuencia de giro**

En las pruebas preliminares el controlador de secuencia no se acciona y no corrige el centrado del logotipo del papel de empaque.

**Acción realizada:**

Se calibró al sensor de contraste en máxima sensibilidad y en modo de registro multicolor.

- **Ítem 19: Revisión de funcionamiento de resistencias de sellado de mordazas y rodillos**

En las pruebas preliminares las resistencias no calentaron y causaron cortocircuitos.

**Acción realizada:**

Se aisló las conexiones con cinta auto fundente y se reforzó los terminales con teflón.

Tabla 7 Corrección de Errores en Pruebas Finales de Funcionamiento

ÍTEM	TIPO DE PRUEBAS	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIÓN
			SI	NO	
1	Revisión de funcionamiento del motor principal, rotación, aislamiento y megado	Pruebas de medición de corriente por fase	x		Corriente de 2.1 A por fase correcto funcionamiento.
		Medición de ohmiaje entre conjuntos de bobinas	x		Ohmiaje de 1,3 $\Omega$ por conjunto de bobinado.
		Megado de carcaza y aislamiento de bobinas	x		Megado correcto de 55 M $\Omega$ aprobado para funcionamiento.
2	Revisión de estado físico de elementos de contactores y relés usados y nuevos	Pruebas de continuidad en contactos NA y NC	x		Correcto funcionamiento
		Constatación de Voltaje de funcionamiento de bobinas A1 y A2 de cada dispositivo	x		El voltaje de alimentación de las bobinas y contactores son de 24 VDC
3	Revisión de funcionamiento de variadores de Frecuencia	Parametrización de velocidades altas y bajas respecto al requerimiento de la máquina	x		Velocidad máxima y mínima seteados correctamente
		Configuración de rampa de funcionamiento con aceleración y desaceleración	x		Parámetros de aceleración de arranque y desaceleración de frenado correctos.
4	Revisión de funcionamiento de sensores de producto y mordaza.	Calibración de sensibilidad de los sensores fotoeléctricos e inductivos	x		Calibración a 35 mm los sensores fotoeléctricos y a 3mm los sensores inductivos
5	Revisión de funcionamiento de sensor de contraste	Ubicación física estratégica del sensor de contraste	x		Se ubica a 25 mm en posición horizontal a la taca de la envoltura
		Calibración del rayo infrarrojo depende del color del material de envoltura.	x		Calibración en modo multicolor de taca.
6	Revisión de largo de papel en rotación baja, media y alta.	Revisión de funcionamiento de parte mecánica que da el largo de papel	x		Ajuste de brazo tensor de papel
		Verificación de funcionamiento de corrección de motor de largo de papel	x		El motor funciona correctamente acondiciona el largo de papel idóneo.

7	Revisión de funcionamiento de la pantalla HMI	Diseño y ubicación de botones digitales de acuerdo con el requerimiento.	x		Tras varias pruebas de diseño se logró finalizar un diseño final de presentación de fácil comprensión para el operador de la máquina.
		Visualización digital de parámetros seteables de dominio del operador	x		Ubicación detallada de funciones directas sobre la calibración de la máquina.
8	Revisión de funcionamiento en comunicación y diseño de la programación del PLC Siemens Simatic 1200	Constatación de la respuesta de cada uno de los elementos para la comunicación entre los dos PLC's y el HMI.	x		Se implementó un transformador que mantenga el voltaje estable para eliminar picos.
		Pruebas de comunicación en el profinet	x		Correcta comunicación con un cable ethernet utp categoría 6A
9	Revisión de funcionamiento de controles de temperatura.	Calibración y seteo de valor máximo de temperatura para sellado	x		Funcionamiento correcto de los cuatro controles de temperatura
10	Revisión de calibración y medida de Termocupla PT100.	Medición de resistencia en los terminales	x		Valor de resistencia dentro del estándar de funcionamiento
		Calibración en tipo de entrada en el control de temperatura	x		Se cambio de terminales y se parametrizo el control de temperatura.
11	Revisión de accionamiento de electroválvulas neumáticas.	verificación de señal de encendido de la bobina y accionamiento del embolo	x		Funcionalidad correcta dentro del diseño de funcionamiento
12	Revisión de Sellado y funcionamiento de mordazas transversales.	Mordazas alineadas y cuchillas afiladas	x		Se alinee las mordazas y aumento presión ente ellas.
		Sellado correcto de acuerdo con el material de envoltura	x		Mediante el control de temperatura se setea el valor de temperatura capaz de brindar un sellado correcto de alta calidad.
13	Revisión de Sellado y funcionamiento de rodillos longitudinales.	Rodillos alineados y rotación uniforme.	x		Se agrego presión al rozamiento entre rodillos para mejorar el sellado

		Sellado correcto de acuerdo con el material de envoltura	x		Mediante el control de temperatura se setea el valor de temperatura capaz de brindar un sellado correcto de alta calidad.
14	Revisión de funcionamiento de elementos de protección, fines de carrera y paros de emergencia.	Diseño en serie al circuito de control de todos los micros de seguridad y paros de emergencia	x		Todos los micros y paros de emergencia abren el circuito de control principal y apagan la máquina
15	Revisión de funcionamiento de alarmas indicativas dentro de la visualización del operador.	visualización de alarmas indicativas para alertar el mal funcionamiento	x		Funcionan correctamente y de fácil acceso a la vista del operador
16	Revisión de funcionamiento botonera de control principal de operador- máquina.	Verificación que las pulsaciones lleguen a las entradas del PLC	x		Funcionamiento correcto de cada uno de los pulsadores de control.
17	Revisión de funcionamiento de controlador inversor de secuencia de giro.	Funcionamiento de acuerdo con la señal del sensor de contraste y ubicación de papel de envoltura	x		Se calibro al sensor de contraste en máxima sensibilidad y en modo multicolor.
18	Revisión de funcionamiento de trompo rotativo Mercotac.	Funcionamiento rotacional en mordazas y rodillos transmite un contacto eléctrico eficaz en termocupla y resistencias.	x		Funciona correctamente alimenta a las resistencias con 110V y lleva la conexión de la termocupla hasta el control de temperatura
19	Revisión de funcionamiento de resistencias de sellado de mordazas y rodillos.	Conexión directa a los contactores de alimentación con la señal de activación de los controles de temperatura	x		Se aisló las conexiones con cinta auto fundente y se reforzó los terminales con teflón.
20	Revisión de centrado de imagen, logo del producto final.	Validación del producto final constatación del sellado, largo de papel y centrado de logo de la empresa.	x		El producto final cumple satisfactoriamente todos los estándares de calidad para el consumo masivo y producción en línea a niveles industriales.

