



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPAS FRITAS DE LA
EMPRESA COFICA EXPORT S. A.**

AUTOR:

PILICITA PILATAXI JESÚS ANTONIO

TUTOR:

Mg. FLAVIO DAVID MORALES ARÉVALO

QUITO - ECUADOR

2019

DECLARACIÓN

Yo, Pilicita Pilataxi Jesús Antonio, estudiante de la carrera Electrónica Digital y Telecomunicaciones, perteneciente a la Universidad Tecnológica Israel, declaro que el contenido aquí descrito es de mi autoría, y de mi absoluta responsabilidad legal.

Quito D.M., febrero del 2019

Jesús Antonio Pilicita Pilataxi

C. I. 172197865-6

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación **“AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAPAS FRITAS DE LA EMPRESA COFICA EXPORT S. A.”**, presentado por el **Sr. Jesús Antonio Pilicita Pilataxi**, 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. Febrero del 2019

TUTOR

.....

Ing. Flavio Morales Arévalo, Mg

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios por haberme permitido llegar a esta instancia en mi vida y cumplir una meta tan anhelada, agradezco a mis padres y hermanos quienes han sido motivo de inspiración constante convirtiéndose en un pilar fundamental en mis actividades, de igual manera a la Universidad Tecnológica Israel institución que me abrió sus puertas y me permitió adquirir conocimientos y experiencias con cada maestro que me ayudo a mi formación profesional.

Quiero agradecer a mi esposa la persona a la cual amo mucho, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, por ser parte de todos los objetivos que soñamos cumplir y al final los alcanzamos.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios que me brinda la fortaleza para seguir adelante, a mi esposa Dayana por ser mi apoyo incondicional, a mis padres Blanca y Fausto por ser unos padres ejemplares que, con su amor, paciencia, compañía, consejos saben motivarme en la lucha diaria para cumplir mis metas, a mis abuelitos Melchora y Antonio por cuidarme siempre y enseñarme valores para superarme cada día.

Jesús Antonio.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1 Sistemas de Control Automático	5
1.1.1. Introducción	5
1.1.2. Sistemas de Control	6
1.1.3. Características de un Sistema de Control	8
1.1.4. Clasificación de los Sistemas de Control	8
1.2 Automatización	9
1.2.1 Objetivos de la automatización	9
1.2.2 Parte Operativa	10
1.2.3 Parte de mando	12
1.3 Controlador Lógico Programable (<i>PLC</i>)	13
1.3.1 Funciones básicas de un Controlador Lógico Programable	14
1.3.2 Estructura de un Controlador Lógico Programable	16

1.3.3	Memoria	19
1.3.4	Unidad de control Programable (<i>CPU</i>)	20
1.3.5	Unidades de <i>E/S</i> (Entrada y Salida de datos)	20
1.3.6	Interfaces	21
1.3.7	Equipo o unidades de programación	21
1.3.8	Dispositivos periféricos	22
1.4	Interfaz hombre-máquina (<i>HMI</i>).....	22
1.4.1	Sistemas <i>Scada</i>	23
1.4.2	Funciones de un <i>Software HMI</i>	24
1.4.3	Tipos de <i>Software</i> de Supervisión y Control para PC	24
1.5	Variador de Velocidad	25
1.5.1	Aplicaciones de los variadores de frecuencia.....	26
1.5.2	Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos	27
1.6	Relés.....	30
1.7	Contactores	31
1.8	Disyuntores	32
1.8.1	Calibre o corriente nominal:	32
1.8.2	Tensión de trabajo:	33
1.8.3	Poder de corte:	33
1.8.4	Poder de cierre:	33
1.8.5	Número de polos:	33
CAPÍTULO 2		34
MARCO METODOLÓGICO		34
2.1	Tipos de Investigación	35
2.2	Diseño de la investigación	35

2.3	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	36
2.4	Metodología	37
2.4.1.	Identificar y Definir el Problema.....	37
2.4.2.	Definir los Requerimientos del Sistema	37
2.4.3.	Seleccionar la Tecnología Adecuada.....	38
2.4.4.	Diseñar el prototipo de la Interface.	38
2.4.5.	Validar Mediante un prototipo la Interface.	39
CAPITULO 3		40
PROPUESTA		40
3.1	Representación de la idea integral de la propuesta	40
3.2	Descripción de la propuesta	41
3.3	Estructura Mecánica	42
3.4	Tablero de Control	42
3.4.1.	PLC.....	43
3.4.2.	Interfaz <i>HMI</i> :	43
3.4.3.	Fuente de alimentación:.....	44
3.4.4.	Grupo de accionamiento:.....	44
3.5	<i>Software</i>	44
3.5.1.	CADe_SIMU – Diseño de conexiones.....	45
3.5.2.	XCP PRO - Programación <i>PLC</i>	46
3.5.3.	<i>HMI OP20 Edit Tool</i> - Programación interface <i>HMI</i>	46
3.6	Costo	48
3.6.1.	Análisis Económico	48
3.7	Tiempo requerido para el desarrollo del proyecto	49
3.7.1.	Análisis de tiempo	50

3.8	Ventajas	51
CAPÍTULO 4		53
IMPLEMENTACIÓN		53
4.1	Desarrollo.....	53
4.1.1.	Estructura mecánica.....	54
4.1.2.	Cálculos	65
4.1.3.	Calibre de cables.....	67
4.1.4.	Cálculo de <i>breakers</i> de protección	68
4.1.5.	Dimensionamiento de relés	69
4.1.6.	Dimensionamiento de contactores.....	70
4.1.7.	Cálculo de relé de sobrecarga.....	71
4.1.8.	Dimensionamiento de Variadores de velocidad	72
4.1.9.	Diagrama eléctrico del circuito de control	76
4.1.10.	Diagrama eléctrico del circuito de potencia	77
4.2	Implementación	77
4.2.1.	Montaje y dimensionamiento de los elementos.....	77
4.2.2.	Programación de Controlador Lógico Programable	80
4.2.3.	Programación de la Interfaz <i>HMI</i>	81
4.3.	Pruebas de funcionamiento	83
4.4	Análisis de resultados	84
4.4.1.	Análisis de consumo energético	85
CONCLUSIONES.....		86
RECOMENDACIONES		88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		89
ANEXOS.....		93

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.1. Interruptor de flujo eléctrico	7
Figura. 1.2. Produccion de agua caliente sanitaria en combinación con maquina generadora de vapor	7
Figura. 1.3. Esquema de control lazo abierto.	8
Figura. 1.4. Esquema General de un lazo de control cerrado	9
Figura. 1.5. Estructura externa de un Controlador Lógico Programable.....	17
Figura. 1.6. Diagrama describiendo la estructura interna de un Controlador Lógico Programable.....	17
Figura. 1.7. Elementos de un Controlador Lógico Programable	18
Figura. 1.8. <i>HMI Touch</i> panel	23
Figura. 1.9. Variador de velocidad Ig5a	25
Figura. 1.10. Esquema de funcionamiento	28
Figura. 1.11. Relé	30
Figura. 1.12. Contactor	32
Figura. 1.13. Disyuntor.....	33
Figura. 3.1. Módulos que componen el proyecto	40
Figura. 3.2. <i>PLC Xinje XC3-14RT-E</i>	43
Figura 3.3. Interfaz <i>TouchWin OP-320</i>	44
Figura. 3.4. Pantalla de inicio de <i>CADe SIMU</i>	45
Figura. 3.5. Pantalla de inicio <i>XCP PRO</i>	46
Figura. 3.6. Pantalla de inicio <i>OP20 Edit Tool</i>	47
Figura 3.7. Cronograma de Actividades	49
Figura. 4.1. Diagrama de flujo de proceso	55
Figura. 4.2. Identificación de las características de los motores	56

Figura. 4.3. Placa de especificaciones motor de la etapa de pelado	57
Figura. 4.4. Estructura de la etapa de pelado de papas	57
Figura. 4.5. Motor para accionar la banda de transporte vertical	58
Figura. 4.6. Transportador Vertical	58
Figura. 4.7. Motor para accionar el tambor de la etapa de corte	59
Figura. 4.8. Etapa de cortado por medio de cuchillas centrifugas.....	60
Figura. 4.9. Tabla de especificaciones motor de etapa de fritura	60
Figura. 4.10. Tabla de especificaciones de motor CSM de etapa de fritura.....	61
Figura. 4.11. Etapa de fritura.....	62
Figura. 4.12. Caldero	62
Figura. 4.13. Especificaciones de motor que controla la banda de etapa de saborizado	63
Figura. 4.14. Motor para accionar el tambor de la etapa de saborizado	63
Figura. 4.15. Etapa de Saborizado	64
Figura. 4.16. Blower	65
Figura. 4.17. Placa de especificaciones de referencia	66
Figura. 4.18. <i>Breakers</i> utilizados.....	68
Figura. 4.19. Relé Camsco.....	69
Figura. 4.20. Diagrama de conexiones de la base de relé.....	70
Figura. 4.21. Contactor LS	71
Figura. 4.22. Relé de sobrecarga LS.....	71
Figura. 4.23. Tablero de variadores de velocidad.....	72
Figura. 4.24. Conexiones variador Ig5A	73
Figura. 4.25. Variador Ig5A	73
Figura. 4.26. Conexión variador Siemens	74
Figura. 4.27. Variador Siemens	74

Figura. 4.28. Conexiones Variador Schneider.....	75
Figura. 4.29. Variador Schneider.....	75
Figura. 4.30. Circuito de control.....	76
Figura. 4.31. Circuito de potencia	77
Figura. 4.32. Dimensionamiento de relés y contactores.....	77
Figura. 4.33. Montaje de elementos electrónicos	78
Figura. 4.34. Dimensionamiento de elementos para el interior del tablero.....	78
Figura. 4.35. Montaje de Interfaz <i>HMI</i> en el exterior del tablero.....	79
Figura. 4.36. Conexiones cableadas ordenadas	79
Figura. 4.37. Conexión del <i>PLC</i> mediante interfaz RS-232.....	80
Figura. 4.38. Diagrama de flujo de la programación del <i>PLC</i>	81
Figura. 4.39. Vista frontal de la interfaz <i>HMI</i>	81
Figura. 4.40. Diagrama de flujo de la programación de la interfaz <i>HMI</i>	82
Figura. 4.41. Vista frontal de los tableros	83
Figura 4.42. Resultados obtenidos.....	85
Figura. 4.43. Resultados obtenidos.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla. 3.1. Presupuesto referencial de adquisición de elementos	48
Tabla. 3.2. Análisis FODA del sistema de automatización de la línea de producción de papas fritas	52
Tabla. 4.1. Características del motor de etapa de pelado de papas.....	56
Tabla. 4.2. Características del motor del transporte vertical	58
Tabla. 4.3. Características del motor de la etapa de cortado de papas	59
Tabla. 4.4. Características del motor Weg de la etapa de fritura.....	61
Tabla. 4.5. Características del motor CSM de la etapa de fritura.....	61
Tabla. 4.6. Características del motor de etapa de saborizado.....	63
Tabla. 4.7. Características del motor CSM de la etapa de saborizado.....	64
Tabla. 4.8. Características del motor WEG.....	66
Tabla. 4.9. Calibre de los cables.....	67
Tabla. 4.10. Pruebas realizadas al sistema.....	83

RESUMEN

En la actualidad las empresas requieren que todos sus procesos sean automatizados para mejorar los tiempos de producción, el proyecto se enfoca en utilizar elementos de control industrial en la línea de producción de papas fritas de la empresa *Cofica Export S.A.* orientada a la comercialización de *snacks* en el mercado ecuatoriano la cual cuenta con varios sistemas individuales basados en motores trifásicos y accionamientos directos para cada una de sus etapas.

Se realiza una elaboración automatizada de fácil uso, la cual comprende la integración y control de las etapas de pelado, transporte vertical, cortado, fritura, saborizado. Mediante la adaptación y programación de un Controlador lógico programable *XINJE XC3*, con una interfaz *HMI TouchWin OP320* para la operación e ingreso de información, todo el sistema funciona conjuntamente con relés, contactores y variadores de velocidad *iG5A*.

La integración de los mencionados elementos de control nos permite garantizar la precisión, reducir al mínimo los tiempos de inactividad inesperados, aumentar al máximo la productividad, optimizar recursos humanos y técnicos, proporcionar ahorro de energía, confort, seguridad y simplicidad en los procesos.

PALABRAS CLAVES

Línea de producción, Controlador lógico programable, Interfaz *HMI*, Variadores de velocidad, programación, elementos de control industrial.

ABSTRACT

Currently the companies require that all their processes are automated to improve production times, the project focuses on using elements of industrial control in the potato chips production line of the company Cofica Export S.A. oriented to the commercialization of snacks in the Ecuadorian market which has several individual systems based on three-phase motors and direct drives for each of its stages.

An easy-to-use automated elaboration is carried out, which includes the integration and control of the stages of peeling, vertical transport, cutting, frying, flavored. Through the adaptation and programming of a programmable logic controller XINJE XC3, which will perform the acquisition of data from an HMI TouchWin OP320 interface for the operation and input of information, the entire system works in conjunction with relays, contactors and variable speed drives iG5A.

The integration of the aforementioned control elements allows us to guarantee accuracy, minimize unexpected downtime, maximize productivity, optimize human and technical resources, provide energy savings, comfort, safety and simplicity in processes.

KEY WORDS

Production line, Programmable logic controller, *HMI* interface, Variable speed drives, programming, industrial control elements.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes de la situación objeto de estudio

Atendiendo a los avances tecnológicos, las empresas tienen la necesidad de actualizar sus líneas de producción, con el objetivo de mejorar su infraestructura y productividad; factores que les permiten ser competitivos frente a otros mercados, al tiempo que garantiza la calidad de vida del talento humano que labora en la empresa.

La importancia que tiene la implementación de nuevas tecnologías en el ámbito industrial permite aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, en el diseño y mejoramiento de tecnologías útiles y óptimas para la industria.

Y específicamente para el caso de *Cofica Export S. A.*, quienes, según estudios previos, requiere el mejoramiento en su línea de producción de papas fritas; se presenta una propuesta de automatización ya que no posee control automático de ningún tipo, su accionamiento es netamente mecánico y los pocos accionamientos existentes se manejan por relés y levas metálicas. La máquina produce mucho desperdicio de producto.

Cofica Export S.A. es una empresa dedicada a la comercialización de snacks en base a extruido y frituras, posee una línea de producción que consta de 5 etapas:

- Pelado
- Transportador vertical
- Cortado por medio de cuchillas centrifugas
- Fritura – caldero
- Etapa de saborizado

Planteamiento y justificación del problema

Actualmente la planta cuenta con un sistema totalmente obsoleto que no permite una producción continua debido a sus constantes paradas, lo que conlleva a tiempos muertos de producción, exceso de personal en cada etapa y gastos económicos varios para realizar mantenimientos correctivos.

La máquina de la etapa final, no posee control automático de ningún tipo, su accionamiento es netamente mecánico y los pocos accionamientos existentes se manejan por relés y levas metálicas. La máquina produce mucho desperdicio de producto motivo por el cual ya no se usa.

Corregir los problemas existentes con la finalidad de mejorar los tiempos de producción, reducir el personal destinado a operar la línea de frituras, y mantener un esquema de mantenimiento preventivo en lugar del correctivo que es el único que se realiza.

La línea de papas RIX, cuenta con varios sistemas individuales basados en motores trifásicos y accionamientos directos; en la etapa inicial del proceso registra la máquina de pelado automático de papa cuyo accionamiento se realiza mediante un motor monofásico 110VAC, posterior a la etapa de corte tenemos la etapa de transporte vertical de la papa pelada hacia el cortador giratorio, en este punto se debe controlar el motor de 2HP existente de manera variable, es decir controlar la velocidad y cantidad de producto enviado al cortador, es necesario incluir variador de velocidad para el propósito mencionado.

El cortador centrífugo posee un motor monofásico a 110VAC, el accionamiento deberá ser directo. Luego del proceso de corte tenemos la etapa de fritura, en esta etapa se deberá controlar el accionamiento de dos motores trifásicos mediante un variador de velocidad con la finalidad de controlar la velocidad y tiempo que permanecerá el producto en el aceite. La temperatura del aceite se deberá controlar mediante equipos específicos proporcionados que permiten control *ON/OFF* proporcionados por el cliente (caldero y control digital *ON/OFF*).

Todas las etapas de la línea de fritura deberán ser controladas mediante un PLC con una pantalla de operación *HMI*.

Objetivo General

Automatizar la línea de producción de papas fritas de *Cofica Export S.A.* mediante la utilización de elementos de control para la optimización de recursos y reducir mantenimientos correctivos.

Objetivos Específicos

- Implementar un variador de velocidad para controlar la velocidad de la cantidad de producto enviado al cortador.
- Controlar el accionamiento de dos motores trifásicos mediante un variador de velocidad con la finalidad de manejar la velocidad y tiempo que permanecerá el producto en el aceite.
- Integrar los variadores de velocidad a un sistema controlado por microprocesador (PLC).
- Desarrollar la programación para la interfaz *HMI*.
- Realizar las pruebas de validación y funcionamiento.

Alcance

Se enfoca en automatizar la línea de producción de papas fritas de la empresa *Cofica Export S.A.* orientada a la producción de snacks en el mercado ecuatoriano.

La propuesta permite una elaboración automatizada con un *PLC* para controlar procesos secuenciales y el trabajo de cada una de las etapas de producción, conjuntamente con el variador de velocidad y una interfaz *HMI*.

La programación es la vinculación de todos los sistemas y para tener el de la máquina se deberá colocar un *PLC XINJE XC3*, el mismo que permitirá la toma de datos provenientes de un asistente *HMI TouchWin OP320*, el variador de velocidad *iG5A* para garantizar que los motores funcionen a la velocidad necesaria.

Se adapta todos los elementos al proceso requerido por la empresa. Con un control preciso para conseguir reducir al mínimo los tiempos de inactividad inesperados y aumentar al máximo la productividad, proporcionando ahorro de energía, confort, seguridad y simplicidad en los procesos.

Descripción de los capítulos

El presente proyecto de titulación se estructura en 4 capítulos, acorde al siguiente contenido:

En el primer capítulo se elaboró la fundamentación teórica, abarcando el componente conceptual como inicio del proyecto.

