

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA PROCESADORA DE LADRILLO, IMPLEMENTADO CON UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA-RSVIEW32 DE ALLEN BRADLEY, PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA EPIME”

PRESENTADA POR:

PEDRO YULIAN PUMA ROQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Puno - Perú

2017

Universidad Nacional del Altiplano

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA PROCESADORA DE
LADRILLO, IMPLEMENTADO CON UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA-RSVIEW32
DE ALLEN BRADLEY, PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA
EPIME”

TESIS PRESENTADA POR:

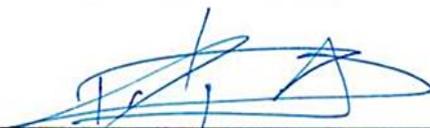
PEDRO YULIAN PUMA ROQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:



Mg. OLGER ALEJANDRINO ORTEGA ACHATA

PRIMER MIEMBRO

:



Ing. LEONEL MARINO CASTILLO ENRÍQUEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



Ing. PLINIO EDWIN ARO CHINO

DIRECTOR DE TESIS

:



M.Sc. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

ÁREA: Control y Automatización.

TEMA: Automatización.

Puno - Perú

2017

AGRADECIMIENTO

Un reconocimiento especial todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por contribuir en mi formación profesional, forjando los cimientos para emprender el camino que me conlleva hacia el éxito personal y profesional, en este maravilloso mundo de la ciencia y tecnología, de manera particular en la electricidad, por ser mi mayor pasión que permite el desarrollo y progreso de la industria y la sociedad en común, gracias por brindarme su apoyo y consejos.

A la institución técnico superior TECSUP, y a los docentes quienes contribuyeron con ampliar mis conocimientos en el área de instrumentación, automatización y control de procesos, por absolver mis dudas y hacer uso de sus laboratorios logrando el desarrollo teórico y práctico del área.

A la institución técnico superior SENATI-AREQUIPA en donde puede plasmar los conocimientos adquiridos durante mi formación académica y aplicarlos en un ambiente totalmente practico y a partir de ello abocarlo a la industria y construcción en el ámbito laboral.

Reiteradamente muchas gracias.

DEDICATORIA

A DIOS quien a diario nos da la dicha de compartir su gracia y por darnos la vida, a mi Mamita querida que siempre está conmigo para brindarme su apoyo a cambio de nada y entregarlo todo por nosotros sus hijos, que sin su ayuda hubiera sido difícil poder lograr cumplir mis objetivos.

A mi familia y amigos, que de un modo u otro me ayudaron y supieron brindarme su apoyo, a todos ellos y a los demás, dedico este trabajo que es parte de mi esfuerzo y fruto de años de experiencia y preparación en la Universidad Nacional del Altiplano, de la cual siempre me sentiré orgulloso de ser parte.

Pedro Yulian Puma Roque

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| CAPÍTULO I | 18 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: | 19 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:..... | 21 |
| 1.2.1. Problema general..... | 21 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 21 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 21 |
| 1.3.1. Justificación técnica | 21 |
| 1.3.2. Justificación académica | 22 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 22 |
| 1.4.1. Objetivo general | 22 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 22 |
| CAPÍTULO II | 24 |
| II. MARCO TEÓRICO | 25 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.2. SUSTENTO TEÓRICO | 26 |
| 2.3. SENSORES | 27 |
| 2.3.1. Clasificación | 27 |
| 2.3.2. Aspectos generales de los sensores..... | 29 |
| 2.3.3. Sensores de proximidad inductivos..... | 31 |
| 2.3.4. Sensores de proximidad Capacitivo..... | 33 |
| 2.3.5. Sensores Fotoeléctricos..... | 34 |
| 2.4. ACTUADORES. | 39 |
| 2.4.1. Relevador..... | 39 |
| 2.4.2. Motor DC de Imán Permanente. | 40 |
| 2.5. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES. | 41 |
| 2.5.1. Estructura de los PLC | 43 |
| 2.5.2. Arquitectura de Automatización Rockwell Automation | 45 |
| 2.6. PROGRAMACIÓN DE PLC | 46 |
| 2.6.1. Bloque de Funciones | 47 |
| 2.6.2. Lista de Instrucciones..... | 47 |
| 2.6.3. Diagrama Secuencial. (SFC)..... | 48 |
| 2.6.4. Texto Estructurado (ST)..... | 48 |
| 2.6.5. Lenguaje Ladder. | 49 |
| 2.6.6. Instrucciones Básicas de Programación de PLC. | 50 |
| 2.6.7. Tipos de Archivos de Datos | 51 |