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

#### 4.4. Análisis de Resultados

Dentro del análisis de resultados se pueden mencionar varias ventajas en relación con las otras máquinas existentes en la empresa que realizan el mismo trabajo como, por ejemplo:

- La máquina de envoltura de caramelo del presente proyecto de titulación al tener 1200 golpes por minuto genera un 55% más producción a la máquina Eurosigma 5, de la misma manera en comparación con la máquina Eurosigma 7, la máquina del presente proyecto de titulación mejora la producción en un 25% lo cual genera ingreso y beneficio empresarial.
- De la misma manera se puede cuantificar el tiempo ahorrado en la misma cantidad de producción, en relación con la máquina Eurosigma 5 mejora de manera evidente la producción en un 45% y al comparar con la máquina Eurosigma 7 se tiene que el beneficio es gradual y mejora en un 25% los tiempos de producción.
- En lo referente al consumo de energía se observa claramente el consumo que implica tener una máquina con elementos eléctricos y electrónicos nuevos, de esta manera en comparación con la máquina Eurosigma 5 mejora el ahorro energético en alrededor de 50% y de igual manera en comparación con la máquina Eurosigma 7 mejora el ahorro de energía en un margen de alrededor del 35%.

En la Tabla 8 se muestra detalladamente el análisis comparativo de resultados, debido a que se la máquina de envoltura de caramelos del presente proyecto de titulación presenta varias ventajas que se observan a continuación:

**Tabla 8 Análisis Comparativo**

MÁQUINAS DE ENVOLTURA DE CARAMELO PLANTA DE PRODUCCION CONFITECA							
EUROSIGMA 5			EURIGMA 7		EUROSIGMA 12 (PROYECTO PIC)		
Golpes por minuto	550		Golpes por minuto	700		Golpes por minuto	1200
Dimensión de plato de alimentación de producto	55 cm de diámetro		Dimensión de plato de alimentación de producto	85 cm de diámetro		Dimensión de plato de alimentación de producto	110 cm de diámetro
Consumo de Energia	17000 W		Consumo de Energia	12000 W		Consumo de Energia	8000 W
Velocidad de producción en kilos	20 kilos en 5,50 minutos		Velocidad de producción en kilos	20 kilos en 4,10 minutos		Velocidad de producción en kilos	20 kilos en 3,00 minutos

Largo de cadena transportadora de producto	3 metros	Largo de cadena transportadora de producto	4,5 metros	Largo de cadena transportadora de producto	6 metros
Control y Funcionamiento de dosificación y alimentación de producto	Mecánico	Control y Funcionamiento de dosificación y alimentación de producto	Semi-automático y mecánico	Control y Funcionamiento de dosificación y alimentación de producto	Electrónico y automático
Sistema de amortiguación en sellado de mordazas	Ninguna	Sistema de amortiguación en sellado de mordazas	Ninguna	Sistema de amortiguación en sellado de mordazas	Neumático
Sistema de alimentación de resistencias y termocuplas	Colector y Escobillas	Sistema de alimentación de resistencias y termocuplas	Colector y Escobillas	Sistema de alimentación de resistencias y termocuplas	Trompo MERCOTAC
Interfaz HMI	Pantalla TD200	Interfaz HMI	Pantalla TD200	Interfaz HMI	Pantalla TouchWin 7"
Controlador Lógico Programable	Xinje XC1	Controlador Lógico Programable	Siemens S7-200	Controlador Lógico Programable	Siemens Simatic-1200
Ergonomía a disposición del operador	Ninguna	Ergonomía a disposición del operador	Ninguna	Ergonomía a disposición del operador	Alta

Fuente: (Elaborado por el Autor, 2018)

## CONCLUSIONES

- Una vez que se implementó de manera correcta y eficaz el tablero de control principal se pudo automatizar la máquina de envoltura de caramelos funcionalmente obsoleta mediante la utilización de un PLC de la marca Siemens 1200 y Pantalla TouchWin para la interfaz hombre-máquina.
- De igual manera se identificó los dispositivos eléctricos y electrónicos de protección, seguridad, control, sensado y actuación idóneos con el respectivo análisis de funcionamiento, que permitan desarrollar la automatización de la máquina para envoltura de caramelos y cumplir el requerimiento de producción en línea.
- Mediante el diseño del programa de funcionamiento en la aplicación Tia Portal de tal manera que permita la explotación al máximo de las ventajas que presenta el PLC Siemens 1200 con lo cual el proyecto realice todas las funciones de la máquina de envoltura de caramelos para lograr establecer una interfaz lógica entre operario y la máquina una vez finalizado el proyecto.
- Se implementó el tablero de control bajo estándares de control industrial con dispositivos eléctricos, electrónicos de fuerza y control apropiados que permiten ser utilizados de acuerdo con la necesidad de la máquina y se acoplan al requerimiento de rendimiento y eficiencia solicitado.
- De igual manera se integró una pantalla TouchWin con un diseño versátil de fácil comprensión para el operador lo cual permita a la interfaz HMI configurar en tiempo real parámetros de funcionamiento de la máquina.
- Después de realizar las pruebas de funcionamiento pertinentes de la parte eléctrica y electrónica se pudo apreciar que la máquina trabaja en total sincronización con la parte mecánica lo cual permite el funcionamiento de todas las partes y elementos que conforman la máquina.
- Se analizó los resultados obtenidos en comparación con otras máquinas que realizan el mismo trabajo, y se tiene los resultados esperados con un producto terminado de primera calidad, en lo que refiere a empaque, sellado, largo de papel, centrado de logotipos e impresión de datos.

## RECOMENDACIONES

- Es importante detallar un plan de mantenimiento periódico de todas las partes y piezas mecánicas de la máquina de envoltura de caramelos debido a que son parte fundamental de todo el proceso, porque si no tienen el respectivo mantenimiento, limpieza y lubricación va a dar fallas a toda la implementación electrónica ya que el diseño está provisto de sistemas de alarmas y protección en cuanto alguna acción este fuera de lo normal con esto se garantiza un producto final de primera calidad y se extiende la vida útil de la maquinaria.
- En la implementación de la parte eléctrica es que se debe procurar en la medida de lo posible entregar una alimentación trifásica a 220V con conexión a línea de tierra para precautelar la vida útil de los dispositivos electrónicos debido a que son muy susceptibles a cortocircuitos que pueden ocasionar que el equipo se quemara completamente.
- Es aconsejable conectar la máquina de envoltura de caramelos a un UPS para evitar que en caso de pérdida de energía eléctrica la máquina pare las operaciones bruscamente y quemara algún dispositivo electrónico también es muy recomendable instalar un supresor de Transientes el cual ayudara mucho al circuito de control a purificar señales y eliminar picos de corrientes que ocasionen señales falsas tanto en los sensores como en el PLC.
- Será de suma importancia la implementación del sensor giratorio encoder con un fusible mecánico de plástico debido a que al estar conectado mecánicamente a un eje rotatorio de alta velocidad el eje del encoder tiende a romperse y la máquina pierde totalmente la sincronización global de la máquina de envoltura.
- Es aconsejable no subir más allá de los 1200 golpes por minuto debido a que los desgastes de las partes mecánicas de toda la máquina no soportan dicha rotación por lo cual él es conveniente seguir el estándar regular de la máquina y la producción.
- Por cuestiones de calibración al inicio de la producción se deberá poner la máquina en por pulsos hasta calibrar definitivamente la máquina para trabajo continuo.