En el segundo capítulo se desarrolló el marco metodológico en donde se realizó el proceso de recolección de información, según la información obtenida se procedió a realizar un estudio teórico de los diferentes elementos que intervienen en el proyecto.

En el tercer capítulo se desarrolló la propuesta, que deberán estar integradas al *PLC XINJE XC3* y a la pantalla *HMI TouchWin OP 320* para el funcionamiento correcto de los procesos, luego del estudio se inició con el diseño de componentes y conexiones eléctricas previo al ensamblaje definitivo de los diversos dispositivos.

En el cuarto capítulo se desarrolló la implementación, y se procedió con el montaje de los elementos con las pruebas respectivas de funcionamiento donde se inicia el desarrollando la programación del *PLC* y la pantalla *HMI*, los cuales actúan como medio de control de los procesos del proyecto.

Finalizando la construcción y programación del sistema se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento. Al término de estas pruebas se observaron los resultados para determinar posibles inconvenientes y su posterior corrección.

Por último, se realizó un análisis de la investigación en donde se detalle la descripción de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La automatización es un segmento de la ingeniería que ha venido desarrollándose rápidamente dentro de los últimos años, es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. (Camarena, 2017)

En el desarrollo del proyecto se tomó en cuenta definiciones relacionadas al sistema de producción de papas fritas, mismo que inicia con el componente conceptual para luego detallar ejecución del diseño del sistema de elaboración automatizado.

1.1 Sistemas de Control Automático

1.1.1. Introducción

En un principio, los obreros eran responsables de planear y ejecutar la producción que les era encomendada, realizando las tareas según la forma que ellos creían más correcta. Las propuestas de Frederick W. Taylor, a fines del siglo XIX, optimizaron y dieron uniformidad a los procesos productivos, instaurando el concepto de la especialización de tareas. De esta manera, se dividió un proceso en pequeñas celdas de trabajo, logrando que los operarios adquieran más destreza y ganen más tiempo realizando una función limitada e iterativa todos los días. La producción a gran escala involucra tareas repetitivas, donde se debe mantener, además, un conjunto de magnitudes (por ejemplo, la presión, la temperatura, etc.) dentro de márgenes preestablecidos. La aplicación de los dispositivos electromecánicos y electrónicos en el área industrial permitió automatizar las tareas repetitivas, aumentando así los niveles

de producción, y controlar las magnitudes físicas en forma más precisa. Automatizar y controlar, las principales funciones que desempeñan los sistemas de control. (Daneri, 2008)

1.1.2. Sistemas de Control

Antes de mostrar los sistemas de control esto, se definirán los términos entrada y salida que ayudarán a identificar o definir al sistema de control. La entrada es el estímulo o excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir de parte del sistema de control, una respuesta especificada. La salida es la respuesta obtenida del sistema de control. Puede no ser igual a la respuesta especificada que la entrada implica. El objetivo del sistema de control generalmente identifica la entrada y la salida. Dadas éstas es posible determinar o definir la naturaleza de los componentes del sistema.

Los sistemas de control pueden tener más de una entrada o salida.

Existen tres tipos básicos de sistemas de control:

- Sistemas de control hechos por el hombre.
- Sistemas de control naturales, incluyendo sistemas biológicos
- Sistemas de control cuyos componentes están unos hechos por el hombre y los otros son naturales.

Ejemplos, Sistemas de control hechos por el hombre.

Un conmutador eléctrico es un sistema de control (uno de los mas rudimentarios) hecho por el hombre, que controla al flujo de electricidad. Por definición, el aparato o la persona que actúa sobre el conmutador no forma parte de este sistema de control. La entrada la constituye la conmutacion del dispositivo tanto al estado de conduccion como al de corte. La salida la constituye la presencia o ausencia del flujo (dos estados) de electricidad. (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

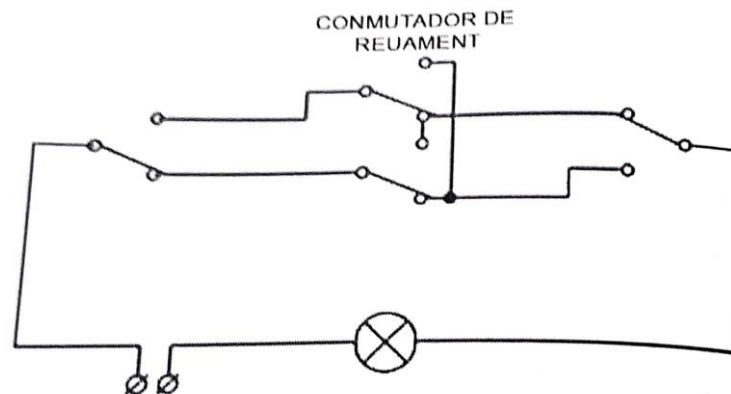
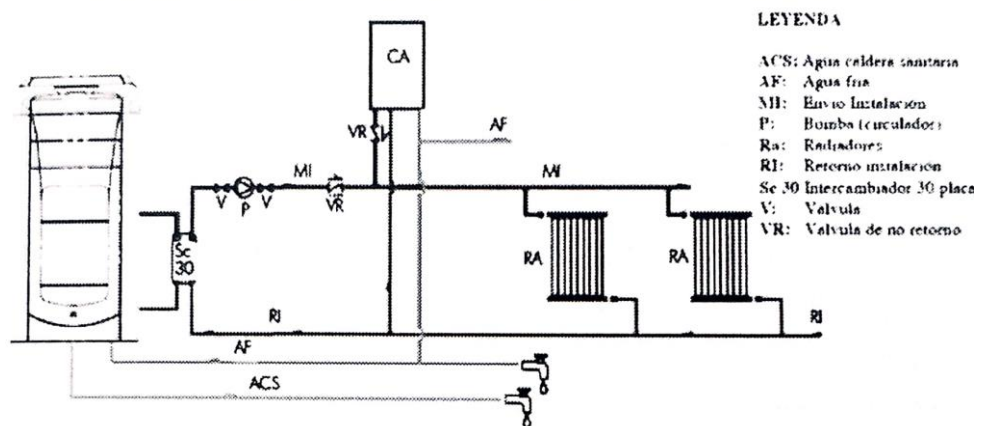


Figura. 1.1. Interruptor de flujo eléctrico

Fuente: (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

Un calentador o calefactor controlado por medio de un termostato que regula automáticamente la temperatura de un recinto. La entrada de este sistema es una temperatura de referencia, (generalmente se especifica graduando el termostato convenientemente). La salida es la temperatura del recinto. Cuando el termostato detecta que la salida es menor que la entrada, el calefactor produce calor hasta que la temperatura del recinto sea igual a la entrada de referencia. Entonces, el calefactor se desconecta automáticamente. (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

Instalación de calefacción y producción agua caliente sanitaria en combinación con caldera mural



LEYENDA

- ACS: Agua caldera sanitaria
- AF: Agua fría
- MI: Bujie instalación
- P: Bomba (circulador)
- RA: Radiadores
- RI: Retorno instalación
- Sc 30: Intercambiador 30 placas
- V: Válvula
- VR: Válvula de no retorno

Figura. 1.2.

Fuente: (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

1.1.3. Características de un Sistema de Control

Los sistemas de control deben tener las siguientes características para cumplir con su objetivo de control:

- Ser estables en caso que exista alguna señal indeseada (perturbación).
- Ser seguros en cuanto a la información que entrega, evitando resultados bruscos e irreales. (García, 2017)

1.1.4. Clasificación de los Sistemas de Control

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

- Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida. (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

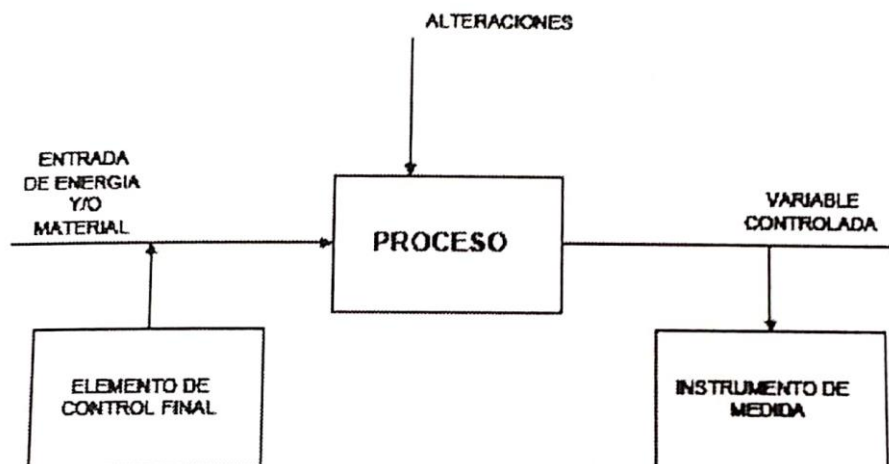


Figura. 1.3. Esquema de control lazo abierto.

Fuente: (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

- a) La habilidad de éstos para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
 - b) No tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los Sistemas de lazo cerrado. (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)
- Un sistema de control de lazo cerrado, es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida. Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (retroacción). (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

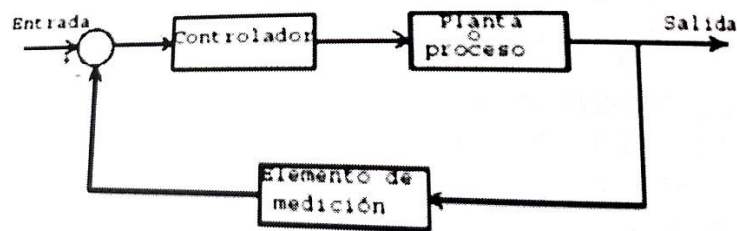


Figura. 1.4. Esquema General de un lazo de control cerrado

Fuente: (Escalona Hernández & Morillo Pozo, 2017)

1.2 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de operativa
- Parte mando (Automatización, 2001)

1.2.1 Objetivos de la automatización

Los objetivos principales logrados en el proceso de automatización se describen a continuación:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos pesados e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la manufactura y producción. (Automatización, 2001)

1.2.2 Parte Operativa

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, transductores. (Automatización, 2001)

- **Detectores y Captadores**

Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de la variación de ciertas magnitudes físicas del sistema y el estado físico de sus componentes.

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

Transductores todo o nada:

Suministran una señal binaria claramente diferenciada. Los finales de carrera son transductores de este tipo.

Transductores numéricos:

Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los *encoders* son transductores de este tipo.

Transductores analógicos:

Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

Algunos de los transductores más utilizados son: fotoceldas, botones, *encoders*, etc. (Automatización, 2001)

- **Accionadores y Preaccionadores**

El accionador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra de más utilidad para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los más utilizados en la industria son: cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Los accionadores son controlados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún pre accionamiento para amplificar la señal de mando.

Esta pre amplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador.

Los preaccionadores disponen de: parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia. (Automatización, 2001)

1.2.3 Parte de mando

La parte de mando suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relevadores electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos que lo constituyen.

- **Tecnologías cableadas**

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómetas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- 1 Relevadores electromagnéticos.
- 2 Módulos lógicos neumáticos.

3 Tarjetas electrónicas.

- **Tecnologías programadas**

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas en la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

- 1 Las computadoras.
- 2 Los autómatas programables.

La computadora, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Un autómata programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos de la computadora. (Automatización, 2001)

1.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico es aquel que realiza funciones lógicas, combinacionales y secuenciales, mediante la programación adecuada introducida a través de las teclas que dispone el equipo en su frontal o con la ayuda de un *PC* (con el *software* específico bajo *Windows*). Encontramos dos grandes divisiones para la clasificación de los controladores lógicos:

- Los controladores lógicos con funciones lógicas definidas en el equipo.
- Los controladores lógicos con diagramas de contacto. (Álvarez, 2003)

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relevadores.

Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas en funcionamiento.

Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes siendo necesario dedicar mucho tiempo además de un gran esfuerzo técnico, por lo que se incide directamente un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado para técnicas cableadas. La computadora y los autómatas programables han intervenido de una forma considerable para que este tipo de instalación se haya visto sustituida por otras de forma programada.

El Autómata Programable Industrial (*API*) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto, se puede decir que un *API* no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se le conectan los captadores (transductores botones) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas) por otra. (Castillo, 2001)

1.3.1 Funciones básicas de un Controlador Lógico Programable

Dentro de estas funciones podemos mencionar:

- **La detección:**

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

- **El mando:**

Elabora y envía las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

- **El diálogo hombre máquina:**

Mantener un diálogo con los operarios de producción obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

- **La programación:**

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata el diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

- **Redes de comunicación:**

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

- **Sistemas de supervisión:**

También los autómatas permiten comunicarse con computadoras provistas de programas de supervisión industrial. En comunicación se realiza por una simple conexión por el puerto serie de la computadora.

- **Control de procesos continuos:**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada, salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores *PID* que están programados en el autómata.

- **Entradas-Salidas distribuidas:**

Los módulos de entrada-salida pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómatas mediante un cable de red.

- **Buses de campo:**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus de captadores y accionadores, remplazando al cableado tradicional.

1.3.2 Estructura de un Controlador Lógico Programable

La mejor opción para el control de procesos industriales es empleo de autómatas programables. Estos aparatos se basan en el empleo de un microcontrolador para el manejo de entradas y salidas.

La memoria del aparato contendrá tanto el programa de usuario que le Introduzcamos como el sistema operativo que permite ejecutar en secuencia las instrucciones del programa. Opcionalmente, en la mayoría de los autómatas, también se incluyen una serie de funciones re-implementadas de uso general (como reguladores *PID*).

La mayor ventaja es que si hay que variar el proceso basta con cambiar el programa introducido en el autómatas (en la mayoría de los casos). Otra ventaja es que el autómatas también nos permite saber el estado del proceso incluyendo la adquisición de datos para un posterior estudio. (Martínez, 2002)

- **Estructura externa**

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- Compacta: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modular:
- Estructura americana: separa la *E/S* del resto del autómatas.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, *CPU*, *E/S*, etc.).

- Exteriormente nos encontramos con cajas que contienen una de estas estructuras las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante.

Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en rieles normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

Los micro-autómatas suelen venir sin caja en formato kit ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la maquinaria que se debe controlar. (Martínez, 2002)



Figura. 1.5. Estructura externa de un Controlador Lógico Programable

Fuente: (TechDesing, s.f.)

- Estructura interna

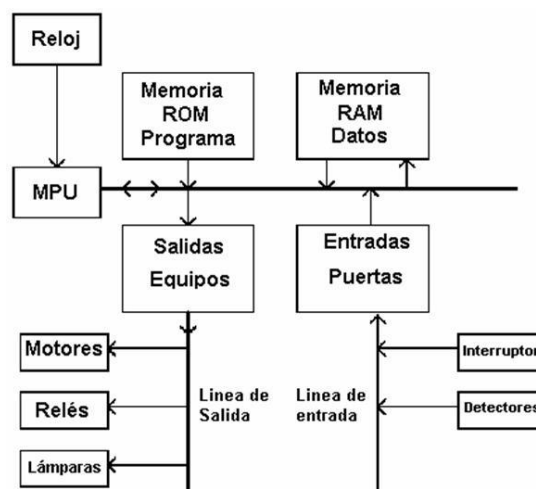


Figura. 1.6. Diagrama describiendo la estructura interna de un Controlador Lógico Programable

Fuente: (Prieto, 2007)

Los elementos esenciales, que como mínimo todo autómatas programable posee son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser del tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.
- Sección de salidas: son una serie de línea de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (*CPU*): se encarga de procesar el programa de usuario que introduciremos, para ello disponemos de diversas zonas de memoria, instrucciones de programa y registros.
- Las máquinas de estados son sistemas de entradas y salidas, en donde las salidas dependen de las señales de entradas actuales y también de las anteriores, con lo cual se puede resumir que una máquina de estados es un autómatas o un conjunto de estados que relacionan las entradas y salidas para cada instante, para que la salida dependa únicamente del estado actual de las entradas. (Montahuano Pacheco & Montoya Lara, 2018)

Adicionalmente en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integrados en el *CPU*. (Martínez, 2002)

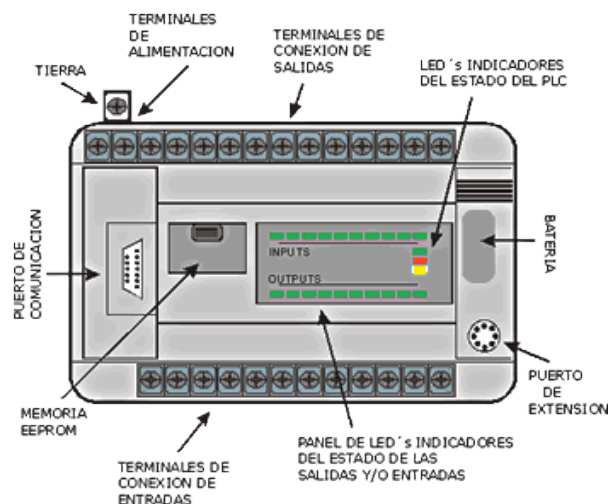


Figura. 1.7. Elementos de un Controlador Lógico Programable

Fuente: (Controladores Logicos Programables, s.f.)

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la *CPU* según el tipo de autómata que utilicemos. Normalmente se suelen emplear opto acopladores en las entradas relevadores y salidas.

Aparte de estos elementos podemos disponer de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas *CPU* la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar al programa del usuario.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de *E/S*, más memoria unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos (como una computadora personal). (Martínez, 2002)

1.3.3 Memoria

Dentro de la *CPU* vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- **Memoria del programa de usuario:**

Aquí introduciremos el programa va a ejecutar cíclicamente.

- **Memoria de la tabla de datos:**

Se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).

- **Memoria del sistema:**

Aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador /microcontrolador que posea el autómata.

- **Memoria de almacenamiento:**

Se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: *EPROM*, *EEPROM* O *FLASH*.

Cada autómata divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante. (Martínez, 2002)

1.3.4 Unidad de control Programable (CPU)

La *CPU* es el corazón del autómata programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema).

Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar *watchdog* (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Verificación del sistema. (Martínez, 2002)

1.3.5 Unidades de E/S (Entrada y Salida de datos)

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de *E/S*:

- Digital
- Analógica

Las *E/S* digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas *E/S* se manejan en nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las *E/S* analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante, se basan en convertidores *A/D* y *D/A* aislados de la *CPU*. Estas señales se manejan en nivel de *byte* o palabra (8/16) dentro del programa de usuario. (Martínez, 2002)

1.3.6 Interfaces

Todo autómata, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como una computadora personal).

Lo normal es que posea una *E/S* serie del tipo *RS-232 / RS-422*.

A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómata incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

(A.P.Montanero, 2005)

1.3.7 Equipo o unidades de programación

El autómata debe de disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos: (A.P.Montanero, 2005)

- **Unidad de programación:**

Suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el autómata, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómata.

- **Consola de programación:**

Es una terminal a modo de ordenador, que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómata desfasado actualmente.

- **PC:**

Es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante *software SCADA*, etc. (A.P.Montanero, 2005)

1.3.8 Dispositivos periféricos

El autómata programable, en la mayoría de los casos, puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan una gran variedad de posibilidades, que van desde las redes internas, módulos auxiliares de *E /S*, memoria adicional hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie. (A.P.Montanero, 2005)

1.4 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Es un dispositivo que permite la comunicación entre el usuario y la máquina. La función del *HMI* consiste en realizar la operación de los procesos industriales e información casi en tiempo real a través de los gráficos y animaciones de pulsadores, interruptores, indicadores numéricos, lámparas pilotos de estados, visualizadores de nivel, presión, que permite realizar en el *software* de programación para implementar un proyecto.



Figura. 1.8. HMI Touch panel

Fuente: (Bitacora ICI Equipo HMI, 2017)

1.4.1 Sistemas Scada

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*, es decir, Supervisión, Control y Adquisición de Datos) no es una tecnología concreta sino un tipo de aplicación. Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de un “sistema” con el fin de controlar y optimizar ese sistema es una aplicación SCADA. La aplicación puede estar un proceso de destilado petroquímico, un sistema de filtrado de agua, los compresores de un gasoducto o cualquier otra.

La automatización con SCADA es sencillamente un medio para llegar a un fin y no un fin por sí mismo. En última instancia, todos los negocios convergen en la necesidad de maximizar el rendimiento de los activos a través de la excelencia operativa. Para los fabricantes y para otras organizaciones industriales, seguir siendo competitivo significa encontrar constantemente caminos para que la planta funcione de forma más rápida y eficiente. Siempre existe la presión de aumentar la productividad, la eficiencia, la agilidad, la calidad y la rentabilidad, todo ello minimizando los costes. (Control y optimización de sistemas, 2019)

1.4.2 Funciones de un *Software HMI*

- **Monitoreo.**

Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

- **Supervisión.**

Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- **Alarmas.**

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.

- **Control.**

Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más lejos del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo, la aplicación de esta función desde un *software* corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

- **Históricos.**

Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

1.4.3 Tipos de *Software* de Supervisión y Control para PC

Lenguajes de programación visual como Visual C++ o *Visual Basic*. Se utilizan para desarrollar *software HMI* a medida del usuario. Una vez generado el *software* el usuario no tiene posibilidad de re-programarlo.

Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas *HMI*. Pueden ser utilizados para desarrollar un *HMI* a medida del usuario y/o para ejecutar un *HMI* desarrollado para el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave (*software*) como para hacerlo. Ejemplos: son *FIX Dynamics*, *Wonderware*, *PCIM*, *Factory Link*, *WinCC*. (Introducción HMI, 2014)

1.5 Variador de Velocidad

Un variador de A.C. es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de rotación de un motor de A.C. o inducción. Este tipo de motores también se conocen como motores asíncronos o en jaula de ardilla.

El variador de velocidad se coloca entre la red y el motor. El variador recibe la tensión de red a la frecuencia de red (50Hz) y tras convertirla y después ondularla produce una tensión con frecuencia variable. La velocidad de un motor va prácticamente proporcional a la frecuencia.

Además de cambiar la frecuencia, el variador también varía el voltaje aplicado al motor para asegurar que existe el par necesario en el eje del motor sin que surjan problemas de sobrecalentamiento. (Cowie, 2001)



Figura. 1.9. Variador de velocidad Ig5a

Fuente: (Vector Motor Control, 2017)

1.5.1 Aplicaciones de los variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- **Transportadoras.**

Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.

- **Bombas y ventiladores centrífugos.**

Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que, para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

- **Bombas de desplazamiento positivo.**

Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo, en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

- **Ascensores y elevadores.**

Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.

- **Extrusoras.**

Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de la cupla del motor.

- **Centrífugas.**

Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.

- **Prensas mecánicas y balancines.**

Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

- **Máquinas textiles.**

Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo *random* para conseguir telas especiales.

- **Compresores de aire.**

Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.

- **Pozos petrolíferos.**

Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

1.5.2 Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos

- **Aceleración controlada**

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S». Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

- **Variación de velocidad**

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

- **Regulación de la velocidad**

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado. Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle cerrado».

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia. El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor. Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones.

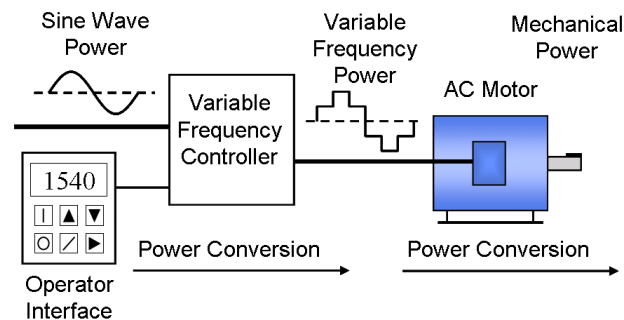


Figura. 1.10. Esquema de funcionamiento

Fuente: (Iguen, s.f.)

La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular.

- **Deceleración controlada**

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración.

Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermediaria o nula:

1 Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe de desarrollar un par resistente que se debe de sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.

2 Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

- **Inversión del sentido de marcha**

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

- **Frenado**

Este frenado consiste en parar un motor, pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

- **Protección integrada**

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra: los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra, las sobretensiones

y las caídas de tensión, los desequilibrios de fases y el funcionamiento en monofásico. (Cowie, 2001)

1.6 Relés

Es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. (Sabaca, 2006)



Figura. 1.11. Relé

Fuente: (Lees Electronic, 2016)

Las características principales que diferencian los relés para tensión continua son:

- La cantidad y el tipo de contactos
- La potencia de conmutación
- La tensión de trabajo de la bobina
- La corriente de la bobina (o resistencia)

Estos parámetros determinan generalmente el tamaño del relé. Mayor es la cantidad de contactos y la potencia que estos pueden conmutar, mayor será el tamaño de relé. (Tecnología, 2010)

El relé de 5VCD tiene 2 tipos diferentes de contactos eléctricos en el interior: normalmente abierto (NO) y normalmente cerrado (NC), su uso dependerá de si desea que la señal de +5V encienda el interruptor o apague el interruptor. El voltaje de funcionamiento es de 120-240 VAC, adicionalmente tiene el terminal común C en ambas configuraciones las cuales se conectan al dispositivo que desea controlar. (Montahuano Pacheco & Montoya Lara, 2018)

1.7 Contactores

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

La bobina es un electroimán que acciona los contactos cuando le llega corriente, abre los contactos cerrados y cierra los contactos 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. (Tecnología, 2010)



Figura. 1.12. Contactor

Fuente: (Rodríguez, 2013)

1.8 Disyuntores

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática. (Lopez, Zamorano, Lopez, & Martinez, 2016)

Los disyuntores se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios.

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

1.8.1 Calibre o corriente nominal:

Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo. Existen desde 5 hasta 64 amperios.

1.8.2 Tensión de trabajo:

Tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásicos (110 - 220 V) y trifásicos (300 - 600 V).

1.8.3 Poder de corte:

Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arcos eléctricos o la fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito. (Araya, 2014)

1.8.4 Poder de cierre:

Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo al momento del cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico. (Araya, 2014)

1.8.5 Número de polos:

Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos. (Disyuntor, 2009)



Figura. 1.13. Disyuntor

Fuente: (Electronicaplicada, 2015)

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

El enfoque metodológico que se seleccionó para la investigación en la línea de producción de papas fritas de la empresa *Cofica Export S. A.* se describen las diferentes formas de procesamiento de la información y los datos obtenidos gracias a la aplicación de los métodos y técnicas en el proyecto realizado.

En este capítulo se desarrolló la metodología planteada con el fin de recabar información para el proyecto y según la necesidad presentada por la empresa a beneficiarse del sistema automático de producción.

Según Jacqueline Hurtado la investigación confirmatoria implica formulación de hipótesis y control de variables extrañas. El investigador ya tiene una hipótesis derivada de las teorías ya hechas, la cual le sugiere posibles causas. Esta investigación requiere como objetivos específicos la descripción y la comparación que identifica los procesos que permiten explicar el evento. (Hurtado, 2010)

La metodología utilizada en el presente trabajo fue la investigación aplicada confirmatoria, que examina la validez del documento y su desarrollo en un método experimental de campo y natural, donde se demuestra la eficacia funcional del proyecto. Este proyecto se constituye de tres etapas: análisis, diseño, implementación. Incluirá los siguientes pasos y procedimientos:

Se utilizó el método del análisis para reconocer y describir los distintos elementos a utilizar en el desarrollo del proyecto tales como: *PLC*, interfaz *HMI*, variadores de velocidad, sensores, etc.

De acuerdo con el análisis planteado se procederá a realizar el diseño de la maquinaria de acuerdo a las condiciones planteadas y necesidades planteadas.

Para la implementación se tomará en cuenta el diseño previamente realizado y consiguiente se elegirán los dispositivos adecuados en la construcción del proyecto.

Finalmente se realizarán pruebas para comprobar el funcionamiento y verificar posibles fallas con el fin de proporcionar mejoras de ser necesario.

Las pruebas que se realizan para demostrar la eficacia del tema están basadas en el método experimental de campo, en el cual la intervención de un usuario puede crear distintos escenarios, también se evalúa el funcionamiento de cada equipo en el entorno natural sin la influencia directa de un usuario, y se obtiene como resultado la confirmación o anulación de la validez del proyecto.

2.1 Tipos de Investigación

Es la investigación aplicada ya que en este proyecto se centra en encontrar mecanismos y elementos capaces de lograr controlar de manera automática todos los procesos de producción, este proyecto abordará el problema reducir las continuas paradas, lo que conlleva a tiempos muertos de producción, exceso de personal en cada etapa y gastos económicos varios para realizar mantenimientos correctivos.

2.2 Diseño de la investigación

La metodología utilizada en el proyecto será de tipo deductivo puesto que se aplicarán principios descubiertos en el funcionamiento de dispositivos electrónicos.

Para la parte de diseño se utilizará el método experimental e inductivo, debido a que se deberá acoplar módulos de electrónica, comunicaciones y control para el desarrollo teórico

del proyecto se utilizará el método hipotético-deductivo, ya que se partirá de hipótesis como consecuencia de inferencias del conjunto de datos empíricos.

Se utiliza la técnica de estudio de campo ya que, si bien es de metodología cuantitativa aplicada, el proyecto tiene como bases antecedentes de funcionamiento tanto desde el punto de vista del dueño de la empresa como el enfoque de operarios para saber sus características de trabajo que puedan aportar al presente proyecto.

Según Palella y Martins (2006, p. 97), el diseño de Campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurre los hechos sin manipular o controlar variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural”. También afirman que el diseño no experimental, es aquel que se realiza sin manipular de forma deliberada ninguna variable.

Es uno de los aspectos más importante en el proceso de la investigación, está relacionado con la obtención de la información de distintas fuentes a estudiar, pues de ello depende la confiabilidad y validez del presente estudio. Para poder obtener información confiable y sobre todo valida requiere de cuidado y dedicación de parte de las personas a cargo.

Esta etapa de recolección de información e investigación se conoce también como trabajo de campo que en el presente estudio será aplicado en la empresa *Cofica Export*.

2.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Dentro de la investigación científica como proceso, existe una gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación a realizar, se escoge la técnica que mejor se acople al proceso y que nos permita obtener los resultados deseados.

Para la presente investigación, se utilizó como técnica e instrumento para recolectar datos, la inspección del trabajo actual, la revisión de manuales técnicos, herramientas electrónicas, *software*, entre otras. En esta investigación se utilizó la técnica de la observación documental, de presentación resumida, descrita por Balestrini (1998, p.154), como “una

lectura general de los textos que contienen las fuentes de información que son de mucho interés.

2.4 Metodología

En el presente estudio el encuadre metodológico usado, de acuerdo a los planteamientos de Carrillo M. (2005) fue el paradigma cuantitativo; siendo la naturaleza de la investigación aplicada como su diseño bibliográfico.

Asimismo, para recabar los datos se utilizaron referencias de textos, lecturas hojas de datos, provenientes de autores Latinoamericanos, a los cuales se les aplicó la observación documental.

De esta forma la metodología utilizada en la presente investigación es una combinación de los autores C.J. (2005), Jerry Fitzgerald. (2101p) Clint Smith (2005) quedando estructurada en 6 fases, citadas a continuación:

2.4.1. Identificar y Definir el Problema

En esta primera fase se identifica la necesidad del usuario de automatizar el sistema para evitar errores, los cuales les ocasionan pérdida de recursos. Además de la contaminación innecesaria obteniendo gran acumulación de residuos.

2.4.2. Definir los Requerimientos del Sistema

Jerry Fitzgerald. (2011 p213) asegura que, para definir los requerimientos del sistema propuesto con la finalidad de formar una imagen global del sistema, es preciso definirlos dentro de la estructura de las metas y objetivos de la investigación, al igual que cada fase y tratar que estos sean cuantitativos y detallados. En el presente estudio se tiene como objetivo principal Automatizar la línea de producción de papas fritas de *Cofica Export S.A.* mediante la utilización de elementos de control para la optimización de recursos y reducir mantenimientos correctivos.

El cual se realizará mediante el diseño e implementación de un sistema de control mediante la construcción de un tablero de control con una pantalla *HMI* para controlar todas las etapas de producción. El sistema de control se realizará utilizando un controlador lógico programable XINJE XC3 el mismo que permitirá la adquisición de datos desde un asistente *HMI TouchWin OP320* para la operación, el variador de velocidad iG5A para garantizar que los motores funcionen a la velocidad necesaria.

2.4.3. Seleccionar la Tecnología Adecuada

Se han realizado varias hipótesis para la utilización de diferentes sistemas de control de varias marcas disponibles en el mercado, como por ejemplo se analizó la posibilidad de utilizar *PLC* marca *Siemens, Schneider o Panasonic*, pero al recolectar los datos de los equipos se pudo comprobar que se requieren licencias de funcionamiento con costos muy altos y con un alto conocimiento de utilización de los operarios, además de no ser sistemas completamente flexibles para la aplicación requerida.

Por tal motivo se decidió utilizar el *PLC XINJE XC3* que posee gran flexibilidad para la programación de las diferentes variables, con *software* de fácil manejo.

2.4.3 Elaborar la Documentación de la Interface

En esta fase, se desarrolla de forma general los bloques funcionales que los componen y las interconexiones entre sí de manera lógica mediante la elaboración de diagramas de flujo para cada proceso. Cada uno de los elementos tanto de control como de potencia, deberían estar correctamente instalados y conectados entre sí para asegurar que cada una de las partes cumpla con su función.

2.4.4. Diseñar el prototipo de la Interface.

Desde el ámbito del diseño del prototipo, Savant, CJ (2005, p20) establece que es muy importante el proceso de diseño para una verificación doble del proceso del trabajo previo, en el presente estudio se verifica los mecanismos para la comunicación entre ambos mediante el *software* de programación y con la validación de las señales físicas activadas, garantizando que la información del sistema funcione de forma correcta.

2.4.5. Validar Mediante un prototipo la Interface.

En la presente fase, se logra unir la estructura del *software* con el hardware mediante la programación de todos los elementos a intervenir en el sistema de control, además se verifican los mecanismos para la validación de la correcta conexión entre ambos sistemas gracias a la utilización del *software* propio del sistema, garantizando que la información que entra y sale sea confiable. Obteniendo como resultados el sistema completo de automatización de la línea de producción de papas fritas con pruebas de funcionamiento exitosas.

CAPITULO 3

PROPUESTA

En este capítulo se detallan la propuesta para la automatización de la línea de producción de papas fritas, se detallan los módulos que la componen, las fases a desarrollar y se concluye con los componentes a utilizar en el desarrollo del proyecto.

3.1 Representación de la idea integral de la propuesta

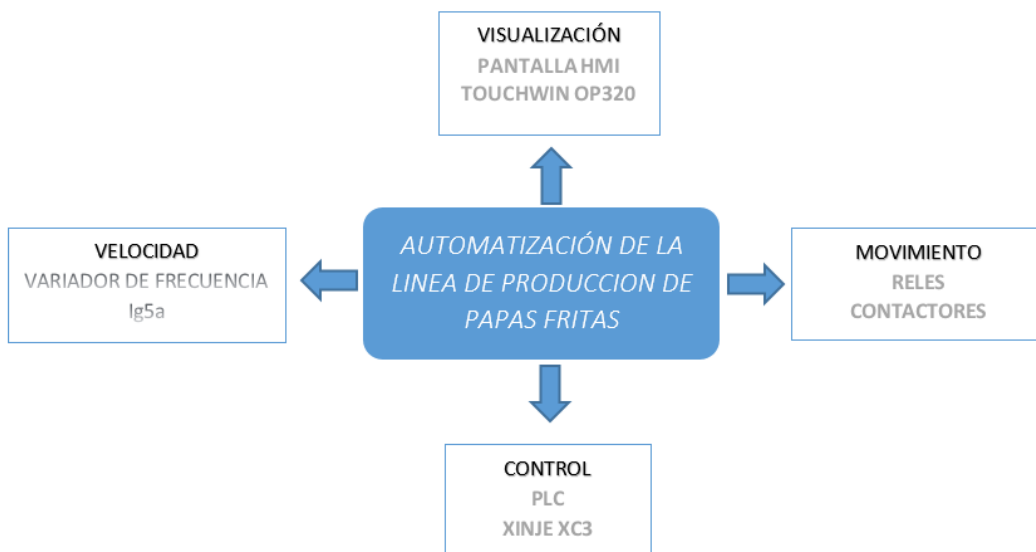


Figura. 3.1. Módulos que componen el proyecto

Fuente: Elaborado por el autor

3.2 Descripción de la propuesta

La línea de producción de papas fritas consta de las siguientes etapas:

- Pelado
- Transportador vertical
- Cortado por medio de cuchillas centrifugas
- Fritura - caldero
- Etapa de saborizado

La planta cuenta con un sistema totalmente obsoleto que no permite una producción continúa debido a sus continuas paradas, lo que conlleva a tiempos muertos de producción, exceso de personal en cada etapa y gastos económicos varios para realizar mantenimientos correctivos.