| | |
|--|----|
| 2.6.8. Direccionamiento lógico de datos. | 52 |
| 2.6.9. Direccionamiento de entradas y salidas lógicas..... | 52 |
| 2.7. SISTEMA SCADA. | 53 |
| 2.7.1. Niveles de control..... | 54 |
| 2.7.2. Arquitectura de un Sistema SCADA..... | 56 |
| 2.7.3. Hardware..... | 57 |
| 2.7.4. Software..... | 60 |
| 2.8. SISTEMAS DE CONTROL..... | 63 |
| 2.8.1. Tipos de control, atendiendo al circuito implementado. | 64 |
| 2.8.2. Estructura de un sistema de control..... | 65 |
| 2.9. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA DE CONTROL. | 66 |
| 2.9.1. Variables de un Sistema de Control..... | 67 |
| 2.10. FABRICACIÓN DE LADRILLOS | 68 |
| 2.10.1. Selección y preparación de la mezcla. | 68 |
| 2.10.2. Moldeado | 69 |
| 2.10.3. Secado..... | 69 |
| 2.10.4. Cocción. | 70 |
| 2.11. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 71 |
| 2.12. HIPÓTESIS Y VARIABLES..... | 73 |
| 2.12.1. Hipótesis General..... | 73 |
| 2.12.2. Hipótesis Específicas. | 74 |