## Referencias Bibliográficas

- Acosta, O. (2018). *Automatización industrial*. Obtenido de [https://www.academia.edu/11299345/Automatizacion\\_Industrial](https://www.academia.edu/11299345/Automatizacion_Industrial)
- Aficionados a la mecánica. (2014). *Sensores en el automóvil*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores2-modelos.htm>
- ARIAN Control & Instrumentation. (2017). *Funcionamiento de Termocuplas*. Obtenido de <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>
- ASTM. (2005: 30). General Methods and Instrumentation. 14(3).
- Bafu, M. (18 de 04 de 2005). *Bafu Machinery*. Obtenido de Bafu Machinery: <http://www.bafupackaging.com>
- Bastan, E. (2017). *Electroválvulas Neumáticas*. Obtenido de [http://www.bastan.es/pagproductos/neumatica/neumatica\\_electrovalvulas\\_az.htm](http://www.bastan.es/pagproductos/neumatica/neumatica_electrovalvulas_az.htm)
- Catedu. (2015: 97). *Controlador de acción proporcional y derivativa (PD)*. Obtenido de [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4926/html/14\\_controlador\\_de\\_accin\\_proporcional\\_y\\_derivativa\\_pd.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4926/html/14_controlador_de_accin_proporcional_y_derivativa_pd.html)
- Confiteca. (2016). *Producción y calidad*. Obtenido de <http://www.confiteca.com.ec/es/sobrenosotros/corporativo>
- Corrales, L. (2007:46). *Sistemas Scada*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- del Brio, B. (1999: 65). *Sistemas electrónicos basados en microprocesadores y microcontroladores*. Zaragoza: Prensas Universitarias.
- Delta. (2017). *Controlador de Temperatura Delta DTB4848*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416085189-controlador-de-temperatura-avanzado-delta-dtb4848-100-240va-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416085189-controlador-de-temperatura-avanzado-delta-dtb4848-100-240va-_JM)
- Dimproin. (26 de 05 de 2016). *Dimproin*. Obtenido de Dimproin.
- Direct industry. (2016). *Catalogos*. Obtenido de <http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems-19851.html>
- Elaborado por el Autor. (2018). Proyecto Integrador de Carrera.
- Eneka. (2018). *Comandos y Botoneras*. Obtenido de <http://www.eneka.com.uy/automatizacion/comandos-y-botoneras/comando-p20-selector-largo-2-pos-fijas-detail.html>
- Eurosicma. (19 de Junio de 2018). *www.exapro.es*. Obtenido de <https://www.exapro.es/flowpack-eurosicma-b75ds-p70629082/?exaspot=1>
- Explorer, A. D. (10 de 06 de 2015). *wikihow*. Obtenido de wikihow.

- Festo. (2017: 35). *Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*. Obtenido de [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56827\\_2017\\_09\\_es\\_pg\\_fa\\_small.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56827_2017_09_es_pg_fa_small.pdf)
- Genera, T. (2018:136). *Automoatizacion y Controladores*.
- Gil, A. (1999). *Introduccion al Control industrial*. MAdrid, España.
- Inserny, V. (16 de Enero de 2008). *SCIELO*. Obtenido de SCIELO: <http://www.scielo.org.com>
- JOM. (2016). *Importancia de la automatización industrial, dentro del panorama actual*. Obtenido de <http://estampacionesjom.com/importancia-de-la-automatizacion-industrial-dentro-del-panorama-actual/>
- Ladreda, F. (2008: 45). *Manual para la Formacion del Medio Ambiente*. Valladolid: Lex Nova.
- LLITSA. (2016). *Variador de Frecuencia*. Obtenido de [https://www.llitsa.es/variador-frecuencia\\_p4818649.htm](https://www.llitsa.es/variador-frecuencia_p4818649.htm)
- Marcombo. (2015: 50). *Comunicaciones Industriales Siemens*.
- Mecafenix. (2018). *Tipos de sensores y sus características*. Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/>
- Neumática, H. (6 de Septiembre de 2010). *Automatizacion Industrial*. Obtenido de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/valvulas-distribuidoras.html>
- OMRON. (s.f.). *OMRON Industrial Automation*. Obtenido de <http://www.ia.omron.com/products/category/sensors/rotary-encoders/>
- Optimus. (2015). *OPtimus Innovative Control Intelligence*. Obtenido de [http://www.optimuscontrol.com.my/?ws=showproducts&products\\_id=562867](http://www.optimuscontrol.com.my/?ws=showproducts&products_id=562867)
- proCHILE. (2012). *Estudio de mercado confites en Ecuador*. Obtenido de [https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files\\_mf/documento\\_05\\_02\\_12161210.pdf](https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/documento_05_02_12161210.pdf)
- Quilmes, U. N. (2002). *Control Automatico 1*. Virginia Mazzone.
- Quito, R. (2010). *Resistencia Eléctrica*. Obtenido de <http://ec.clasificados.com/resistencias-electricas-cable-de-alta-temperatura-niquelinas-fabrica-de-resistencias-330930.html>
- Ramírez, A. (2015). *Acciones básicas de control*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/267304954/Unidad-4-Ing-control-Clasico>
- Rocatek. (2010). *Que es la automatización industrial*. Obtenido de [http://www.rocatek.com/forum\\_automatizacion\\_industrial.php](http://www.rocatek.com/forum_automatizacion_industrial.php)
- Rs-mation. (2017). *Mercotac 430*. Obtenido de [http://www.rsmationstore.com/Mercotac-430-Conector-Giratorio-30Amp-250Vac\\_p\\_195.html](http://www.rsmationstore.com/Mercotac-430-Conector-Giratorio-30Amp-250Vac_p_195.html)
- Sacerdoti, E. (2017). *Estructura de Ganancia*. En E. Sacerdoti.

- Sánchez, M. (2015: 79). *Tipos de controladores*.
- Schneider. (2017). *Touch-Screen HMI*. Obtenido de <https://in.rsdelivers.com/product/telemecanique/xbtgt1335/schneider-electric-xbtgt-series-touch-screen-hmi/0517381>
- SICK. (s.f.). *SICK Sensor Intelligence*. Obtenido de <https://www.sick.com/es/es/fotocelulas/fotocelulas/c/g172752xp2>
- Siemens. (2009). *Controlador programable S7-1200*. Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens. (2009: 78). *Controlador Logico Programable S7-1200*.
- Siemens. (2017: 83-90). *Manual SIMATIC S7-1200*. Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Simatic. (2018). *Simatic S7-1200, CPU 1214C*. Obtenido de <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html>
- Sinnexus. (2017). *¿Qué es Business Intelligence?* Obtenido de [https://www.sinnexus.com/business\\_intelligence/](https://www.sinnexus.com/business_intelligence/)
- Todotrafo, S. (2015). *Transformadores Bifásicos*. Obtenido de <http://www.todotrafo.com.ar/transformadores.html>
- TOUCHWIN. (s.f.). *techdesign Manuals*. Obtenido de <http://techdesign.com.ec/techw/wp-content/uploads/2016/01/TH-series-HMI.pdf>
- Tussie, D., & Casaburi, G. (1991:16-17). Los nuevos bloques comerciales: a la búsqueda de un fundamento perdido. *Revista de Ciencias Sociales*, 31(121), 18.
- UIsrael. (2018). *Guía Metodologica de Titulación*.
- Xinje. (2015). *Xinje*. Obtenido de <http://www.xinje.com/en/ProductView.asp?ID=189&SortID=134>
- Xinje, E. (2014: 73). *TH Series HMI*.