La máquina de la etapa final, no posee control automático de ningún tipo, su accionamiento es netamente mecánico y los pocos accionamientos existentes se manejan por relés y levas metálicas. La máquina produce mucho desperdicio de producto motivo por el cual ya no se utiliza.

La línea de papas RIX, cuenta con varios sistemas individuales basados en motores trifásicos y accionamientos directos; en la etapa inicial del proceso registra la máquina de pelado automático de papa cuyo accionamiento se realiza mediante un motor monofásico 110VAC, posterior a la etapa de corte tenemos la etapa de transporte vertical de la papa pelada hacia el cortador giratorio, en este punto se debe controlar el motor de 2HP existente de manera variable, es decir controlar la velocidad y cantidad de producto enviado al cortador, es necesario incluir variador de velocidad para el propósito mencionado.

El cortador centrífugo posee un motor monofásico a 110VAC, el accionamiento deberá ser directo. Luego del proceso de corte tenemos la etapa de fritura, en esta etapa se deberá controlar el accionamiento de dos motores trifásicos mediante un variador de velocidad con la finalidad de controlar la velocidad y tiempo que permanecerá el producto en el aceite. La temperatura del aceite se deberá controlar mediante equipos específicos proporcionados que permiten control *ON/OFF* proporcionados por el cliente (caldero y control digital *ON/OFF*)

Todas las etapas de la línea de fritura deberán ser controladas mediante un *PLC* con una pantalla de operación *HMI*.

La propuesta permite una automatización, se utiliza un *PLC* para controlar procesos secuenciales y el trabajo de cada una de las etapas de producción, conjuntamente con el variador de velocidad y una interfaz *HMI*.

Se adapta todos los elementos al proceso requerido por la empresa. Con un control preciso para conseguir reducir al mínimo los tiempos de inactividad inesperados y aumentar al máximo la productividad, proporcionando ahorro de energía, confort, seguridad y simplicidad en los procesos.

La programación incluye la integración de los sistemas, para el control de la máquina se deberá instalar un *PLC XINJE XC3*, el mismo que permitirá la adquisición de datos provenientes de un asistente *HMI TouchWin OP320* para la operación.

3.3 Estructura Mecánica

Referente a la parte mecánica (conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen un sistema), se utilizará la misma estructura mecánica de la empresa *Cofica Export S. A.* que ya se encuentra implementada ya que el proyecto corresponde a el control y automatización de la misma.

3.4 Tablero de Control

Se utilizarán dos tableros de control, el primero para la colocación del *PLC*, Pantalla *HMI* y los elementos de accionamiento, el segundo tablero para los variadores de velocidad.

En el cual se dispondrán los dispositivos electrónicos, se encuentra ensamblado dentro de una caja hecha de tol, adquirida en una fábrica, sus dimensiones son: 60 cm de largo, 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad.

Para el desarrollo del tablero de control se tomará en cuenta los siguientes elementos en su constitución.

3.4.1. PLC

Para la elaboración del proyecto se utilizara el *PLC* XINJE XC3 modelo XC3-14RT-E debido a sus características; control lógico, operaciones de datos avanzados, interrupciones, PWM, contadores rápidos, comunicación RS232/485 y que ofrecen una buena relación calidad precio. Sus especificaciones son:

- Alimentación: 110/220VAC
- Entradas: 8 entradas digitales
- Salidas: 6 salidas (2 de transistor y 4 de relé)
- Fuente interna: 24VDC



Figura. 3.2. *PLC* Xinje XC3-14RT-E

Fuente: Elaborado por el autor

3.4.2. Interfaz *HMI*:

Se utiliza una interfaz *HMI TouchWin OP320 A-S* que está dada por una pantalla programable la cual presenta un teclado físico con el cual se puede acceder a las pantallas que controlan los distintos aspectos del proceso. Sus especificaciones son:

- Vida útil: más de 20,000 horas, 25grados centígrados de la temperatura ambiente, 24 horas de funcionamiento.
- Resolución: 3.7 pulgadas, LCD 192*64 pixeles.
- Brillo: regulación de resistencia sintonizable.
- Palabra promulgación: 24 caracteres x 4 líneas.
- Reloj: Base tiempo real.
- Comunicaciones: RS232, RS484.
- Protección: IP65.
- Compatibilidad: Otras marcas de *PLC*.
- Teclas de función: 20 teclas.
- Memoria: 1MB – 1KB SRAM



Figura 3.3. Interfaz *TouchWin OP-320*

Fuente: Elaborado por el autor

3.4.3. Fuente de alimentación: para activar el sistema de control de la línea de papas.

3.4.4. Grupo de accionamiento: Se agruparan elementos tales como: contactores, relés, *breakers* y fusibles.

3.5 *Software*

Para el diseño del proyecto es necesario el uso de distintos *software* que permiten solucionar varios requerimientos, estos *softwares* son: *CADe_SIMU* usado en el diseño de

los circuitos eléctricos y electrónicos necesarios, XCP PRO el cual permite trabajar con el *PLC XINJE XC3* y finalmente *HMI OP20 Edit Tool* encargado de la interfaz *HMI*.

3.5.1. CADe_SIMU – Diseño de conexiones

Para el diseño electrónico se utilizará *software* de programación basado en el conjunto de tareas y rutinas que permiten al sistema realizar determinadas funciones, a continuación, se plantean los programas a utilizarse dentro del proyecto: CADe_SIMU. (Valdivieso, 2018)

En la elaboración del esquema se utilizará el programa CADe_SIMU el cual permite insertar los distintos símbolos eléctricos, organizados en librerías que obtiene una simulación del esquema eléctrico de una forma fácil y rápida. (Valdivieso, 2018)

El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica. Por medio de la interfaz CAD el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento. (Valdivieso, 2018). Una muestra de la interface del *software* se aprecia en la Figura 3.4.

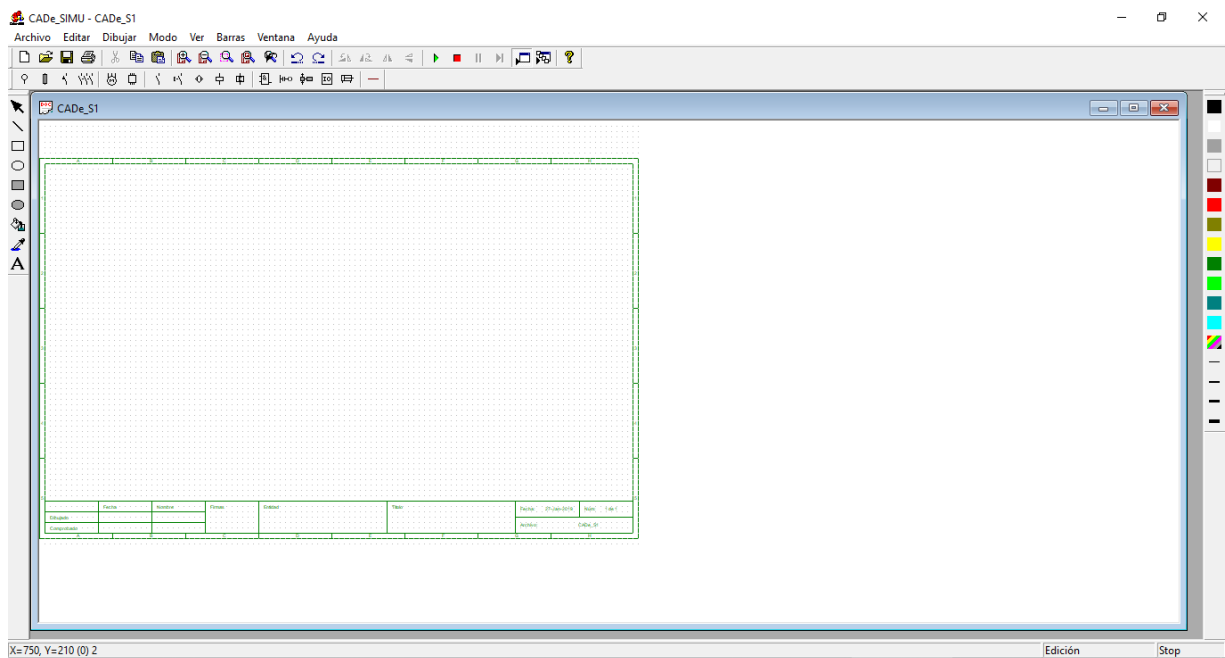


Figura. 3.4. Pantalla de inicio de CADe SIMU

Fuente: Elaborado por el autor

3.5.2. XCP PRO - Programación PLC

Para diseñar la programación y llevar a cabo el proyecto es necesario hacer uso del aplicativo XCP PRO el cual permite trabajar con el PLC XINJE XC3. El *software PLC* es un conjunto de reglas programables que permiten al equipo de hardware funcionar, normalmente los archivos se almacenan en un dispositivo de memoria no volátil (memoria *flash*, ROM, discos duros y cintas magnéticas) compuesto de instrucciones, funciones y elementos utilizados en el monitoreo o control del PLC. (Gilani, 2018). La interface de usuario de este *software* se aprecia en la Figura 3.5.

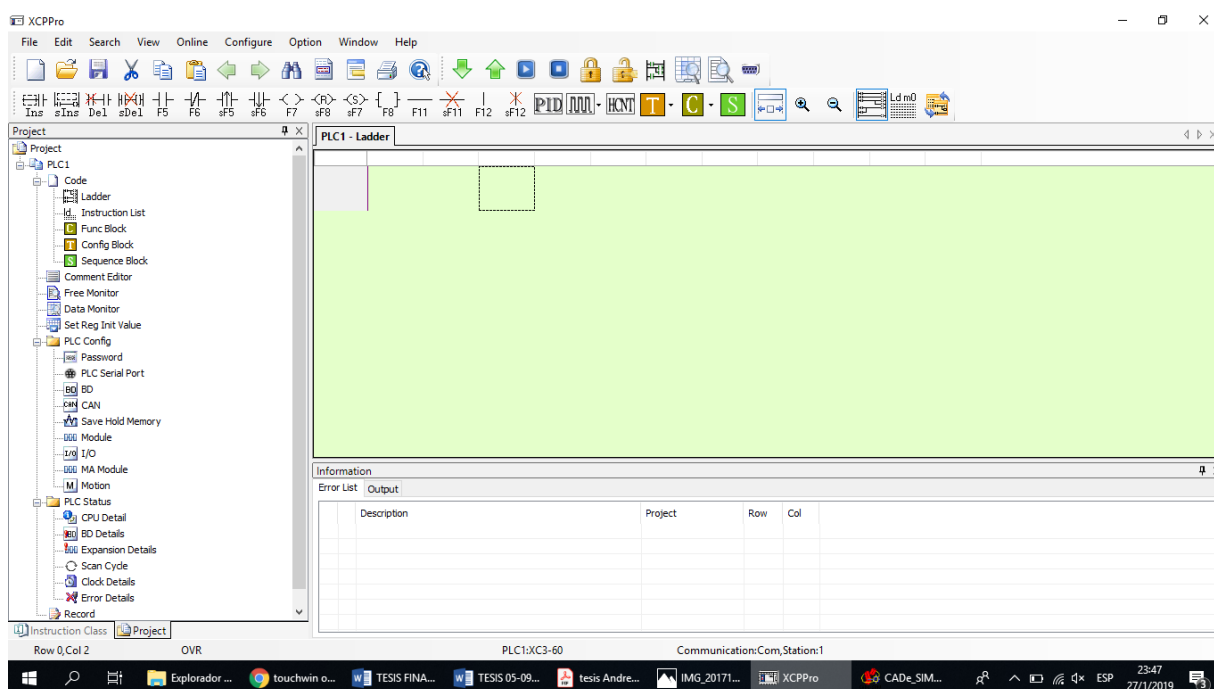


Figura. 3.5. Pantalla de inicio XCP PRO

Fuente: Elaborado por el autor

3.5.3. HMI OP20 Edit Tool - Programación interface HMI

El *software OP20 Edit Tool* es apto para el panel de operación OP320, el panel táctil MP y el controlador XP HMI y PLC, el *software* se ejecuta en varios sistemas operativos como: Windows98 / XP / Win7. El *software* es fácil de aprender y usar. Todas las partes que incluye lámpara, texto, botones, mapa de tendencia, datos ajustes, etc. se pueden poner en la pantalla OP320. (Valdivieso, 2018). La interface de usuario se muestra en la Figura 3.6.

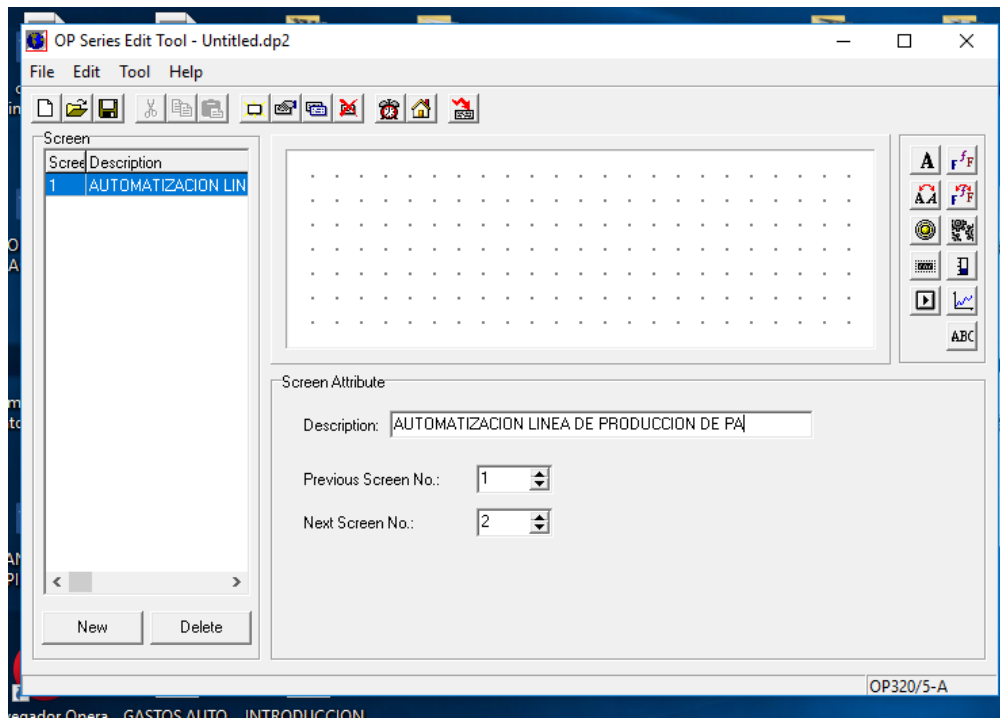


Figura. 3.6. Pantalla de inicio OP20 Edit Tool

Fuente: Elaborado por el autor

3.6 Costo

La Tabla 3.1. indica el costo de los materiales utilizados en la implementación del presente proyecto que llega a los \$ 2774,19 USD.

Tabla. 3.1. Presupuesto referencial de adquisición de elementos

	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL	
COSTOS PRIMARIOS (MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN)	PLC XINJE XC3-14RT-E	1	\$ 221,76	\$221,76	
	Variador de frecuencia Ig5a	1	\$350	\$350	
	Variador de frecuencia Siemens V20 1HP	1	\$259,50	\$259,50	
	Disyuntor CNC YC17-63	1	\$27,20	\$27,20	
	Breaker Schneider IC60N C3A	1	\$48,07	\$48,07	
	Fuente de alimentación de carril DIN DELTA CLIQ 24 V 2.5 ^a	1	\$33,80	\$33,80	
	Pantalla HMI TouchWin OP 320 A-S	1	\$275,30	\$175,30	
	Relés MK2P-I	6	\$7,50	\$45	
	Contactor MC-22b				
	Relés de sobrecarga LS MT-32	6	\$31,40	\$188,40	
	Gabinete 600x300x200	2	\$130	\$260	
	Gabiente Liviano 20x20x15	4	\$16,62	\$66,48	
	Prensa estopa PG 13.5	10	\$1,50	\$15	
	Prensa estopa 3/4	8	\$1,71	\$13,68	
	Riel Din 35mm Aluminio 1m	7	\$4	\$28	
	Manguera 3/4 anillada x metro	40	\$0,30	\$12	
	Accesorios (cables, borneras, potenciómetros, brocas, etc.)		\$130	\$130	
	TALENTO HUMANO OTROS GASTOS	Mano de Obra (Tesista)	114	\$7,01 Horas/Hombre	\$800
		Servicio de internet	20	\$1	\$20
	Hojas	1	\$5	\$5	
	CD	1	\$2	\$2	
TOTAL				\$2701,19	

Fuente: Elaborado por el autor

3.6.1. Análisis Económico

De acuerdo a una investigación de campo, el costo de una maquina industrial para la elaboración de papas fritas actualmente en el mercado es de \$30.000, al automatizar el sistema existente de la empresa el costo fue muy inferior, por lo que se analizó la comparación de precios entre adquirir uno o implementar el sistema mecánico, cuyo valor de construcción del proyecto de titulación ya que se consideró elaborarlo con un presupuesto de \$5,000 USD.