| | |
|---|-----------|
| 2.12.3. Sistema de Variables. | 74 |
| CAPÍTULO III | 75 |
| III. DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN | 76 |
| 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:..... | 76 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN | 77 |
| 3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE la POBLACIÓN | 77 |
| 3.4. Instrumentación..... | 78 |
| 3.4.1. Software | 78 |
| 3.4.2. Hardware..... | 79 |
| CAPÍTULO IV | 80 |
| IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 81 |
| 4.1. DESCRIPCIÓN DE MECANISMOS:..... | 81 |
| 4.1.1. Sistema de tolvas para la alimentación de arcilla..... | 81 |
| 4.1.2. Fajas Transportadoras | 82 |
| 4.2. DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPO ELECTRÓNICO. ... | 87 |
| 4.2.1. Cámara de Temperatura | 87 |
| 4.2.2. Sensores Fotoeléctricos tipo Barrera (ON-OFF) | 91 |
| 4.2.3. Fuente de Alimentación..... | 93 |
| 4.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MICROLOGIX 1500. | 95 |
| 4.3.1. Elementos Principales del Micrologix 1500 AB | 95 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.2. Bloque de Terminales de Entradas y Salidas (Incorporadas): | 96 |
| 4.4. ELABORACIÓN DEL SOFTWARE | 98 |
| 4.4.1. Software de comunicación RS Linx classic. | 98 |
| 4.4.2. Software de programación RS Logix-500..... | 99 |
| 4.4.3. Software para el SCADA RS View-32..... | 101 |
| CONCLUSIONES | 108 |
| RECOMENDACIONES | 109 |
| BIBLIOGRAFÍA | 110 |
| ANEXOS | 112 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: HISTÉRESIS DE UN SENSOR DE PRESENCIA | 29 |
| FIGURA 2: GRADO DE REPETIBILIDAD DE UN SENSOR DE PRESENCIA..... | 30 |
| FIGURA 3: FRECUENCIA DE CONMUTACIÓN DE UN SENSOR DE PROXIMIDAD. | 30 |
| FIGURA 4: ESQUEMA DE UN SENSOR INDUCTIVO..... | 32 |
| FIGURA 5: CAMPO ONDULATORIO DE UN SENSOR INDUCTIVO | 32 |
| FIGURA 6: COMPOSICIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN SENSOR CAPACITIVO..... | 33 |
| FIGURA 7: CAMPO OSCILATORIO DE UN SENSOR CAPACITIVO..... | 34 |
| FIGURA 8: SENSOR FOTOELÉCTRICO DEL TIPO BARRERA..... | 34 |
| FIGURA 9: SENSOR TIPO REFLEX. | 36 |
| FIGURA 10: SENSOR ÓPTICO DIFUSO | 37 |
| FIGURA 11: ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN SENSOR DEL TIPO NPN Y PNP..... | 39 |
| FIGURA 12: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO Y FÍSICO DE UN RELEVADOR..... | 40 |
| FIGURA 13: MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA. | 41 |
| FIGURA 14: ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC..... | 42 |
| FIGURA 15: PLC DE ESTRUCTURA COMPACTA. | 43 |
| FIGURA 16: PLC SEMI-COMPACTO CON CAPACIDAD DE EXPANSIÓN. | 44 |
| FIGURA 17: PLC COMPACTO MODULAR..... | 45 |
| FIGURA 18: ARQUITECTURA DE CONTROLADORES ALLEN BRADLEY..... | 46 |
| FIGURA 19: PROGRAMACIÓN EN BLOQUES FUNCIONALES..... | 47 |
| FIGURA 20: PROGRAMACIÓN EN LISTA DE INSTRUCCIONES..... | 48 |
| FIGURA 21: DIAGRAMA SECUENCIAL. | 49 |
| FIGURA 22: LENGUAJE ESCALERA Y SU EQUIVALENTE,..... | 49 |
| FIGURA 23: DIRECCIONAMIENTO DE PROGRAMACIÓN..... | 52 |
| FIGURA 24: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS..... | 53 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 25: CONTROL DE TEMPERATURA SCADA DE ALLEN BRADLEY..... | 54 |
| FIGURA 26: MODELO TEÓRICO CIM SEGÚN NIST. | 55 |
| FIGURA 27: ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN. | 57 |
| FIGURA 28: ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN..... | 58 |
| FIGURA 29: CUARTO DE CONTROL CENTRAL. | 59 |
| FIGURA 30: UNIDADES REMOTAS. | 60 |
| FIGURA 31: EJEMPLO DE UN HMI..... | 61 |
| FIGURA 32: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO..... | 65 |
| FIGURA 33: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO..... | 66 |
| FIGURA 34: ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA DE CONTROL. | 66 |
| FIGURA 35: COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA PARA LA COCCIÓN DE LADRILLO. ... | 71 |
| FIGURA 36: PLC MICROLOGIX 1500 ALLEN BRADLEY..... | 79 |
| FIGURA 37: SISTEMA DE SILOS DE ALIMENTACIÓN DE ARCILLA. | 81 |
| FIGURA 38: DISTRIBUCIÓN DE SENSORES Y MOTORES DC EN SILOS DE ALIMENTACIÓN. | 82 |
| FIGURA 39: ESTRUCTURA BÁSICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA..... | 83 |
| FIGURA 40: SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS. | 83 |
| FIGURA 41: FAJA TRANSPORTADORA FT-1. | 84 |
| FIGURA 42: FAJA TRANSPORTADORA FT-2. | 85 |
| FIGURA 43: TOLVA DE MEZCLADO Y FAJA TRANSPORTADORA FT-3. | 85 |
| FIGURA 44: FAJA TRANSPORTADORA FT-4 CON SU SISTEMA DE TRANSMISIÓN. | 86 |
| FIGURA 45: BRAZO DE ARRASTRE..... | 86 |
| FIGURA 46: ESQUEMA BÁSICO DE LA CÁMARA DE TEMPERATURA. | 88 |
| FIGURA 47: CÁMARA DE TEMPERATURA. | 89 |
| FIGURA 48: SENSOR LM35, FOQUITO 12V, 10W..... | 89 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 49: SISTEMA DE AMPLIFICACIÓN PARA LA SEÑAL DE TEMPERATURA..... | 90 |
| FIGURA 50: DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE LA CÁMARA TÉRMICA..... | 91 |
| FIGURA 51: SENSOR FOTOELÉCTRICO UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA... | 91 |
| FIGURA 52: ESQUEMA DE CONEXIÓN ENTRE EL SENSOR Y EL PLC. | 92 |
| FIGURA 53: PLACA DE AMPLIFICACIÓN PARA LOS SENSORES FOTOELÉCTRICOS..... | 93 |
| FIGURA 54: FUENTE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA..... | 94 |
| FIGURA 55: SISTEMA DE CONEXIÓN DE UNA FUENTE DE PODER. | 94 |
| FIGURA 56: ELEMENTOS DEL PLC MICROLOGIX 1500 AB. | 95 |
| FIGURA 57: ENTRADAS Y SALIDAS INCORPORADAS DEL PLC MICROLOGIX 1500..... | 96 |
| FIGURA 58: CABLEADO DE SALIDAS DISCRETAS..... | 97 |
| FIGURA 59: CABLEADO DE ENTRADAS DISCRETAS. | 97 |
| FIGURA 60: VENTANA PRINCIPAL DEL RS LINX CLASSIC. | 98 |
| FIGURA 61: VENTANA PRINCIPAL DEL RS LOGIX-500..... | 99 |
| FIGURA 62: DIAGRAMA LADDER PARA EL PROTOTIPO DE PLANTA | 100 |
| FIGURA 63: ACCESO AL PROGRAMA RS VIEW-32..... | 101 |
| FIGURA 64: VENTANA DE INICIO DEL PROGRAMA RS VIEW-32. | 101 |
| FIGURA 65: DESCRIPCIÓN DE VENTANA DE TRABAJO Y BARRA DE HERRAMIENTAS DE RS VIEW-32. | 102 |
| FIGURA 66: PANTALLA SCADA, PARA EL PROTOTIPO DE PLANTA..... | 102 |
| FIGURA 67: PANTALLA DE MANDO Y CONTROL PARA LOS MECANISMOS..... | 103 |
| FIGURA 68: PANTALLA DE CONTROL ANALÓGICO PARA LA CÁMARA DE TEMPERATURA. | 104 |
| FIGURA 69: PROTOTIPO DE PLANTA AUTOMATIZADA. | 105 |
| FIGURA 70: PROTOTIPO DE PLANTA | 106 |
| FIGURA 71: TABLERO DE CONTROL Y FUERZA | 107 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA 1: RESUMEN DE LOS SENSORES ELECTRÓNICOS DE ESTADO SOLIDO | 38 |
| TABLA 2: INSTRUCCIONES TIPO BIT..... | 51 |
| TABLA 3: INSTRUCCIONES TIPO CONTADOR Y TEMPORIZADOR..... | 51 |
| TABLA 4: TIPOS DE ARCHIVOS CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES | 52 |
| TABLA 5: SISTEMA DE VARIABLES. | 74 |
| TABLA 6: DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DEL MICROLOGIX 1500. | 96 |
| TABLA 7: DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS..... | 106 |
| TABLA 8: DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS EN TABLERO..... | 107 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1: DISTRIBUCIÓN DE MECANISMOS | 113 |
| ANEXO 2: DISTRIBUCIÓN DE SENSORES..... | 114 |
| ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN DE ENTRADAS DISCRETAS | 115 |
| ANEXO 4: DISTRIBUCIÓN DE SALIDAS DISCRETAS..... | 116 |
| ANEXO 5: PLACA DE RELÉS PARA LA CONMUTACIÓN DE MOTORES | 117 |
| ANEXO 6: AMPLIFICACIÓN DE SEÑAL PARA LOS SENSORES FOTOELÉCTRICOS | 118 |
| ANEXO 7: ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR ANALÓGICO LM35..... | 119 |
| ANEXO 8: PROGRAMACIÓN LADDER | 120 |
| ANEXO 13: GUÍAS DE LABORATORIO..... | 128 |