**ANEXOS**

**ANEXO 1.- MANUAL DE USUARIO**

## 1. OBJETIVOS

- Desarrollar un manual que permita el acceso a la operación de la máquina de envoltura de caramelo en un proceso operativo en forma secuencial y de manera segura para el operador y su equipo de trabajo.
- Permitir que cualquier persona que opere la máquina tenga la facilidad de utilizarla a plenitud de manera que se pueda aprovechar al máximo el rendimiento de la máquina de envoltura de caramelos.

## 2. RESPONSABILIDADES

No.	RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
1	Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que la maquinaria esté en su correcto funcionamiento</li> <li>- Operar la máquina de manera correcta al contemplar las medidas de seguridad.</li> <li>- Aplicar principios de BPM, calidad e inocuidad para un producto final de alta calidad.</li> <li>- Verificar el orden y limpieza del área antes y después de ejecutar el proceso.</li> <li>- Verificar disponibilidad de material y producto.</li> <li>- Verificar que el producto se encuentre visualmente en óptimas condiciones para la envoltura.</li> <li>- Operar la máquina de manera segura y reportar cualquier condición sub-estándar.</li> </ul>

### 3. DESARROLLO DEL DOCUMENTO PARA EL USUARIO

#### 3.1 Medidas de Seguridad

- Nunca introduzca sus manos en partes móviles de la maquinaria sin previamente haber apagado el equipo.
- No retirar las guardas de seguridad del equipo.
- Mantenga operativos los micros de seguridad instalados en la máquina.
- Respete la señalética que se encuentra ubicada en la máquina.
- Nunca se debe operar el equipo sin previamente haber sido capacitado.

#### 3.2 Señalética de Precaución



Al trabajar con resistencias de calentamiento a elevadas temperaturas para el sellado longitudinal de rodillos y transversal de mordazas.



Al trabajar con cajas reductoras, piñones y sobre todo mordazas de corte con cuchillas se debe tener alta precaución de atrapamiento.



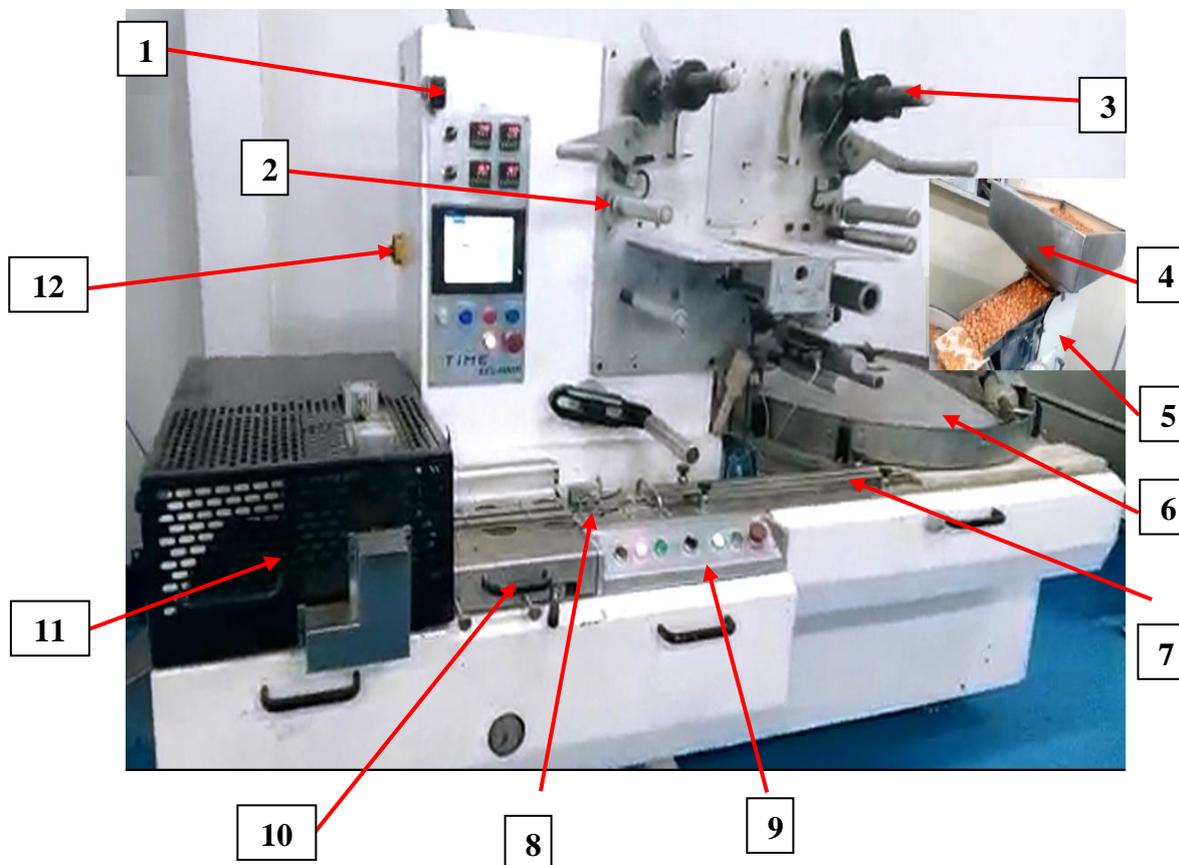
Al trabajar en una maquinaria industrial a voltaje trifásico es conveniente poner a la vista rótulos de precaución de riesgo eléctrico.



Al trabajar en una planta de producción industrial es indispensable utilizar todo el equipo de protección personal que se lo requiera.

#### 4. PARTES DE LA MÁQUINA

##### ENVOLVEDORA EUROSIGMA 12 ENVOLTURA DE CARAMELO



##### TABLERO DE CONTROL

Parte principal en una maquinaria, donde se encuentran los dispositivos de seguridad y los elementos de control y mando principal para maniobrar la máquina.

##### SENSOR DE FOTO

Dispositivos que requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores en diferencias de superficie.

#### PORTA BOBINA DE MATERIAL

Llamados también porta rollos sirven para el des bobinado o bobinado de cualquier material de envoltura, este elemento es importante debido a que el operador debe dar la tensión y ajuste correcto al rollo de material de envoltura.

#### TOLVA ALIMENTADORA DE PRODUCTO

Dispositivo de alimentación a granel seguro para el producto esta tolva es alimentada por el operador de manera manual después de que el caramelo haya sido seleccionado y ubicado en bandejas.

#### VIBRADOR DE LA TOLVA

Dispositivo que vibra para permitir caer el caramelo y alimentar los platos dosificadores mediante la señal del sensor que está ubicado en una parte estratégica del plato dosificador para de esta manera al momento que se vaya a terminar el producto se recupera paulatinamente según lo requiera.