3.7 Tiempo requerido para el desarrollo del proyecto

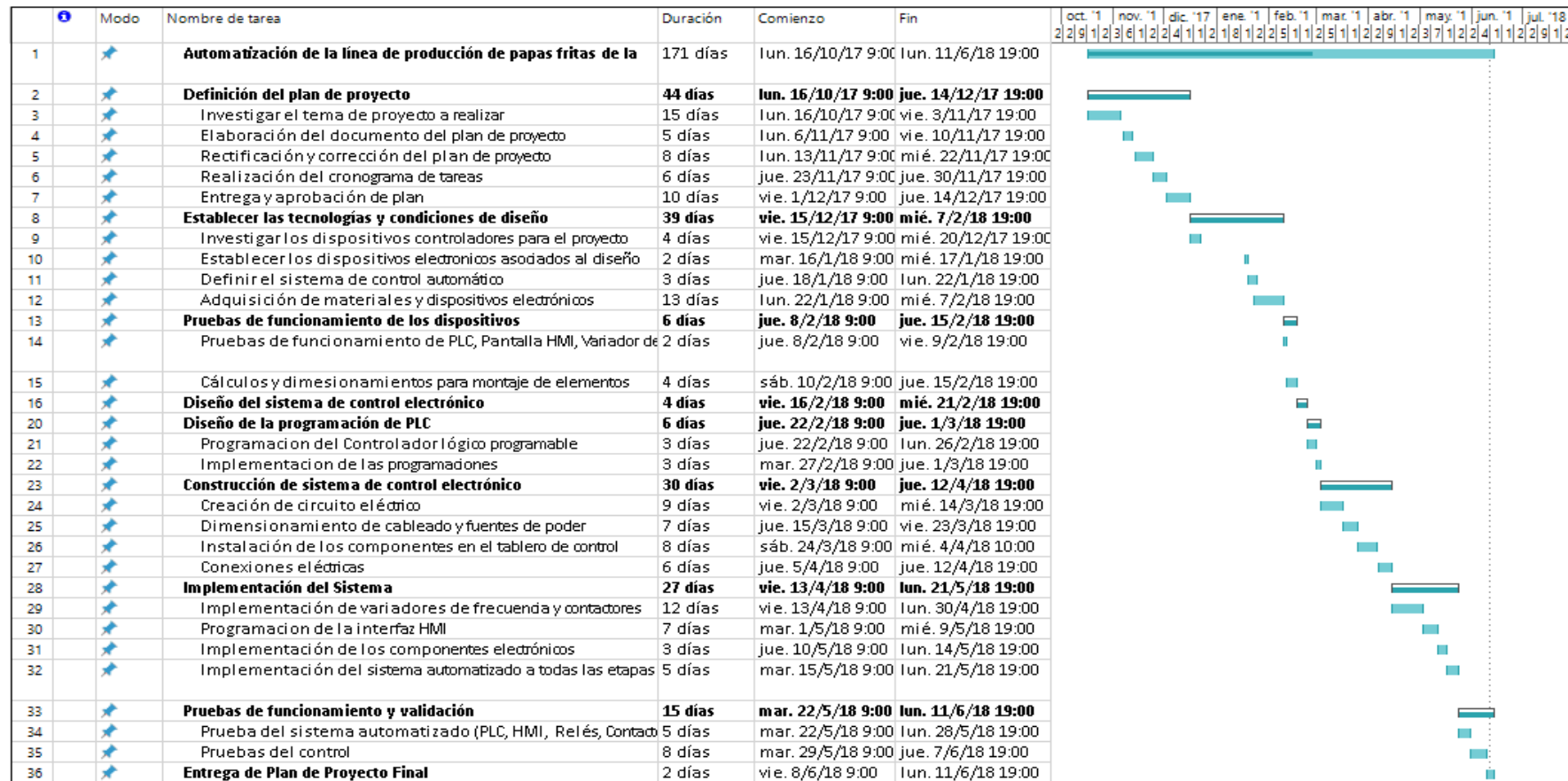


Figura 3.7. Cronograma de Actividades

Fuente: Elaborado por el autor

3.7.1. Análisis de tiempo

Para la automatización de la línea de producción de papas fritas de la empresa *Cofica Export S.A.* se calcula un plazo de 171 días.

- **Definición del plan de proyecto**

Esto tomara un plazo determinado de 44 días, en los cuales se desarrolla el tema del proyecto, la elaboración del plan, la rectificación y corrección del plan de proyecto, la realización del cronograma de tareas, entrega y aprobación del plan.

- **Establecer las tecnologías y condiciones del diseño**

Para identificar el uso de la tecnología y el diseño se tomó en cuenta un tiempo de 39 días, en los cuales se investigara los dispositivos controladores, establecer los dispositivos electrónicos asociados al diseño, definir el sistema de control industrial, la adquisición de materiales y dispositivos eléctricos.

- **Pruebas de funcionamiento del dispositivo**

Las pruebas de funcionamiento tomaran un tiempo de 6 días, en donde se presenta las pruebas de funcionamiento de *PLC*, *HMI*, entre otros, los cálculos y dimensionamiento para montaje de elementos.

- **Diseño de la programación de *PLC***

Este procedimiento se lo realizara en 6 días en los cuales se diseña la lógica de control para adquisición de datos e implementación de las programaciones.

- **Construcción de sistema de control eléctrico**

En este proceso durara un tiempo de 30 días, divididos en el dimensionamiento de los elementos de control, cableado y fuentes de voltaje, instalación de componentes de panel y conexiones.

- **Implementación del sistema**

Para la implementación se tiene programado un plazo de 27 días en los cuales se realiza la implementación del variador de frecuencia, actuadores, relés, contactores para realizar movimientos definidos, programación del *PLC*, implementación de la estructura base.

- **Pruebas de funcionamiento y validación**

Con respecto al funcionamiento y validación se pone un plazo de 15 días en los cuales se realiza pruebas del sistema de control y de la interfaz *HMI*.

- **Entrega de plan de proyecto final**

Para la entrega de proyecto final se planea un tiempo de 2 días, es decir la entrega final del proyecto.

3.8 Ventajas

Dentro de la propuesta técnica se evaluó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de adquirir y/o construir la línea de producción de papas fritas como lo indica la Tabla 3.2. Esta información fue obtenida en las reuniones mantenidas con la empresa, Una vez finalizado el estudio se logró identificar varias ventajas para la implementación del proyecto.

Tabla. 3.2. Análisis FODA del sistema de automatización de la línea de producción de papas fritas

Factores	Determinan	Categorías			
		Recursos	Organización	Costo	Tiempo
Internos	Debilidades	Calibración incorrecta de los tiempos de producción	No existe historial de producción	Valor de comercialización mínimo o elevado del producto.	Mayor cantidad de horas de trabajos Menor producción
	Amenazas	Desperdicio de producto. Insatisfacción de clientes. Pérdida económica.	Base de datos inconsistentes	Precios que no generan ganancias.	Desgaste laboral innecesario

Fuente: Elaborado por el autor

En cuanto a las ventajas del producto se tiene:

- El sistema permite reducir al mínimo los tiempos de inactividad inesperados
- Los elementos de control garantizan la precisión en el funcionamiento de la máquina.
- Al integrar todas las etapas aumenta al máximo la productividad.
- Se optimizan recursos humanos y técnicos.
- Proporciona ahorro de energía, confort, seguridad y simplicidad en los procesos.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

En el capítulo actual se detalla el proceso de implementación del proyecto, también se describen y determinan los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento, además se detalla la finalización del trabajo de titulación.

4.1 Desarrollo

El proyecto se llevó a cabo desde el mes de octubre del 2017 hasta junio del 2018, empezando por las entrevistas tanto a los operarios para saber sus necesidades como el personal administrativo para recolectar la información relacionada a las mejoras que se deben implementar en el sistema de automatización de la línea de producción de papas fritas.

Una vez terminada la primera fase de prospección se pasó a la adquisición y dimensionamiento de los materiales para la automatización, los cuales, según el presupuesto asignado, se adquirieron de la mejor calidad cumpliendo con estándares internacionales.

Con todos los elementos, se procede a desarrollar el *software* de los equipos programables, tanto en el controlador lógico programable *Xinje XC3* mediante el programa XCP PRO en lenguaje de programación *Ladder* y el programa OP20 *Edit Tool* que nos permitirá la comunicación con la interfaz *HMI TouchWin OP320 A-S*.

En el mes de marzo del 2018 se empezó con la implementación del tablero de control, así como la construcción de las seguridades propias de este tipo de sistemas. Permitiendo dimensionar de forma real las necesidades de cableado como de protecciones para los demás equipos.

Al finalizar esta etapa se realiza las pruebas de los elementos de control, la cual cumplía todas las condiciones solicitadas por el personal operativo de la fábrica como las solicitadas por el gerente general, teniendo estas variables controladas se procedió a construir la última parte del sistema *HMI* que es la que el usuario manejaría sin problemas, al tener un entorno amigable y sin complicaciones.

Con respecto a la construcción del sistema de control y se constituye los circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, planos generales, programación de elementos de control y cálculos de dispositivos adicionales.

4.1.1. Estructura mecánica

En lo correspondiente a estructura mecánica, se aprovechó la misma infraestructura ya implementada de la empresa, así como también sus motores, ya que nuestro objetivo es automatizar dicho sistema. A continuación, se describen cada una de las etapas a automatizar:

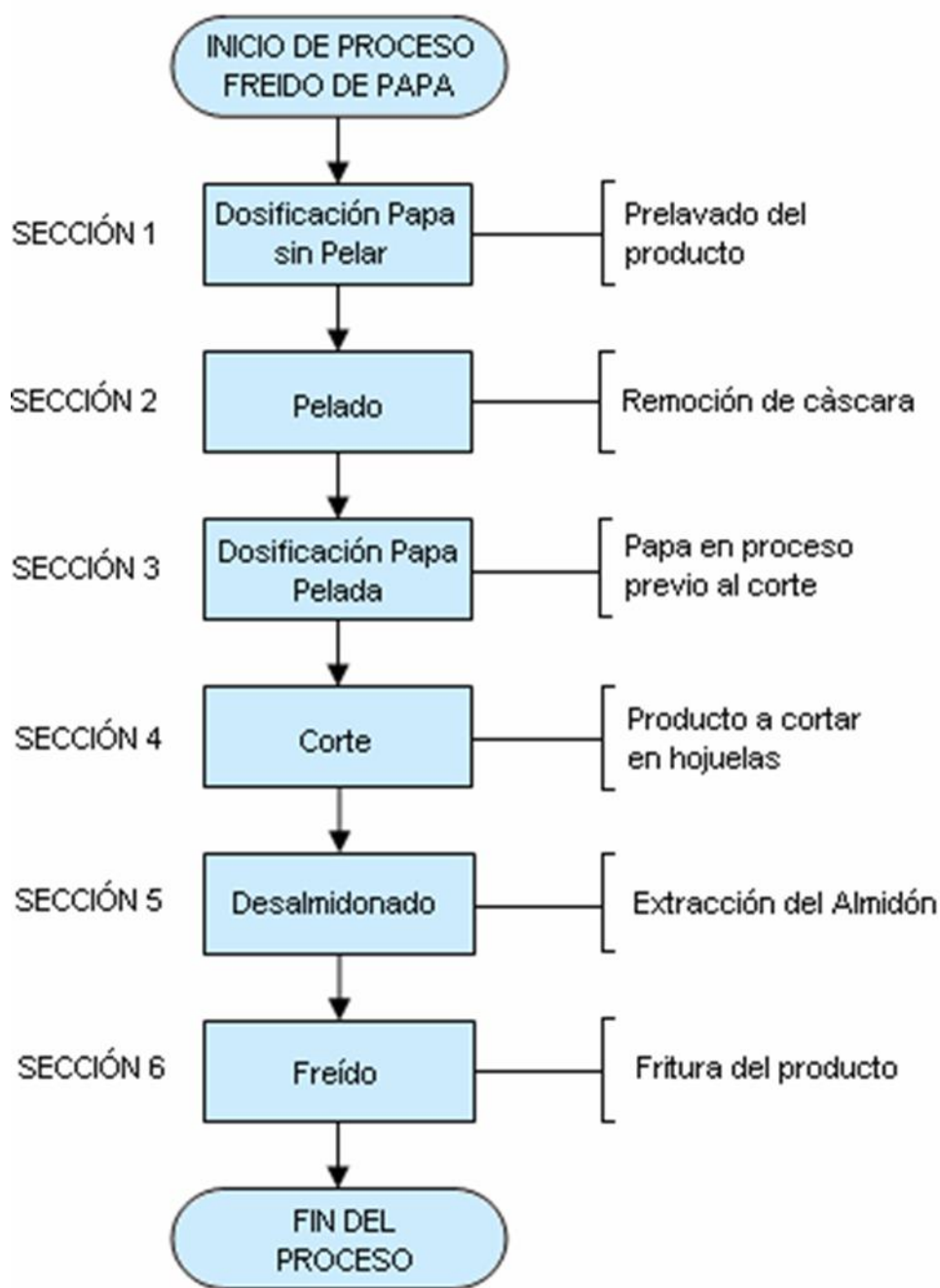


Figura. 4.1. Diagrama de flujo de proceso

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación se visualiza la estructura de cada una de las etapas de producción, y se realiza un levantamiento de datos de los motores ya implementados para el cálculo de los elementos de control, elementos de potencia, elementos de protección, calibre de cables, etc.

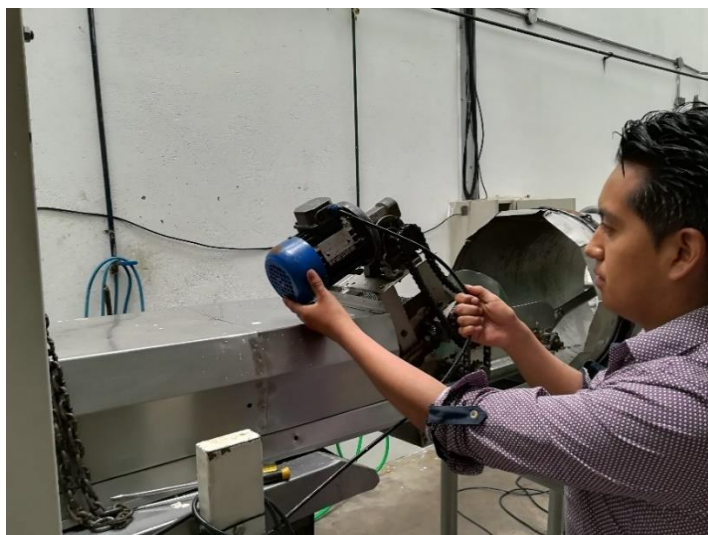


Figura. 4.14. Identificación de las características de los motores

Fuente: Elaborado por el autor

- **Etapa de pelado de papas**

En la etapa inicial del proceso se registra la máquina de pelado automático de papa cuyo accionamiento se realiza mediante un motor monofásico 110VAC, esta sección es controlada por un motor marca SEIMEC que de acuerdo a la placa de especificaciones, sus características son las siguientes:

Tabla. 4.1. Características del motor de etapa de pelado de papas

Voltaje (V)	220/380
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (RPM)	1680
Potencia de salida (HP)	0.50 Kw
Nema eff	0.8
Intensidad de Corriente (A)	2.1
Nominal factor de potencia	0.9

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.15. Placa de especificaciones motor de la etapa de pelado

Fuente: Elaborado por el autor



Figura. 4.16. Estructura de la etapa de pelado de papas

Fuente: Elaborado por el autor

- **Transporte vertical**

Esta sección transporta las papas peladas hacia el cortador giratorio, tiene un ángulo de inclinación de 45 grados, en este punto se debe controlar el motor de 1HP existente de manera variable, es decir controlar la velocidad y cantidad de producto enviado al cortador, es necesario incluir variador de velocidad para el propósito mencionado, el motor no

presenta ninguna placa de especificaciones por lo que se consulta en la web las características que mas se asemejen a dicho elemento.

Tabla. 4.2. Características del motor del transporte vertical

Voltaje (V)	220
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (RPM)	1800
Potencia de salida (Kw)/(HP)	0.75/1
Nema eff	0.73
Intensidad de Corriente (A)	2.1
Nominal factor de potencia	0.90

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.17. Motor para accionar la banda de transporte vertical

Fuente: Elaborado por el autor



Figura. 4.18. Transportador Vertical

Fuente: Elaborado por el autor

- **Etapa de cortado de papas**

El cortador centrífugo es un tambor giratorio con un ángulo de inclinación de 7 grados que posee unas cuchillas, en el cual al mismo tiempo que gira, el producto se va trasportando a la siguiente sección y posee un motor monofásico a 110VAC, el accionamiento deberá ser directo.

Tabla. 4.3. Características del motor de la etapa de cortado de papas

Voltaje (V)	220/380/440
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (RPM)	1680
Potencia de salida (HP)	0.55 Kw
Nema eff	0.8
Intensidad de Corriente (A)	2.9/1.66/1.45
Nominal factor de potencia	0.9

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.7. Motor para accionar el tambor de la etapa de corte

Fuente: Elaborado por el autor



Figura. 4.8. Etapa de cortado por medio de cuchillas centrifugas

Fuente: Elaborado por el autor

- Etapa de fritura

Luego del proceso de corte tenemos la etapa de fritura, en esta etapa se deberá controlar el accionamiento de dos motores trifásicos mediante un variador de velocidad con la finalidad de controlar la velocidad y tiempo que permanecerá el producto en el aceite. La temperatura del aceite se deberá controlar mediante equipos específicos proporcionados que permiten control *ON/OFF* proporcionados por la empresa (caldero y control digital *ON/OFF*).