RESUMEN

El presente trabajo de tesis, consiste en el desarrollo de un prototipo de planta industrial basada en una fábrica de ladrillos, dicha planta cuenta con un conjunto de mecanismos, entre ellos cuatro fajas transportadoras, tres tolvas de alimentación con sus respectivas compuertas, un brazo de arrastre y una tolva giratoria, también cuenta con un conjunto de sensores fotoeléctricos del tipo barrera y cuatro de ellos son del tipo difuso, por último se tiene una cámara de temperatura la que representa un horno de cocción de ladrillos. Todos los mecanismos y sensores señalados se encuentran estratégicamente distribuidos y en conjunto forman el prototipo de planta con la facultad de ser automatizada mediante un programa que se ejecuta en el PLC (controlador lógico programable) previa conexión de entradas (proveniente de los sensores) y salidas (dirigida a los motores de los mecanismos) discretas. Y para la cámara de temperatura se hace uso de entradas y salidas analógicas; una vez que ha programado el PLC, se complementa con la implementación de un SCADA (sistema de control y adquisición de datos) para monitorear y ejecutar el funcionamiento de la planta desde la pantalla de computadora, mediante un HMI (interface hombre maquina) dinámico en tiempo real. Para la comunicación, la programación y el HMI se trabaja con los software RS-Linx, RS logix-500 y RSview-32 respectivamente, todos ellos de arquitectura Rockwell Automation la que es propia de controladores Allen Bradley. Finalmente se ha desarrollado guías de laboratorio para que la planta entre en funcionamiento, con lo anteriormente señalado se implementa el laboratorio de control y automatización de la EPIME.