#### PLATO DOSIFICADOR

Plato de acero inoxidable que contiene los productos, y éstos caen mediante gravedad en un plato rotatorio.

#### CADENA Y ESLABON DE TRANSPORTE DE PRODUCTO

Cadena giratoria que contiene eslabones de separación unitario para transportar el producto.

#### PLEGADOR

Instrumento con que se pliega el material al producto dándole la forma del caramelo y ubica el fleco para ser sellado longitudinalmente por los rodillos de sellado que se encuentran a una temperatura tal que permita un sellado de alta calidad

#### CONTROL DE PULSOS DE LA CADENA DE TRANSPORTE

Dispositivo de control que sirve para dar pequeños pulsos a la cadena mientras se calibra la máquina.

#### RODILLOS DE ARRASTRE Y SELLADO DE LA ENVOLTURA

Los rodillos de arrastre no tienen temperatura, tiene la finalidad solo de arrastrar el material hacia los rodillos de sellado, para que estos sellen la envoltura con el producto.

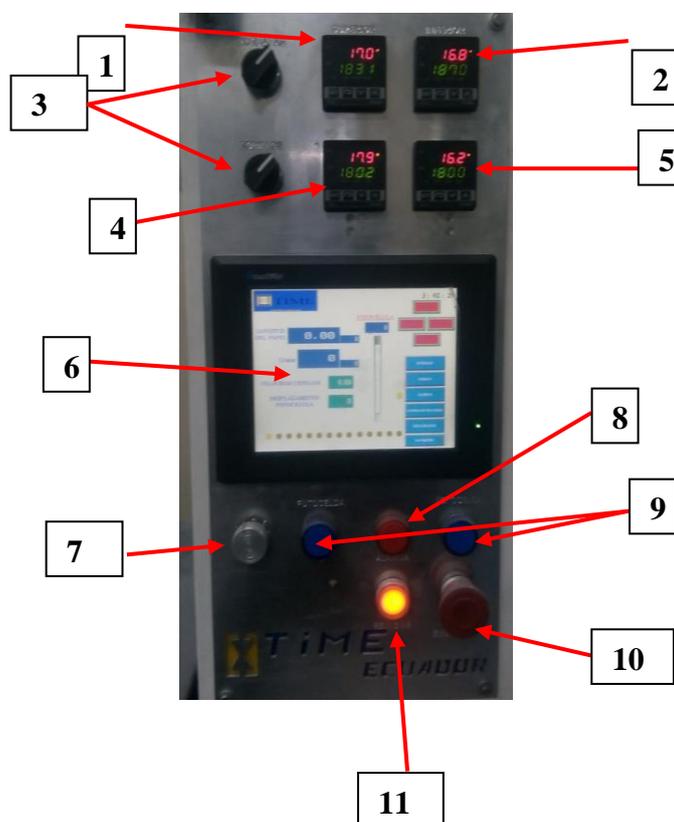
## MORDAZAS

Herramienta que mediante un mecanismo de husillo o de otro tipo permite sujetar por fricción una pieza presionándola en forma continua.

## SECCIONADOR DE ALIMENTACION ELÉCTRICA PRINCIPAL

Este elemento es el actuador principal de alimentación de energía eléctrica de toda la máquina es de funcionamiento manual es decir el operario o personal autorizado puede activarlo.

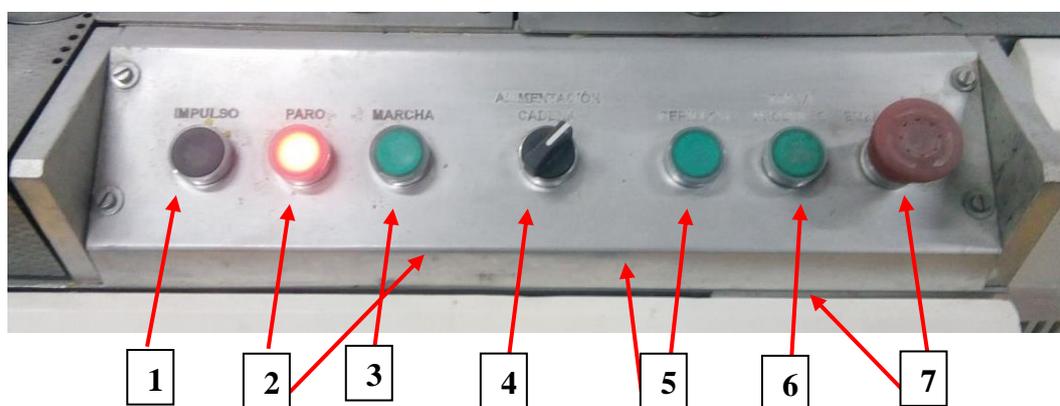
### 4.1 Distribución de Elementos de Control en el Tablero Principal



1. Control de temperatura de mordazas superiores.
2. Control de temperatura de mordazas inferiores.
3. Selector de encendido de controles de temperatura de rodillos y mordazas.
4. Control de temperatura de rodillos de sellado izquierdos.
5. Control de temperatura de rodillos de sellado derechos.

6. Pantalla TouchWin de interfaz hombre a máquina.
7. Potenciómetro de regulación de velocidad de la máquina.
8. Luz piloto de alarma indicativa de error en el largo mecánico del papel.
9. Luz piloto indicativa de requerimiento de largo de papel izquierdo y derecho.
10. Paro de emergencia para bloqueo de máquina.
11. Pulsador reset para inicio de funcionamiento de la máquina.

#### 4.2 Panel de mando principal de operador de máquina



1. Pulsador de Impulso, para calibración de máquina.
2. Pulsador de paro de máquina.
3. Pulsador de marcha de máquina.
4. Selector de activación de cadena de alimentación de producto.
5. Pulsador de encendido de cepillos.
6. Pulsador de encendido de tolva de alimentación.
7. Paro de emergencia para bloqueo de máquina.

## 5. OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Calibrar temperaturas de rodillos y mordazas de acuerdo con el material con el que se vaya a empacar el caramelo debido a que depende el tipo de material se acondiciona la temperatura de sellado en rodillos y mordazas.

Abrir la llave de red del aire comprimido.

Colocar en las bobinas el material que se va a utilizar pasar el material por los rodillos hasta llegar al sistema de arrastre y corte, en este sistema verificar que no se encuentre partículas de caramelo o material porque se puede tener problemas de atascamiento.



Regular tensión del material.

Calibrar el sensor de contraste ya que esta se utiliza para enviar señales digitales a la máquina, y ayuda con la regulación en el centrado de logotipo.

Calibrar el plegador. La formación del tubular se realiza gracias a un moldeador.