WEG		NBR.7094	
3 ~ 80	180U07 HP0230		
MOTOR INDUCCION - CAJALA	INDUCTION MOTOR - SQUIRREL CAGE	Hz	60 cat N
0.75 (1.0) HP	1720		
1.15	1800	80	7.2
220/380/440 V	3.02/1.75/1.51 A		
IP54	1000		
79.5	0.82		
POLYREX EM-ES90			
NBR7094			
REGLAMENTO - RESP/004-MOT			
RENDIMIENTO E FACTOR DE POTENCIA			
APROBADOS DEL INMETRO			

Figura. 4.9. Tabla de especificaciones motor de etapa de fritura

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla. 4.4. Características del motor Weg de la etapa de fritura

Voltaje (V)	220/380/440	3
	fases	
Frecuencia (Hz)	60	
Velocidad (RPM)	1720	
Potencia de salida (KW)/(HP)	0.75/1	
Nema eff	0.8	
Intensidad de Corriente (A)	3.02/1.75/1.51	
Nominal factor de potencia	0.82	

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.19. Tabla de especificaciones de motor CSM de etapa de fritura

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla. 4.5. Características del motor CSM de la etapa de fritura

Voltaje (V)	230/460	3 fases
Frecuencia (Hz)	60	
Velocidad (RPM)	1620/1630	
Potencia de salida (HP)	0,16 Kw	
Nema eff	0.8	
Intensidad de Corriente (A)	1.1/0.70	
Nominal factor de potencia	0.60/0.50	

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.20. Etapa de fritura

Fuente: Elaborado por el autor

El caldero esta instalado en la parte externa de la planta de producción por motivos de seguridad y ya que al estar en el interior genera mucho calor, su funcionamiento es a base de combustible diésel



Figura. 4.21. Caldero

Fuente: Elaborado por el autor

- **Etapa de saborizado**



Figura. 4.22. Especificaciones de motor que controla la banda de etapa de saborizado

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla. 4.6. Características del motor de etapa de saborizado

Voltaje (V)	220/380 3 fases
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (RPM)	1700
Potencia de salida (HP)	0.18 Kw
Nema eff	0.8
Intensidad de Corriente (A)	1.3/0.75
Nominal factor de potencia	0.80

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.23. Motor para accionar el tambor de la etapa de saborizado

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla. 4.7. Características del motor CSM de la etapa de saborizado

Voltaje (V)	220/380/440
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (RPM)	1680
Potencia de salida (HP)	0.55 Kw
Nema eff	0.8
Intensidad de Corriente (A)	2.9/1.66/1.45
Nominal factor de potencia	0.70

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.24. Etapa de Saborizado

Fuente: Elaborado por el autor

En esta etapa se identifica un dispositivo *blower* de 2" que es un ventilador encargado de esparcir el saborizante en el producto, su accionamiento es directo a 110VAC, su intensidad de corriente es 1 Amperio, funciona a una frecuencia de 50/60 Hz, potencia de 150W y la velocidad es 3000 RPM.

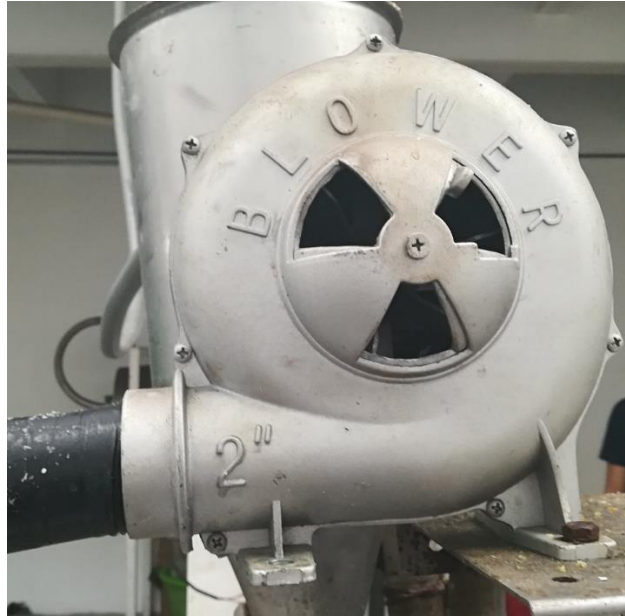


Figura. 4.25. Blower

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.2. Cálculos

Para realizar el cálculo y el dimensionamiento de los elementos de control, elementos de potencia, protecciones y calibre de los cables, Se utilizó los datos técnicos propios del motor y de la conexión industrial existente en la fábrica, luego del levantamiento de datos se llega a la conclusión que a pesar de ser motores de diferentes fabricantes sus características son muy similares tanto en potencia, voltaje, intensidad de corriente por lo tanto se utilizara de referencia uno de ellos para el cálculo de todo el sistema como se puede observar en la siguiente figura, tenemos las características y especificaciones principales del motor asíncrono trifásico jaula de ardilla común que es el mas utilizado a nivel industrial.



Figura. 4.26. Placa de especificaciones de referencia

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla. 4.8. Características del motor Weg

Voltaje (V)	220/380/440	3
	fases	
Frecuencia (Hz)	60	
Velocidad (RPM)	1720	
Potencia de salida (KW)/(HP)	0.75/1	
Nema eff	0.8	
Intensidad de Corriente (A)	3.02/1.75/1.51	
Nominal factor de potencia	0.82	

Fuente: Elaborado por el Autor

- **Potencia**

La potencia de salida viene especificada en la placa del motor, la potencia de entrada se necesita para saber cuanta energía eléctrica demanda el motor.

$$P_{OUT} = 0,75 \text{ Kw}$$

$$P_{OUT} = 1 \text{ HP}$$

$$n_{eff} = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$$

$$P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n_{eff}}$$

$$P_{IN} = \frac{0.75 \text{ Kw}}{0.8}$$

$$P_{IN} = 0.93 \text{ KW}$$

- **Corriente de línea**

Es la corriente nominal del motor, es decir que cuando arranque, será la que este circulando.

$$P_{IN} = I_L \times V_L \times FP$$

$$I_L = \frac{P_{IN}}{V_L \times FP} = \frac{930 \text{ w}}{220 \text{ V} \times 0.82} = 5.15 \text{ A}$$

4.1.3. Calibre de cables

En las anteriores condiciones, se realiza el cálculo de los cables a ser usados y se tiene los siguientes resultados.

Tabla. 4.9. Calibre de los cables

NOMBRE DE LA CONEXIÓN	CALIBRE DE CABLE
Líneas de fuerza	8 AWG – Sólido
Neutro	8 AWG – Sólido
Conexión 110 V.	16 AWG – Flexible
Señal de Variadores de Veloc	18 AWG – Flexible
Cable para los Actuadores	18 AWG – Flexible

Fuente: Elaborado por el Autor

4.1.4. Cálculo de *breakers* de protección

Con el fin de seleccionar los Disyuntores (*breakers*) indicados en la construcción del proyecto se debe calcular la corriente de protección: $IP = 1.25 \times I. \text{ NOMINAL}$ y se selecciona el adecuada con respecto a la existencia comercial inmediata superior. En el tablero de control de la línea de producción de papas fritas existen dos de estos componentes.

El primero trabaja con los contactores los cuales entregan conjuntamente una potencia de 1056w y el segundo con demás elementos electrónicos como el *PLC* con consumo de 165w. (Valdivieso, 2018).

En la Figura 4.18. Se identifica cada uno de los *breakers*.

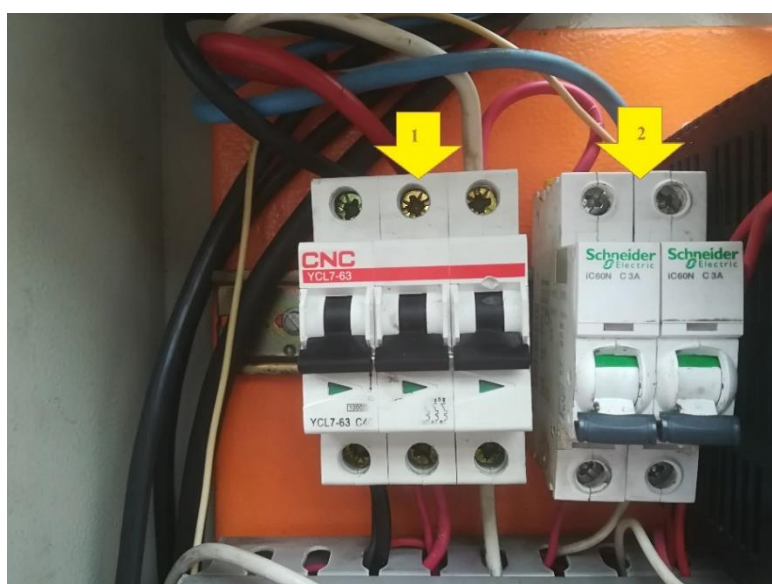


Figura. 4.27. Breakers utilizados

Fuente: Elaborado por el autor

- **Cálculos *breaker* 1**

Datos:

$P = 930 \text{ W}$

$V = 220 \text{ V}$

$IP = 1.25 \times I \text{ NOMINAL}$

$IP = 1.25 \times (930 \text{ W} / 220 \text{ V})$

$$IP = 5.28 \text{ A}$$

De acuerdo con el resultado y la existencia comercial, el *breaker* a elegir debe ser 6A.

- **Cálculos *breaker* 2**

$$P = 145 \text{ W}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$IP = 1.25 \times I \text{ NOMINAL}$$

$$IP = 1.25 \times (145 \text{ W} / 220 \text{ V})$$

$$IP = 1.64 \text{ A}$$

De acuerdo con el resultado y la existencia comercial, el *breaker* a elegir debe ser 2A.

4.1.5. Dimensionamiento de relés

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como si fuera un interruptor que se puede controlar a voluntad nuestra, está formado por una bobina y un electroimán que acciona uno o varios juegos de contactos, es decir controla los circuitos de maniobra mediante contactos abiertos y cerrados.

Al tener que controlar un solo contacto, mediante los cálculos de corriente y potencia anteriores y tomando en cuenta que las salidas de PLC son de 24V, se elige el relé de 8 pines Camsco MK2P-I.



Figura. 4.28. Relé Camsco

Fuente: Elaborado por el autor

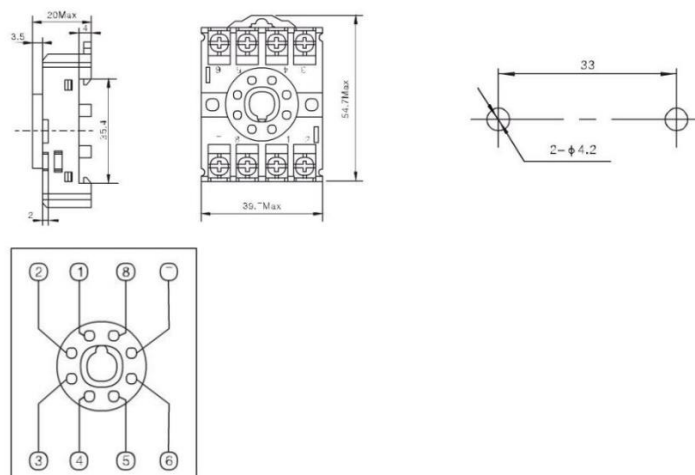


Figura. 4.29. Diagrama de conexiones de la base de relé

Fuente: (Adajusa, s.f.)

4.1.6. Dimensionamiento de contactores

Para dimensionar un contactor se necesita de dos factores; la potencia y el tipo de carga que se va utilizar o la aplicación.

Como se utiliza para controlar los motores asíncronos antes mencionados y de acuerdo a la potencia ya calculada se elije el contactor LS MC-9B METASOL 3 polos, 9 Amperios de las siguiente características:

- Contacto principal de 3 polos (NO)
- Diseño a prueba de dedos.
- Carril DIN o tornillo de montaje
- Control AC o DC en diferentes tamaños físicos.
- Accesorios de montaje frontal / lateral disponibles.
- Relé de sobrecarga de montaje directo disponible Clasificación
- Contacto auxiliar 1NO y 1NC integrado de serie.

La estructura sellada ha mejorado sus características de seguridad para que no se exponga el arco eléctrico. Para resaltar su durabilidad como dispositivo industrial, la serie

Metasol LS MC adopta una forma de diseño simple y una forma sofisticada que aplica conceptos de corte de diamante en la superficie del producto. (Kent Industries inc., 2018)



Figura. 4.30. Contactor LS

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.7. Cálculo de relé de sobrecarga

Dimensionamos el relé de sobrecarga con los datos ya calculados anteriormente,

$$P= 930 \text{ W}$$

$$V= 220\text{V}$$

$$IP = 1.25 \times I \text{ NOMINAL}$$

$$IP = 1.25 \times (930\text{W}/220\text{V})$$

$$IP= 5.28 \text{ A}$$



Figura. 4.31. Relé de sobrecarga LS

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.8. Dimensionamiento de Variadores de velocidad



Figura. 4.32. Tablero de variadores de velocidad

Fuente: Elaborado por el autor

Se utiliza un variador de frecuencia Ig5A para la banda transportadora que direcciona las papas fritas cortadas hacia el aceite. Su diagrama de conexiones es:

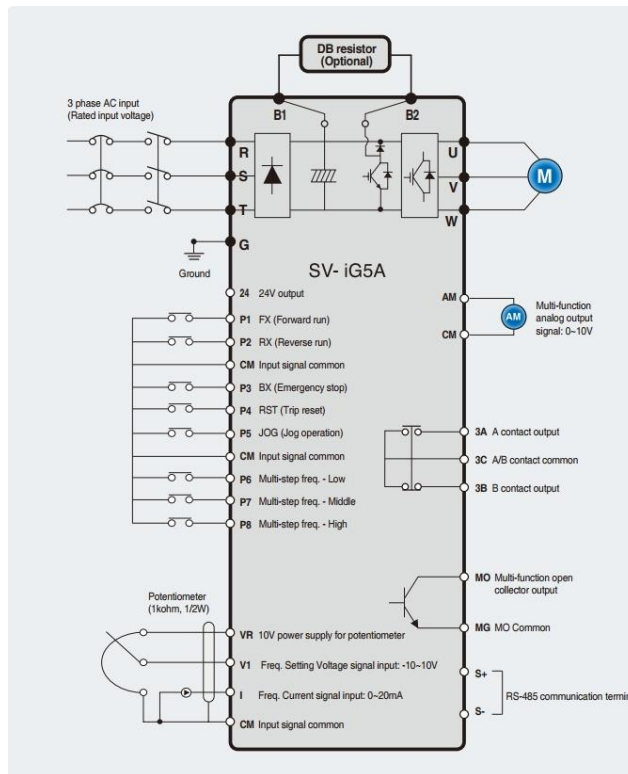


Figura. 4.33. Conexiones variador Ig5A

Fuente: Elaborado por el autor

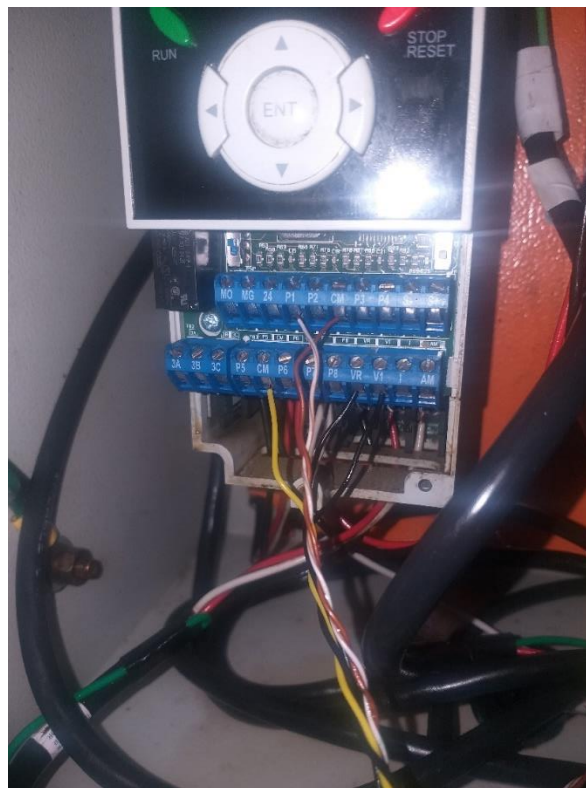


Figura. 4.34. Variador Ig5A

Fuente: Elaborado por el autor

Se utiliza un variador de velocidad Siemens V20 para controlar la banda de transporte vertical.

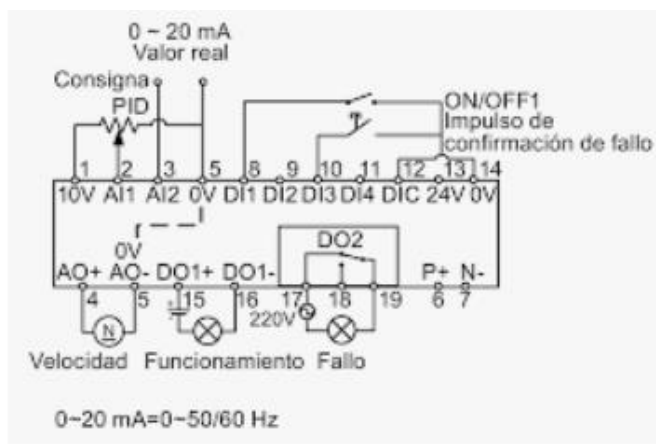


Figura. 4.35. Conexión variador Siemens

Fuente: Elaborado por el autor

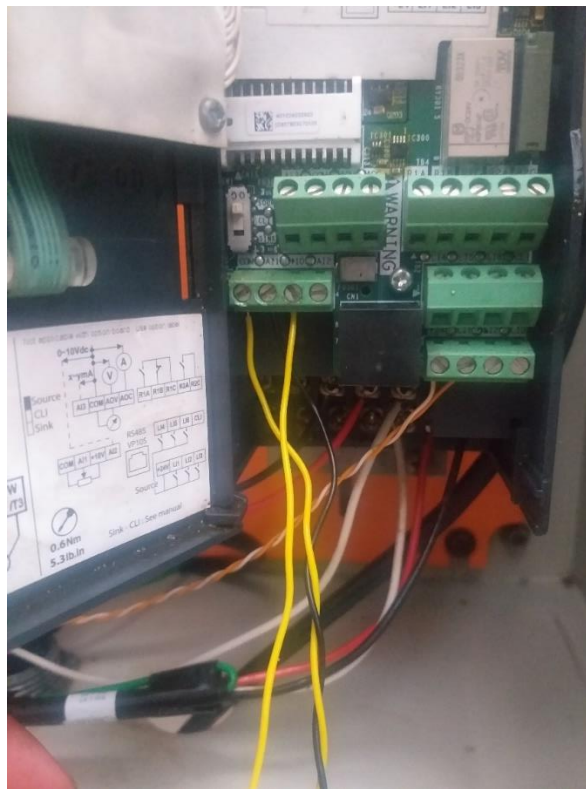


Figura. 4.36. Variador Siemens

Fuente: Elaborado por el autor

Se utiliza un variador Schneider para la banda que desplaza las papas fritas desde el área de fritura a la de saborizado.