Palabras claves: Automatización, SCADA, Planta Industrial, Control

ABSTRACT

This thesis consists in the development of a prototype of plant industrial based at a brickworks, the aforementioned plant has a set of mechanisms, among themselves four transporting belts, three hoppers of nutrition with his respective floodgates, an arm of dragging and a rotating hopper, also counts with a set of photoelectric sensors of the type barrier and four of them are of the diffuse type, finally the one that represents an oven of cooking of bricks has a camera of temperature itself. All mechanisms and marked sensors find themselves strategically distributed and as a whole they form the prototype from the beginning with the faculty to be automated by means of a program that executes in the PLC (logic programmable control) previous connection of revenues (originating of the sensors) and (once the motors was directed of the mechanisms) discrete exits itself. And use plucks up revenues and analogical exits for the camera of temperature; Once the PLC has programmed, it is complemented with a SCADA's implementation (control system and data acquisition) to monitor and to execute the functioning of the plant from the screen of computer, by means of a (the manly interface machinates) dynamic HMI in real time. For communication, the programming and the HMI works with them software itself RS Linx, RS Logix 500 and RSview 32 respectively, all of them of architecture Rockwell Automation the one that corresponds to controllers Allen Bradley. Finally you have developed guides of laboratory in order that the plant come into operation, with the previously marked the laboratory of control and the EPIME's automatization are implemented.

Key Words: Automatization, SCADA, Planta Industrial, Control

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación comprende de un tema de mucha importancia en la actualidad del campo industrial y producción, se trata del control, automatización y supervisión de procesos.

El tema de automatización nos muestra claramente un aporte fundamental en las empresas de producción, ya que permite reducir de manera amplia el trabajo humano y ahorrar tiempo; con todo ello se aumenta la productividad e ingresos económicos.

La parte de control nos permite verificar y hacer que la planta una vez automatizada según la función que se le asigne y mediante la supervisión podemos verificar en tiempo real todo el proceso desde cualquier lugar, obteniendo datos (cantidad, tiempo, alertas, fallas, etc.) sobre el funcionamiento de la planta con el objetivo de tomar decisiones y ejecutarlas.

A continuación se detalla la información referente a los capítulos considerados en la presente tesis.

En el primer capítulo, se formula el planteamiento del problema así como descripción del mismo, formulación de los interrogantes de la investigación, objetivos de la investigación y descripción de las justificaciones.

En el segundo capítulo, se hace un breve resumen de los antecedentes que se tomaron en cuenta para la elaboración de esta investigación, así como también se detalla el marco teórico y conceptual de un sistema de control y supervisión SCADA, glosario de los términos básicos, hipótesis de la investigación y la operacionalización de las variables.

En el tercer capítulo, se detalla el diseño metodológico de la investigación que se desarrolla durante la ejecución del proyecto así como también se detalla las especificaciones técnicas de los componentes (equipos y accesorios) del prototipo de planta automatizada.

En el cuarto capítulo, damos a conocer el análisis e interpretación de los resultados de la investigación.

Por último se desarrolla las conclusiones, sugerencias y/o recomendaciones que se obtienen del presente proyecto de tesis, agregando para mayor detalle planos de los circuitos electrónicos, eléctricos, distribución de mecanismos y sensores distribuidos en toda la planta.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los conceptos de control y automatización tienen mayor demanda en los procesos industriales, debido a que cada vez son más las empresas que optan por instalar sistemas de automatización con la finalidad de obtener mejores ingresos, debido a que una vez instalados estos sistemas automáticos capaces de aumentar la productividad, reducir los costos y tiempos de producción brindar regularidad en la realización del proceso e incrementar la seguridad.

Los sistemas de control automático en la mayoría de los casos son de mucha utilidad sobre todo en la industria; sin embargo, un control automático solamente puede controlar el funcionamiento de la planta mas no es posible que nos proporcione información sobre el funcionamiento de la misma, por ejemplo si se presenta algún tipo de alerta en caso de alguna falla o tal vez si existe la necesidad de contar con un registro capaz de almacenar datos (temperatura, presión, velocidad, etc.) los mismos que pueden servir para verificar y tomar decisiones respecto de la producción en planta.