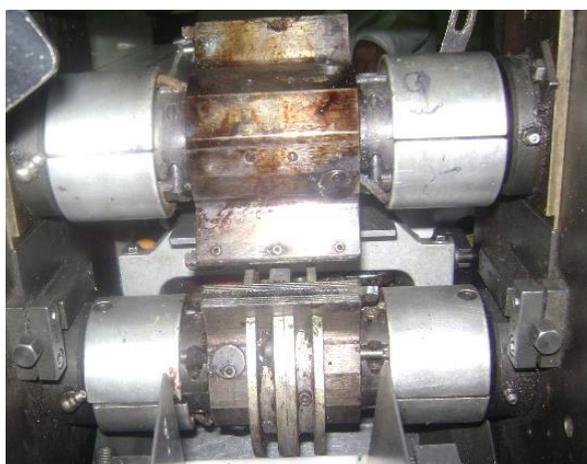


Verificar el sellado longitudinal. Este sistema está compuesto por seis rodillos. El primer par está compuesto por rodillos no calentados y su finalidad es la de arrastrar el tubular manteniéndolo en posición para el sellado que se efectuará por los dos pares sucesivos

El segundo y tercer par de rodillos tiene por finalidad sellar la película predispuesta para sellar en caliente o en frío y empujarla hacia el grupo CST. Este par de cilindros sirven para sujetar el papel que manda el fregador de forma tubular que funcionan con presión de aire.



Verificar el sellado transversal y el corte. El sellado transversal y corte del tubular se realiza mediante un par de mordazas.



- Cargar la tolva con el producto designado.
- Prender el vibrador para que baje el caramelo al plato dosificador.
- Calibrar con producto el material tanto el sellado longitudinal como el transversal y su corte.
- Recolectar el producto en pacas, realizar la verificación de los criterios de aceptación como:
  - Que el sellado sea firme.
  - Que el sellado no esté flojo.
  - Que no presente rasgaduras
  - Que no esté quemado.
  - Que el logotipo o marca esté centrado en el producto.
- Pesar la paca de 12Kg netos, organizar y entregar a bodega con su respectiva hoja de ruta y la hoja de ingreso de producto terminado.

## **6. PRECAUCIONES:**

- CUMPLIR CON LAS NORMAS DE HIGIENE PERSONAL.
- RESPETETAR SIEMPRE LOS ROTULOS DE SEGURIDAD COLOCADOS EN LAS MÁQUINAS.
- CUMPLIR CON LAS NORMAS DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA.

**ANEXO 2.- MANUAL TÉCNICO**

## 1. OBJETIVOS

- Desarrollar un manual que permita detectar las fallas comunes y dar solución rápida a los posibles problemas o inconvenientes que se presenten al momento de producción en línea de envoltura de caramelos.
  
- Facilitar al personal técnico autorizado la maniobra de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos al mencionar detalles directos y claves de funcionamiento básico para garantizar la eficiencia y rendimiento de la máquina en producción.

## 2. RESPONSABILIDADES

No.	RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
1	Personal Técnico Autorizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar funcionamiento del equipo electrónico sin fallas al mantener estándares de producción al cumplir los requerimientos de calidad solicitados.</li>   <li>- Aplicar principios básicos de conocimiento eléctrico y electrónico para solucionar de manera inmediata los problemas típicos que se presentan dentro de una producción industrial.</li>   <li>- Supervisar el funcionamiento de la máquina de manera segura, al verificar el accionamiento de los dispositivos de paro de emergencia y de fines de carrera que están predispuestos para evitar accidentes de trabajo como atrapamientos y/o quemaduras.</li> </ul>

### 3. CONTENIDO

#### 3.1 Medidas de Seguridad

- Nunca introduzca sus manos en partes móviles de la maquinaria sin previamente haber apagado el equipo.
- No retirar las guardas de seguridad del equipo.
- Mantenga operativos los micros de seguridad instalados en la máquina.
- Respete la señalética que se encuentra ubicada en la máquina.
- Nunca se debe operar el equipo sin previamente haber sido capacitado.

#### 3.2 Señalética de Precaución



Al trabajar con resistencias de calentamiento a elevadas temperaturas para el sellado longitudinal de rodillos y transversal de mordazas.



Al trabajar con cajas reductoras, piñones y sobre todo mordazas de corte con cuchillas se debe tener alta precaución de atrapamiento.



Al trabajar en una maquinaria industrial a voltaje trifásico es conveniente poner a la vista rótulos de precaución de riesgo eléctrico.



Al trabajar en una planta de producción industrial es indispensable utilizar todo el equipo de protección personal que se lo requiera.

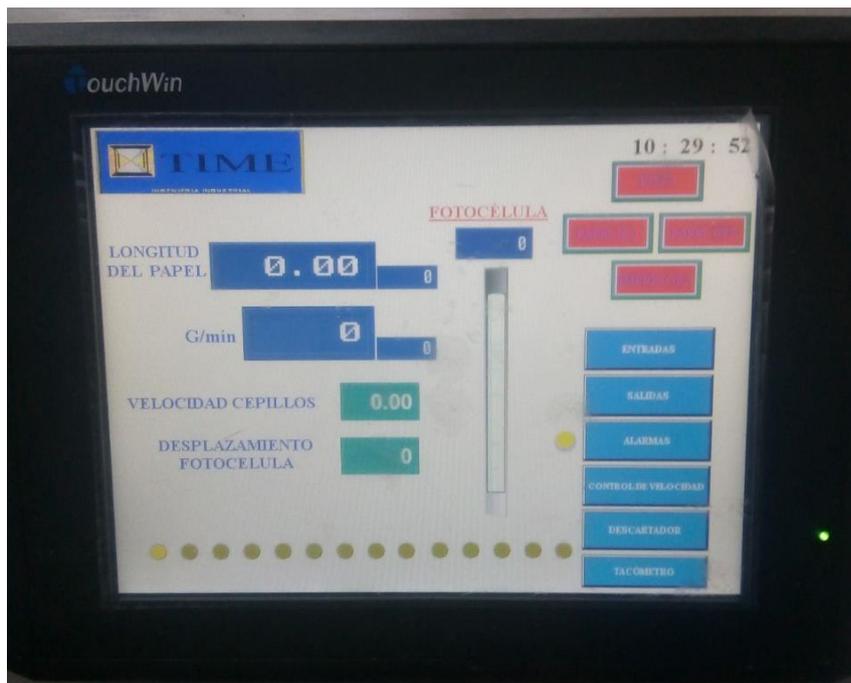
### 3.3 Configuración de interfaz hombre máquina

El personal técnico autorizado tiene a su cargo la configuración de parámetros de arranque en la pantalla TouchWin que es el principal periférico de comunicación entre el operador y el control de la máquina debido a que a más de ser el dispositivo de visualización o display también permite parametrizar la máquina respecto al requerimiento del operador dándole la facilidad de acceso a menús, cuadros de dialogo, pulsadores de accionamiento digital entre otras funcionalidades de la máquina.