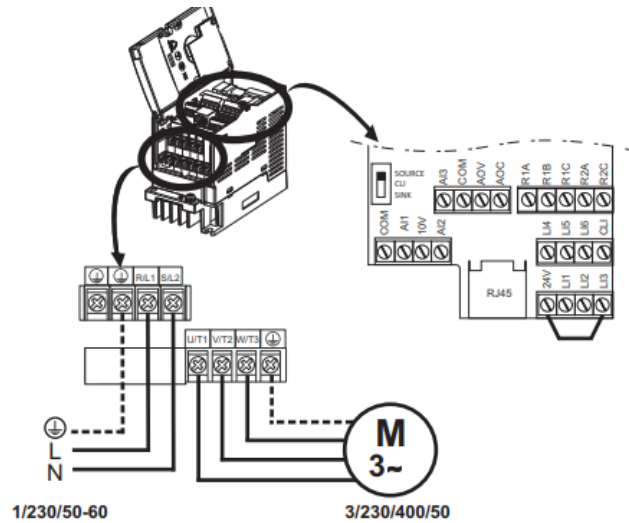


Figura. 4.37. Conexiones Variador Schneider

Fuente: Elaborado por el autor

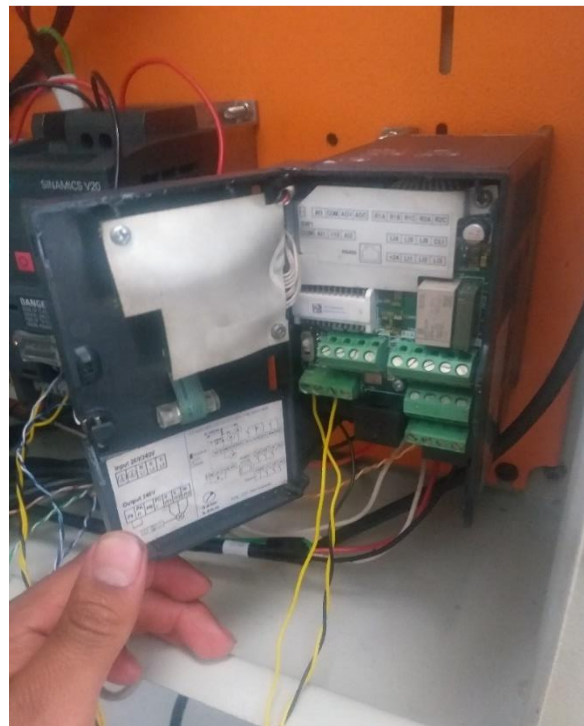


Figura. 4.38. Variador Schneider

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.9. Diagrama eléctrico del circuito de control

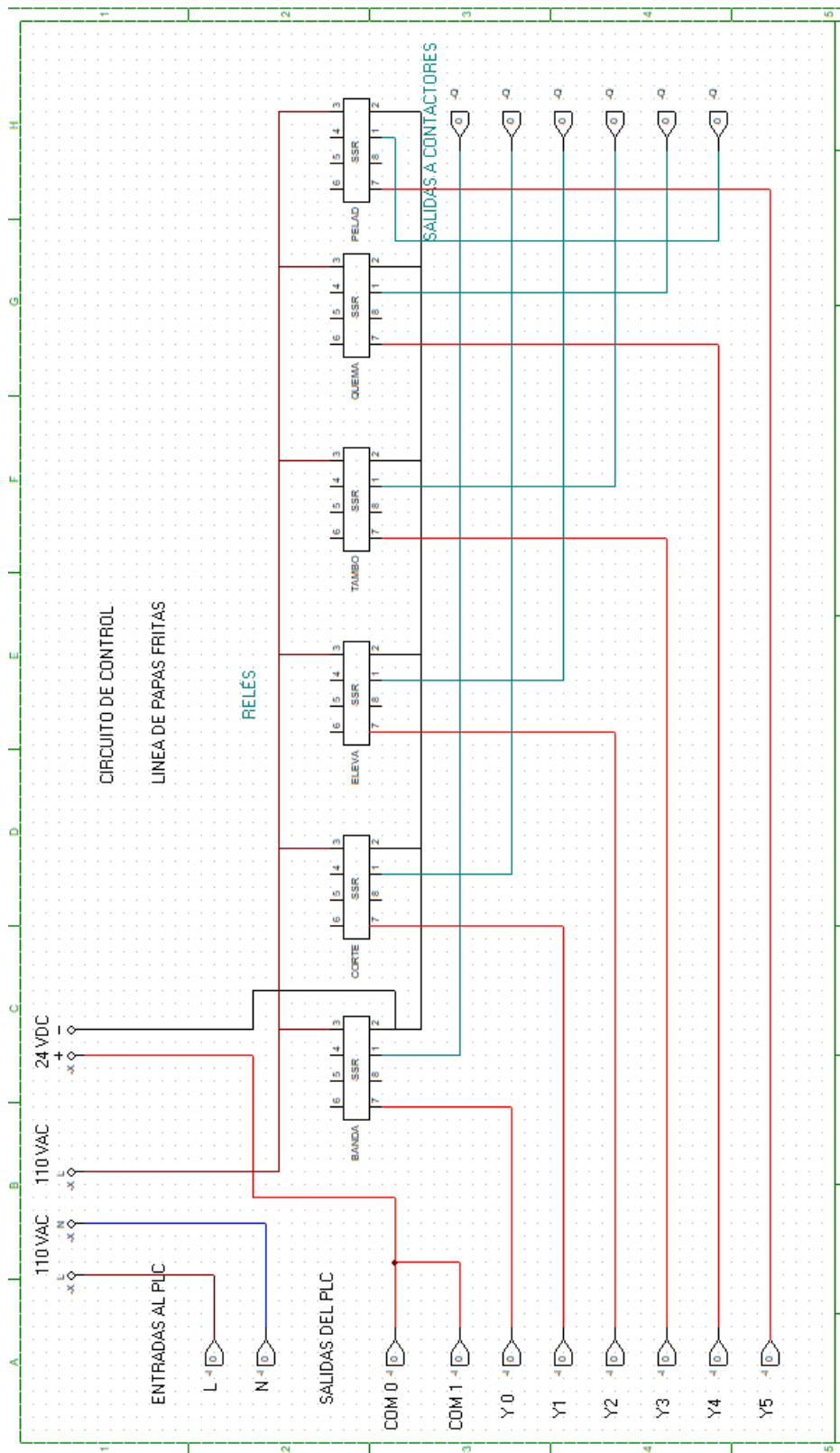


Figura. 4.39. Circuito de control

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.10. Diagrama eléctrico del circuito de potencia

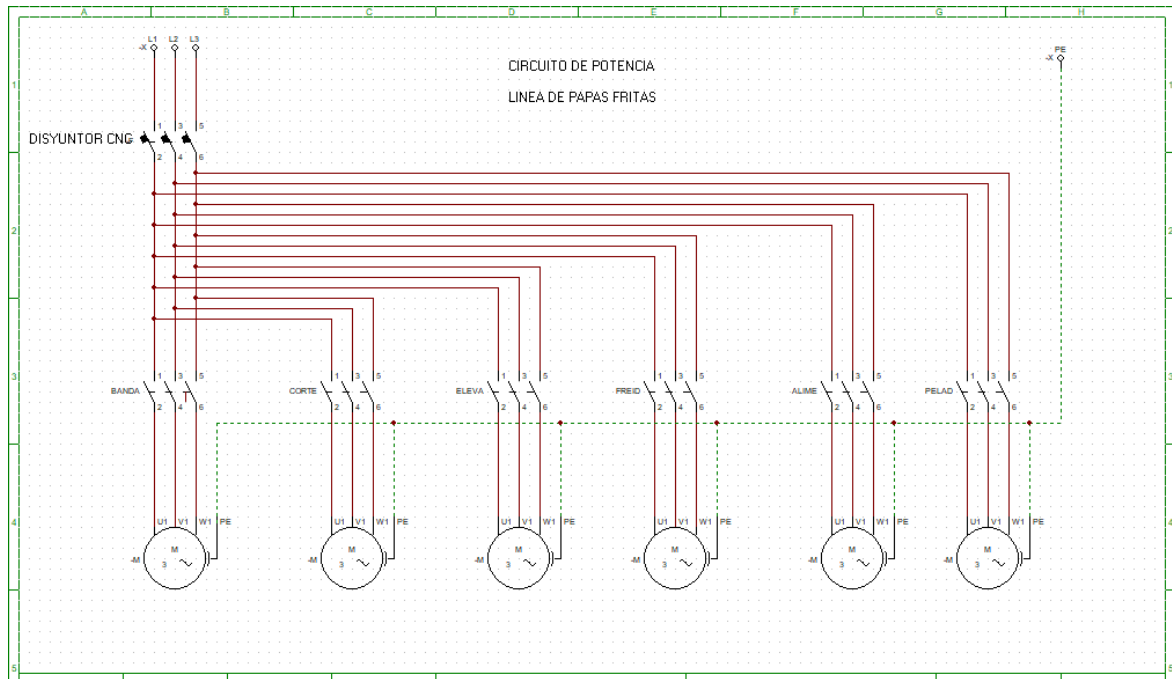


Figura. 4.40. Circuito de potencia

Fuente: Elaborado por el autor

4.2 Implementación

4.2.1. Montaje y dimensionamiento de los elementos

A continuación, se puede observar los detalles del montaje e instalación de los elementos en el tablero de control.



Figura. 4.41. Dimensionamiento de relés y contactores

Fuente: Elaborado por el Autor

Para la construcción del tablero de control se dispuso de una caja metálica, que se contiene los siguientes componentes: un *PLC XINJE XC3*, la interfaz *HMI TouchWin OP320*, una fuente de Alimentación de 24V y un grupo de acondicionamiento electrónico que consiste en: relés, *breakers* y selectores. Para una mejor comprensión se definen en la Figura 4.33.

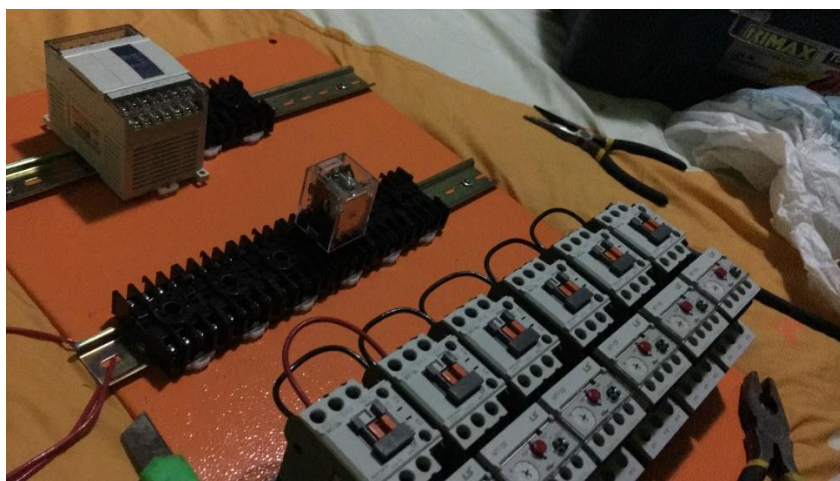


Figura. 4.42. Montaje de elementos electrónicos

Fuente: Elaborado por el Autor

Con respecto a la implementación y dimensionamiento de los elementos en el tablero, el montaje de estos fue en la parte interna y externa del tablero.



Figura. 4.43. Dimensionamiento de elementos para el interior del tablero

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura. 4.44. Montaje de Interfaz HMI en el exterior del tablero

Fuente: Elaborado por el autor

Se debe verificar que exista un espacio prudencial entre cada uno de estos dispositivos que permitan el paso ordenado de los cables de conexión, según lo mostrado en las Figura 4.36.



Figura. 4.45. Conexiones cableadas ordenadas

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.2. Programación de Controlador Lógico Programable



Figura. 4.46. Conexión del PLC mediante interfaz RS-232

Fuente: Elaborado por el autor

Para desarrollar la programación se toma en cuenta diagramas de flujo con el fin de adquirir un mejor entendimiento de los mecanismos a procesar, adicionalmente los códigos de programación creados con este *software* se detallan en el ANEXO A.

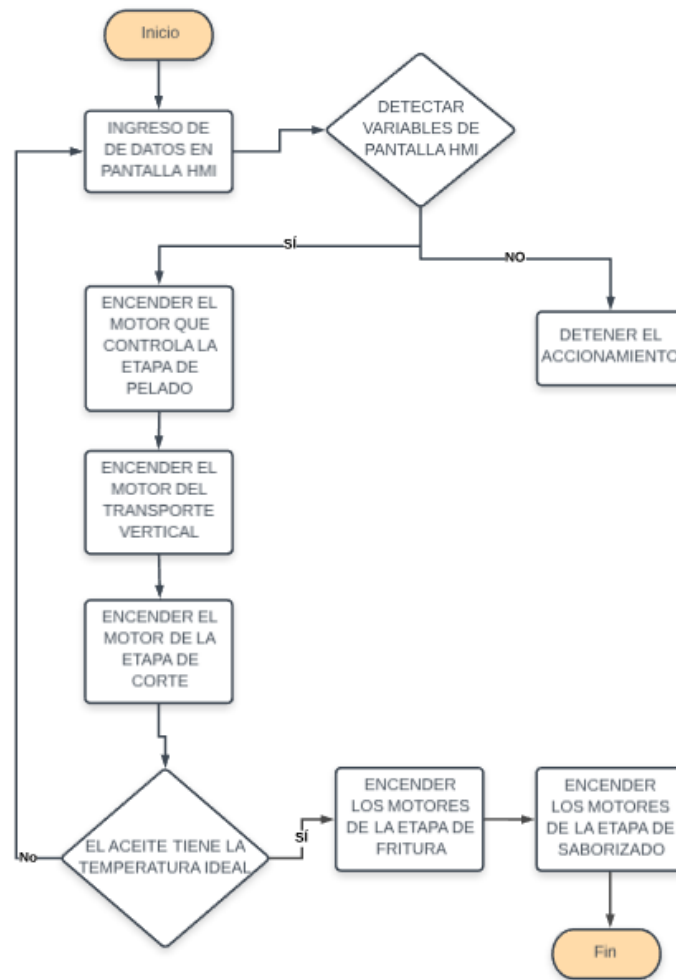


Figura. 4.47. Diagrama de flujo de la programación del PLC

Fuente: Elaborado por el autor

4.2.3. Programación de la Interfaz *HMI*



Figura. 4.48. Vista frontal de la interfaz *HMI*

Fuente: Elaborado por el autor

Para desarrollar la programación de la interfaz *HMI*, se toma en cuenta el desarrollo de un diagrama de flujo con el fin de adquirir un mejor entendimiento de los mecanismos a procesar, adicionalmente los códigos creados con este *software* se encuentran detallados en el ANEXO B. A continuación, en la Figura 4.40 se aprecia un diagrama de flujo de la programación de la interfaz *HMI*. El programa presenta varias pantallas en donde se requiere configurar varios procesos y características con las que cuenta el sistema. Se inicia al asignar los puntos de funcionamiento de cada motor y se da paso a la activación de variadores de velocidad, una vez hecho esto se da paso a la configuración de varios temporizadores necesarios para el adecuado funcionamiento del proceso, enseguida se encuentran las pantallas que tienen como finalidad la calibración de las etapas. (Valdivieso, 2018)

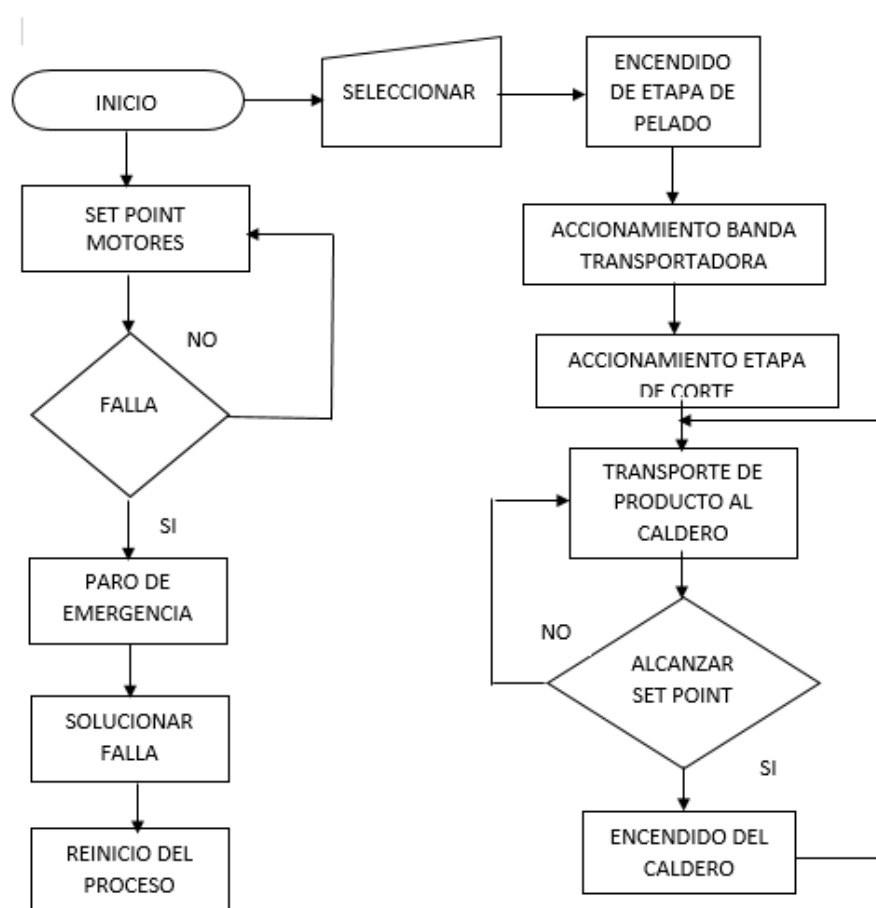


Figura. 4.49. Diagrama de flujo de la programación de la interfaz *HMI*

Fuente: Elaborado por el autor

4.3. Pruebas de funcionamiento

Una vez terminada la implementación en la planta de la Empresa *Cofica*, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema que controla a los motores y sus variadores de velocidad, como el del control realizado por el operario vía *HMI*, incluso se solicitó al operario cometer errores para observar la respuesta que se obtiene del sistema de automatización, las mismas que fueron exitosas.