#### ➤ PANTALLA DE PRESENTACION PRINCIPAL

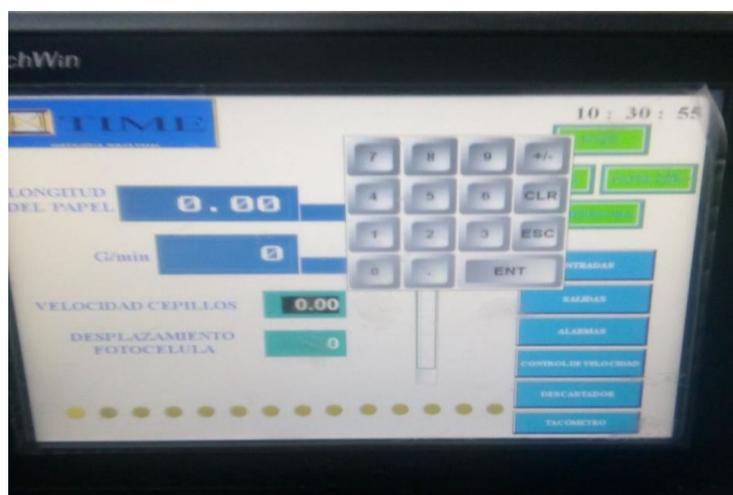
En la siguiente imagen se puede observar la pantalla de presentación de la máquina en la cual muestra el detalle de valores de:

- Largo de papel
- Golpes por minuto
- Velocidad de cepillos
- Desplazamiento
- Valor de equilibrio de Fococélula
- Botón Digital de activación de Foto
- Botón Digital de activación de Papel Bobina Derecha
- Botón Digital de activación de Papel Bobina Izquierda
- Botón Digital de Acceso a Entradas
- Botón Digital de Acceso a Salidas
- Botón Digital de Acceso a Alarmas
- Botón Digital de Acceso a Control de Velocidad
- Botón Digital de Acceso a Descartador
- Botón Digital de Acceso a Tacómetro
- Círculos indicativos de movimiento de papel
- Reloj



### ➤ VELOCIDAD DE CEPILLOS Y DESPLAZAMIENTO FOTOCELULA

Es importante mencionar que los campos Velocidad Cepillos y Desplazamiento Fococélula son ajustables es decir que de acuerdo a la necesidad se puede parametrizar otorgándole el control total de ubicación y centrado de logotipo del papel de envoltura en el caso de desplazamiento de fotocélula y también se puede ubicar el parámetro de velocidad de cepillos que se crea conveniente en el campo editable para permitir ubicar el producto correctamente dentro de los orificios del plato giratorio dosificador de producto en las siguientes imágenes se puede observar los espacios editables con teclado numérico táctil.





### ➤ ENTRADAS

En la siguiente pantalla se detallan las entradas lógicas de toda la máquina es decir que de esta manera se facilita de manera automática comprobar el uso de señal de entrada de cada uno de los dispositivos debido a que ha esta pantalla es de uso netamente técnico porque detalla entradas en luz verde activados referentes a entradas del PLC Siemens Simatic 1200 y de la misma manera se detallan las entradas en luz roja desactivadas.

Es decir, por descarte se puede probar cada uno de los dispositivos si al presionar los pulsadores físicamente se acciona la entrada se puede confirmar el funcionamiento y si al presionar el pulsador físico no cambia de color rojo a verde en la pantalla de visualización se puede interpretar como que hay una interrupción en la conexión del pulsador y por ende no se acciona el dispositivo que se ha activado.



## ➤ SALIDAS

De la misma manera que se presentan las entradas también en el diseño se implementó una pantalla de salidas lógicas que de igual manera se identifica cuando están en funcionamiento con la luz verde y cuando no están activadas con la luz roja.

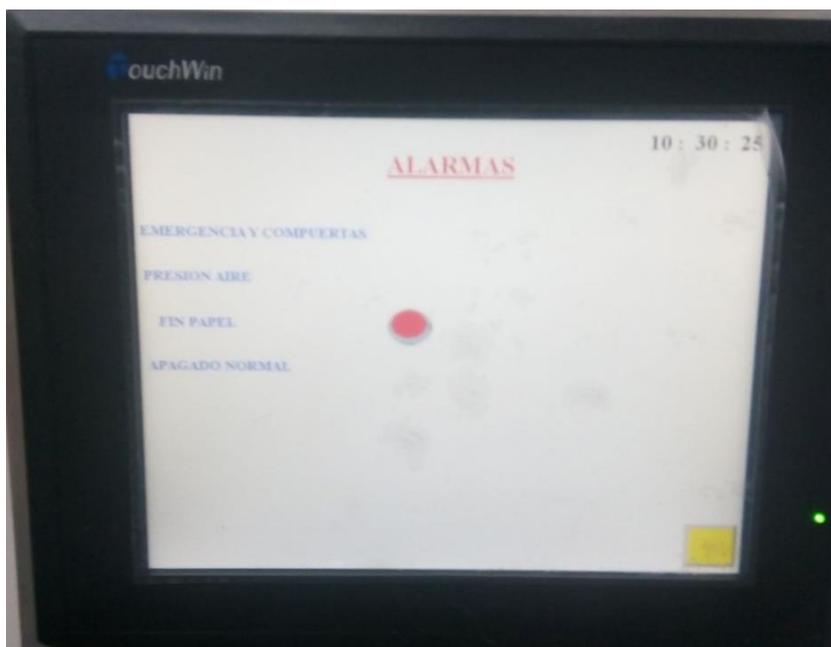
Las salidas son importantes para identificar que el funcionamiento lógico del programa se esté por cumplir bajo todas las condiciones que debe cumplir el diseño y configuración del programa, con esta herramienta el personal técnico autorizado tiene a la mano una fácil y rápida respuesta de los elementos que constituyen la máquina bajo el mando de control del operador o personal que este por comprobar el funcionamiento de cada uno de los dispositivos.



## ➤ ALARMAS

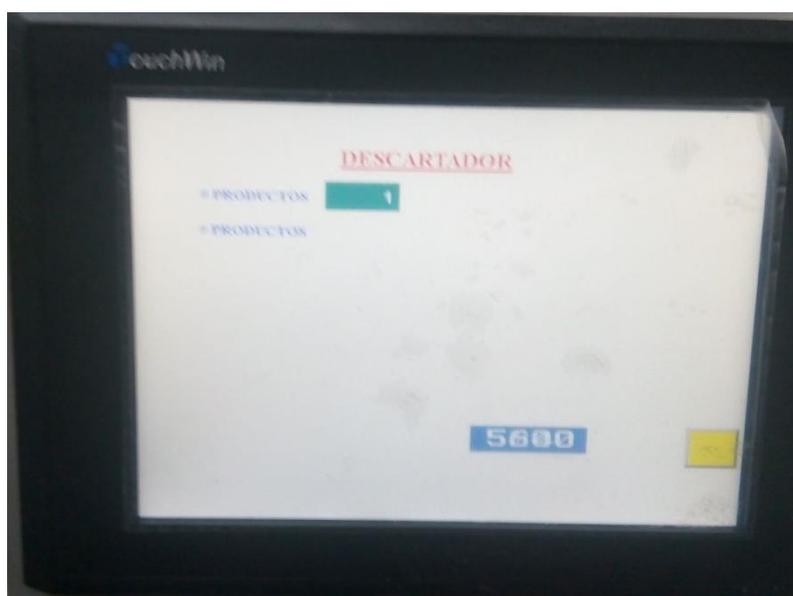
Esta pantalla detalla alarmas específicas que deben ser eliminadas obligatoriamente para que la máquina pueda arrancar las alarmas que se detallan en esta pantalla son:

- Paros de Emergencia y Micro Switch fines de carrera
- Presión de aire
- Fin de bobina de papel
- Apagado Normal



### ➤ DESCARTADOR

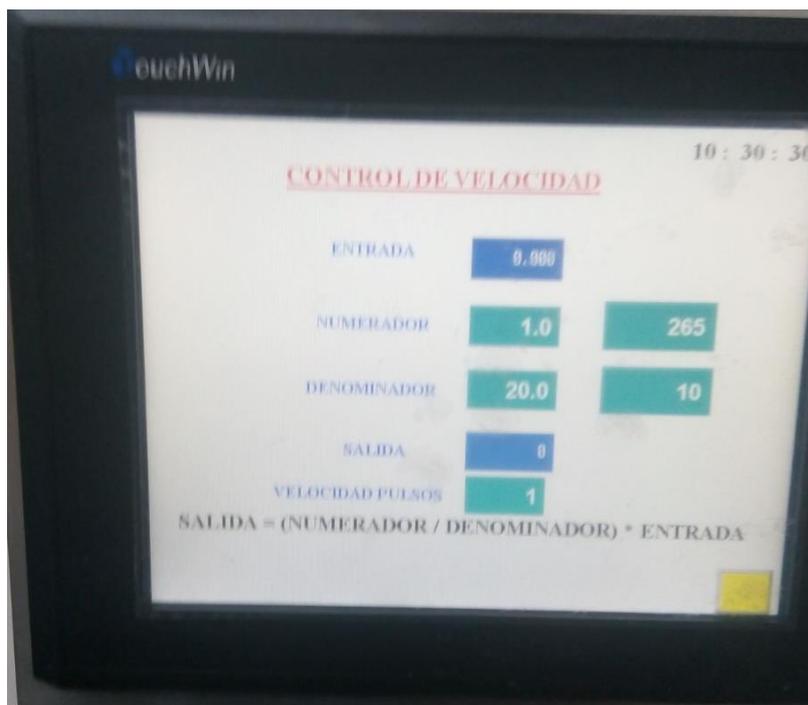
Esta pantalla es para ingresar el parámetro de descarte en lo que se refiere a distancia de desplazamiento y soplado al momento de la activación de la electroválvula neumática, cabe mencionar que esta máquina cuenta con un Descartador que localiza a la envoltura que se encuentra sin producto y mediante el accionamiento del sensor de producto ubicado en la cadena que lleva el caramelo emite una señal de vacío de producto al PLC el cual acciona mediante el diseño del programa una electroválvula que abre el paso de aire que sopla la envoltura vacía.



### ➤ CONTROL DE VELOCIDAD

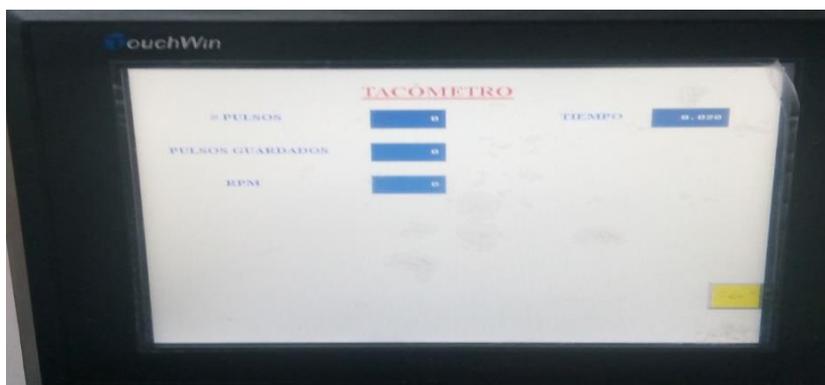
En esta pantalla se puede editar el valor de velocidad de la máquina de igual manera se puede poner parámetros de conteo de golpes por minuto y velocidad de pulsos lo cual es muy utilizado por el personal operativo para calibración de la máquina, la velocidad de salida de la máquina está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{SALIDA} = \text{NUMERADOR} / \text{DENOMINADOR} * \text{ENTRADA}$$



### ➤ TACÓMETRO

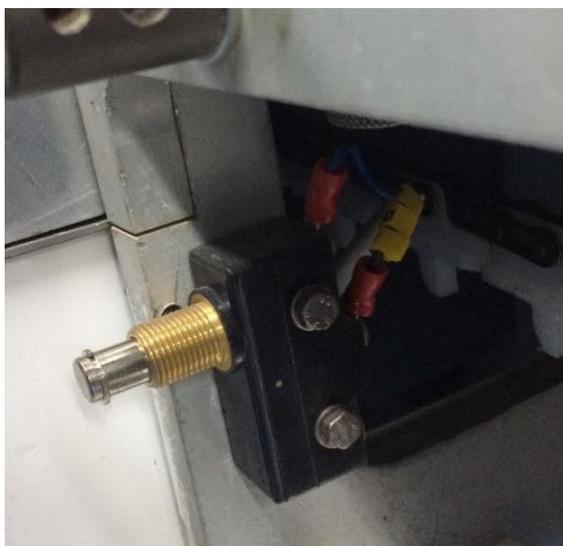
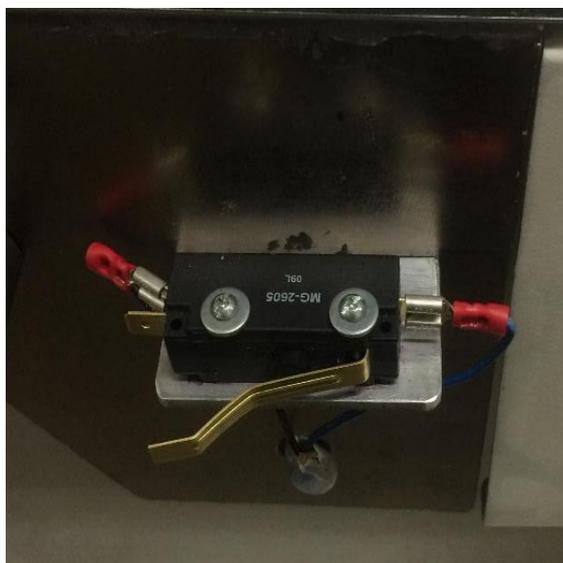
Esta pantalla detalla la velocidad rotacional del motor principal y el número de pulsos que da la máquina en un tiempo determinado, también se puede observar la lectura en revoluciones por minuto de la máquina.



➤ MICRO SWITCH FINES DE CARRERA

Los micro Switch o también conocidos como fines de carrera que se muestran en las siguientes imágenes son los empleados en el proyecto, estos elementos fueron implementados en todas las tapas, cobertores y guardas de seguridad en donde se puede tener accidentes de trabajo por atrapamiento.

Estos dispositivos y los paros de emergencia están conectados en serie a la alimentación principal del circuito de control es decir al momento de dejar de accionarse abren el circuito y apagan inmediatamente la máquina y bloqueándola para su funcionamiento hasta que sea restablecido el funcionamiento de estos dispositivos y dar un nuevo arranque a la máquina.



**ANEXO 3.- CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO**



**ANEXO 4.- DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

**ANTI PLAGIO**