Figura. 4.50. Vista frontal de los tableros

Fuente: Elaborado por el autor

Cuando se logró instalar el controlador lógico programable *Xinje XC3*, se procedió a realizar las pruebas simuladas en el computador para el ingreso y calibración de los tiempos que debe trabajar cada elemento de una etapa. Como se puede revisar en la tabla 4.10, se revisó la conexión al circuito de control y a su respectivo tablero, y todas las pruebas fueron exitosas.

Tabla. 4.10. Pruebas realizadas al sistema

Sistema – Proceso	¿Quién realiza el control?	Conforme	No conforme
Tablero de Potencia y Control	Jefe técnico de la empresa	✓	

Interfaz con el Usuario – <i>HMI</i>	Operario	✓
Control de las posiciones de paro del motor	Jefe técnico de la empresa	✓
Botón de paro y control automático del proceso	Jefe técnico de la empresa	✓

Fuente: Elaborado por el autor

4.4 Análisis de resultados

El análisis de resultados se basa específicamente en que la Empresa *Cofica Export* no contaba con un sistema de control basado en un controlador *Xinje XC3*, con una interfaz *HMI* basada en este tipo de tecnología, lo que nos brinda la oportunidad de tener un control más detallado y permite al operario optimizar sus procesos.

Para analizar los resultados obtenidos después de haber instalado el sistema de automatización se realizó una encuesta valorada de 0 (no ha mejorado) hasta 5 (ha mejorado en un 100%), con las siguientes variables: comunicación, tamaño, seguridad, ahorro de mano de obra, modificaciones en tiempo futuro, disminución de riesgos, calidad, eficiencia, normas internacionales, fácil integración, optimización de procesos, flexibilidad, fiabilidad, innovación.

Durante la instalación del sistema se pudo observar la necesidad de implementar un sistema automatizado, una vez terminada la instalación entramos en la etapa de pruebas realizadas por varios días seguidos capacitando tanto a los operarios para familiarizarse con el sistema implementado, al finalizar se evaluó los resultados obtenidos en la parte del manejo de los tiempos debido a que en muchos procesos de producción de papas fritas el manejo del tiempo es la parte más importante en el proceso, después de valorar el sistema implementado se obtienen resultados excelentes en la evaluación de los operarios y el gerente general; que valoran el sistema en una escala de 1 al 5 y el antes y después, los resultados obtenidos se muestran en la figura 4.42.

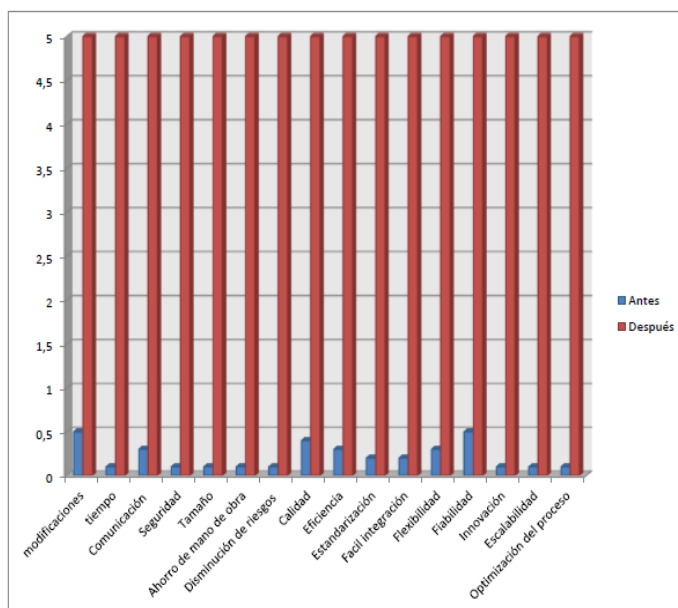


Figura 4.51. Resultados obtenidos

Fuente: Elaborado por el autor

4.4.1. Análisis de consumo energético

Al implementar un sistema de control automático en la línea de producción de papas fritas se obtiene los siguientes resultados:

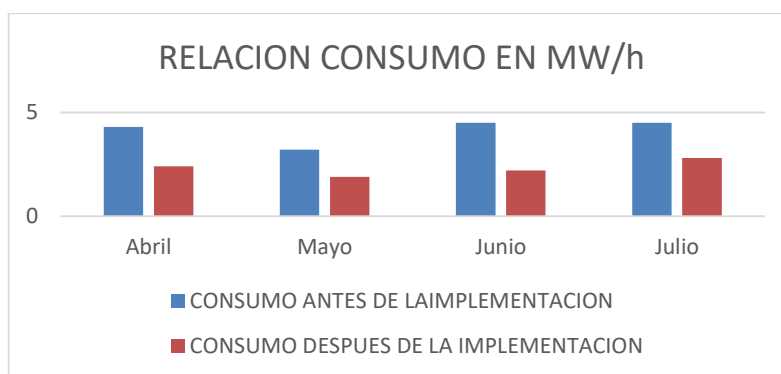


Figura. 4.52. Resultados obtenidos

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 4.43. se realiza una comparación de los consumos energéticos en el año 2017 y 2018 antes y después de implementado el sistema de control, obteniendo resultados favorables de consumo energético, lo que favorece a un ahorro y cuidado del medio ambiente.

CONCLUSIONES

- Al implementar variadores de velocidad se obtiene un control preciso de los motores asegurando que el tiempo de producción sea el adecuado.
- Mediante el control del accionamiento de dos motores trifásicos por variadores de frecuencia en la etapa de fritura, se logra que el producto tenga un freído óptimo garantizando la calidad del producto.
- Se consiguió manejar de forma exitosa, los distintos elementos que forman este sistema de automatización tanto en la parte de potencia como en la parte de control, gracias a los conocimientos recibidos en la Universidad y complementados en las prácticas profesionales.
- Se integra los variadores de velocidad a un sistema controlado por microprocesador (*PLC*) asegurando que el proceso sea automático y fácil de controlar.
- Se concluye que gracias a las prestaciones de los equipos el acoplamiento del sistema se lo realiza de forma exitosa utilizando las bases de comunicación de cada protocolo, además se logra el posicionamiento del motor con el circuito de potencia y mediante el controlador se obtiene la flexibilidad para la programación de tiempos de acuerdo a cada etapa requerida. Adicional se requiere de bases teóricas para el armado del tablero de forma que cumpla con todas las normativas industriales actuales.
- Mediante el desarrollo de la programación para la interfaz *HMI*, se logra que los usuarios puedan controlar el sistema de una manera más intuitiva y fácil de operar.
- Se plantea como último objetivo específico realizar las pruebas de validación y funcionamiento. Con lo cual se logra detectar tanto las fallas del dimensionamiento como de las necesidades de los operarios, corrigiéndolos e interpretando los resultados obtenidos del sistema de control, todos satisfechos por parte de la fábrica *Cofica Export*. Además, se realiza con éxito la capacitación al personal operario como al de supervisión

de los distintos procesos; en el uso y manejo del presente sistema de automatización, así como el uso correcto de un pequeño manual de mantenimiento de los elementos como de las conexiones que conforman el presente sistema de automatización *HMI*.

- Finalmente se realiza una comparación de los consumos energéticos en el año 2017 y 2018 antes y después de implementado el sistema de control, obteniendo resultados favorables de consumo energético, lo que favorece a un ahorro y cuidado del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Conforme a las pruebas de funcionamiento se recomienda la utilización de la máquina exclusivamente en el proceso de producción de papas fritas, ya que si se desea utilizarla con otro tipo de producto puede sufrir averías.
- Es importante que el operador realice una lectura de los manuales técnicos y de usuario previo a la puesta en marcha de la maquina con el fin de realizar una operación adecuada del sistema y evitar eventos que pongan en riesgo su seguridad.
- Se debe realizar el vaciado completo del producto después de utilizarla nuevamente con el fin de evitar que residuos de procesos anteriores afecten el nuevo proceso.
- Al momento de operar la interfaz *HMI*, tener en cuenta que no se puede activar dos procesos al mismo tiempo, incluso como norma de seguridad, existen procesos que necesitan que el operario pulse el botón “Reactivar” lo que nos permite tener un buen control del mismo.
- La revisión periódica de los distintos procesos que se pueden automatizar, para crear más fuentes de trabajo, así como personal mejor preparado en el uso y mantenimiento de este tipo de sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.P.Montanero, A. P. (08 de Junio de 2005). *Introducción a los Autómatas Programables (PLC)*. Recuperado el 12 de Febrero de 2019, de <http://www.profesormolina.com.ar>:
<http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/introd.htm>
- Adajusa. (s.f.). Obtenido de <https://adajusa.es/interruptores-y-programadores-horarios-temporizadores/base-octal.html>
- Álvarez, P. M. (2003). Controladores lógicos. Marcombo. Recuperado el 10 de Febrero de 2019
- Araya, D. (28 de Julio de 2014). *Protectores de circuitos*. Recuperado el 08 de Febrero de 2019, de <https://prezi.com>: https://prezi.com/hpa_4stp-xjb/protectores-de-circuitos/Automatización. (Diciembre de 2001). Recuperado el 12 de Febrero de 2019, de <http://www.sc.ehu.es>:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- Bitacora ICI Equipo HMI. (2017). Obtenido de <http://ici-equipohmi.blogspot.com/p/que-es-hmi.html>
- Camarena, J. D. (22 de 07 de 2017). *Presentacion de Tecnologia de Punta*. Recuperado el 05 de Febrero de 2019, de <https://www.slideshare.net/LidiaTejada1/presentacion-tecnologia-de-punta>: <https://es.slideshare.net/LidiaTejada1/presentacion-tecnologia-de-punta>
- Castillo, J. C. (2001). *REEA*. Recuperado el 08 de Febrero de 2019, de <http://olmo.pntic.mec.es>: <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto2.htm>
- Control y optimización de sistemas*. (08 de Febrero de 2019). Obtenido de <http://www.wonderware.es>: <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>

- Controladores Logicos Programables.* (s.f.). Obtenido de <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>
- Cowie, C. J. (2001). *Adjustable Frequency Drive Application Training*. Recuperado el 10 de Febrero de 2019
- Daneri, P. A. (2008). *PLC: AUTOMATIZACION Y CONTROL INDUSTRIAL*. Hispano Americana HASA. Recuperado el 10 de Febrero de 2019
- Disyuntor.* (2009). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Disyuntor>
- Electronicaplicada.* (2015). Obtenido de <https://www.electricaplicada.com/diferencia-entre-breaker-o-interruptores-mcb-mccb-elcb-rccb-y-sus-caracteristicas/>
- Escalona Hernández, M. K., & Morillo Pozo, J. G. (2017). Teoría Clásica de Control Automático y Aplicaciones en Ingeniería. En M. K. Escalona Hernández, & J. G. Morillo Pozo, *Teoría Clásica de Control Automático y Aplicaciones en Ingeniería* (págs. 28-57). Quito: Editorial Jurídica del Ecuador.
- García, J. M. (2017). *Capítulo 2. Sistemas de Control*. Recuperado el 22 de Enero de 2019, de <https://upcommons.upc.edu:https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Gilani, N. (2018). *Tipos de software PLC*. Obtenido de https://techlandia.com:https://techlandia.com/tipos-software-plc-lista_88042/
- Hurtado, J. (2010). *Guia para la comprension Holistica de la ciencia*. Caracas: Fundación Sypa. Recuperado el 28 de Enero de 2019
- Iguren.* (s.f.). Obtenido de <https://iguren.es/blog/como-funciona-un-variador-de-frecuencia/>
- Introducción HMI.* (2014). Obtenido de http://www.academia.edu/18172455/1-HMI_Introduccion-HMI
- Kent Industries inc.* (2018). Obtenido de <https://kentstore.com/mc-9b-ac120/>

Lees Electronic. (2016). Obtenido de <https://leeselectronic.com/en/product/31741.html>

Lopez, D., Zamorano, F., Lopez, A., & Martinez, E. (2016). *Elementos de proteccion* .

Obtenido de <http://www.ieslosalbares.es:>
http://www.ieslosalbares.es/tecnologia/Electricidad%20II/elementos_de_proteccion.html

Martínez, P. A. (Junio de 2002). *Programación de PLCs*. Recuperado el 10 de Febrero de 2019, de <http://eprints.uanl.mx>: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>

Montahuano Pacheco, F. P., & Montoya Lara, L. H. (2018). *REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSIDAD ISRAEL*. Obtenido de REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSIDAD ISRAEL: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1620>

Prieto, P. (2007). *Observatorio Tecnológico*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=3>

Rodríguez, M. (2013). *Revista Digital INESEM*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/diferencia-reles-contactoress/>

Sabaca, M. (2006). *Automatismos y cuadros eléctricos*.

TechDesing. (s.f.). Obtenido de <http://techdesign.com.ec/techw/plcs-siemens-s7-1200-xinje-mitsubishi/>

Tecnología. (11 de Abril de 2010). Recuperado el 08 de Febrero de 2019, de <https://www.areatecnologia.com>:
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

Tecnología Industrial I. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnoindus1/sistemas-de-control>

Valdivieso, A. (11 de Noviembre de 2018). *Diseño de un sistema automático de pesaje de snacks para la empresa SOINTEC*. Recuperado el 04 de Febrero de 2019, de

<http://157.100.241.244:> <http://157.100.241.244/bitstream/47000/1627/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-043.pdf>

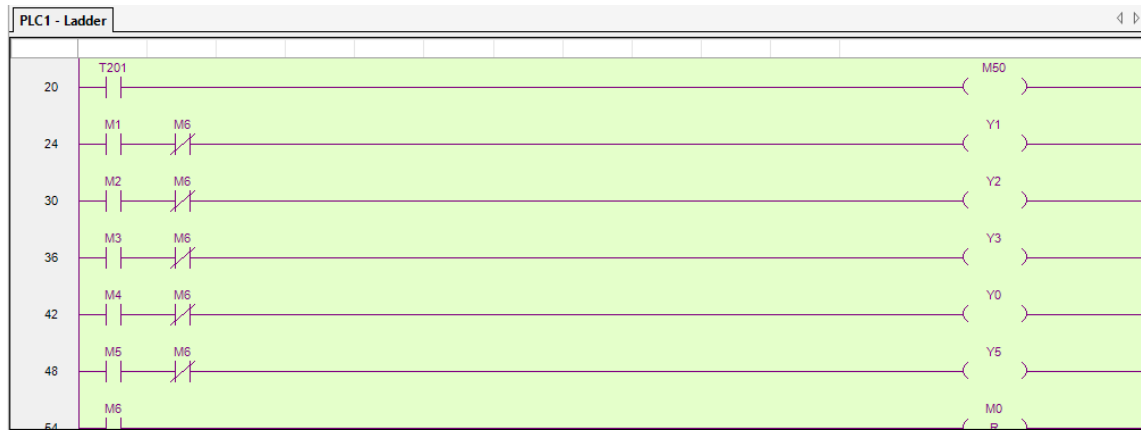
Vector Motor Control. (2017). Obtenido de <https://www.vmc.es/es/convertidor-de-frecuencia-ig5a>

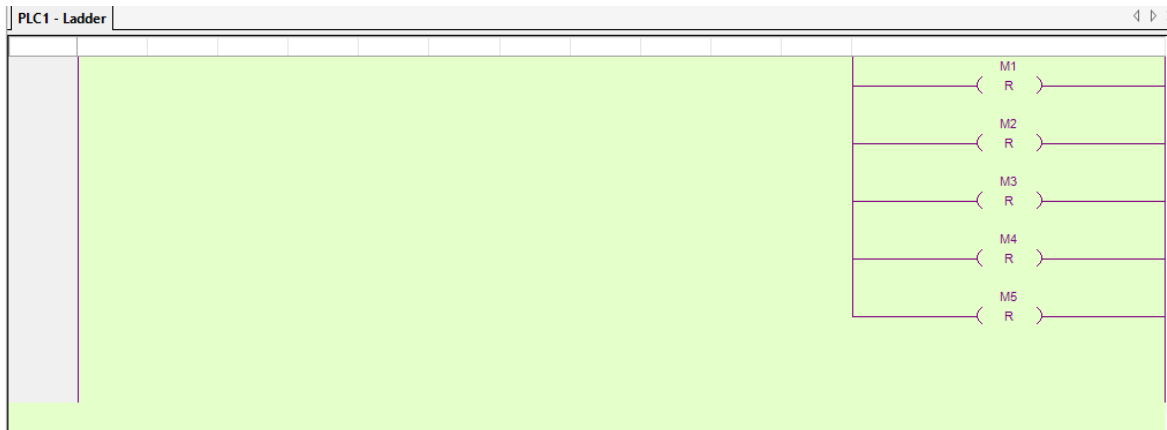
Wang, P. L. (20 de Septiembre de 2018). *INDERSCIENCE*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de <https://www.inderscience.com:>
<https://www.inderscience.com/jhome.php?jcode=ijaac>

ANEXOS

ANEXO A ETAPAS DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE DESARROLLADAS EN EL *SOFTWARE XCP PRO*

Programación en código *ladder*





Lista de instrucciones

PLC1 - Instruction List

0	LD	M0	
2	ANI	M6	
4	ANI	T200	
6	OUT	Y4	
8	LD	M0	
10	ANI	M50	
12	TMR	T200	D5
15	LD	T200	
17	TMR	T201	D6
20	LD	T201	
22	OUT	M50	
24	LD	M1	
26	ANI	M6	
28	OUT	Y1	
30	LD	M2	
32	ANI	M6	
34	OUT	Y2	
36	LD	M3	
38	ANI	M6	
40	OUT	Y3	
42	LD	M4	
44	ANI	M6	
46	OUT	Y0	

PLC1 - Instruction List

24	LD	M1	
26	ANI	M6	
28	OUT	Y1	
30	LD	M2	
32	ANI	M6	
34	OUT	Y2	
36	LD	M3	
38	ANI	M6	
40	OUT	Y3	
42	LD	M4	
44	ANI	M6	
46	OUT	Y0	
48	LD	M5	
50	ANI	M6	
52	OUT	Y5	
54	LD	M6	
56	RST	M0	
58	RST	M1	
60	RST	M2	
62	RST	M3	
64	RST	M4	
66	RST	M5	

ANEXO B DESARROLLO DE PANTALLAS EN *SOFTWARE PARA HMI OP20* *EDIT TOOL*