Un sistema SCADA o HMI es un medio de comunicación entre el operador y la planta industrial por medio de una pantalla o un monitor, en la actualidad existe una gran variedad de sistemas SCADA ya que cada empresa (ABB, SIEMENS, SHNEIDER ALLEN BRADLEY, etc.) implementa su propio sistema de comunicación hombre máquina, pero estos sistemas SCADA presentan por lo general un lenguaje gráfico los cuales en muchos casos carecen de dinamismo, lo que conlleva a que solamente personal capacitado

tenga acceso al cuarto de control, y que cuando una persona ajena a la planta, por ejemplo del área de administración requiera información del funcionamiento u operación de la misma, se hace un tanto dificultoso proporcionarles información lo cual es un problema que puede generar serios atrasos en la planta.

Por otro lado, desde el punto de vista educativo, el laboratorio de Control y Automatización de la EPIME ha implementado la tecnología Allen Bradley; Sin embargo, no se cuenta con prototipos de plantas de procesos industriales esto dificulta a los estudiantes realizar prácticas sobre aplicaciones de control y automatización lo que no permite el buen desarrollo practico de los estudiantes de la EPIME.

Por tal motivo es necesario la implementación de un prototipo de una planta procesadora de ladrillo lo cual conlleva un estudio detallado sobre el mismo, ya que dicho prototipo será diseñado y construido en la universidad y ello permitirá cualquier tipo de modificaciones por parte de los estudiantes y docentes interesados; El prototipo en mención contará con un sistema de fajas transportadores, sistema de mezclado y un horno el cual mediante un sistema de control de temperatura que nos permita el secado y la cocción del ladrillo.

Siendo este aporte pequeño pero significativo, ya que contribuye con el desarrollo educativo y tecnológico de nuestra escuela profesional y con ello a la UNA-PUNO.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el diseño y construcción de un prototipo de planta procesadora de ladrillos permitirá implementar la misma, con un sistema de control automático mediante el software SCADA-RSview32 de Allen Bradley, para el laboratorio de control y automatización de la EPIME?

1.2.2. Problemas específicos

- a). ¿En qué medida, el diseño y construcción de un prototipo de planta procesadora de ladrillos, está relacionada con la implementación de un sistema de control automático del mismo?
- b). ¿Será viable el diseño de un sistema de control (Analógico-Discreto) y automatización del prototipo, basada en la arquitectura de control Rockwell Automation de Allen Bradley?
- c). ¿Se podrá implementar al prototipo con un sistema de supervisión SCADA utilizando el software RSview32 de Allen Bradley?
- d). ¿Será posible el equipamiento del laboratorio de control y automatización de la EPIME, con un prototipo de planta procesadora de ladrillos, con la implementación de guías de laboratorio con el fin de entender su funcionamiento?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Justificación técnica

El Desde el punto de vista técnico, un sistema de supervisión SCADA permite tener un control y monitoreo de una planta industrial verificando diferentes parámetros de funcionamiento de la misma, por ejemplo tiempo,

conteo, temperatura, entre otros; Dichos parámetros nos brindan información muy importante acerca del funcionamiento de la planta industrial lo que sirve para la toma de decisiones como por ejemplo mantenimiento, alertas en el caso de presentarse alguna falla, ver el nivel de producción, entre otros. Lo mejor de todo un sistema SCADA nos permite la comunicación hombre maquina con un lenguaje grafico entendible y amigable para el personal encargado de operación.

1.3.2. Justificación académica

El laboratorio de control y automatización de la EPIME carece de módulos de prototipos de plantas industriales, lo cual no permite que los estudiantes puedan aplicar un sistema de control automático, viéndose en la necesidad de realizar únicamente simulaciones o procesos pequeños, siendo la mayoría de control discreto (ON-OFF) en el presente trabajo de investigación se plantea una cámara de temperatura permitiendo obtener un control analógico e incluso aplicar un sistema de control PID.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de planta procesadora de ladrillos el cual permita su implementación de un sistema de control automático mediante el software SCADA-RSview32 de Allen Bradley, para el laboratorio de control y automatización de la EPIME.

1.4.2. Objetivos específicos

- a). Diseñar y construir un prototipo de planta procesadora de ladrillos el cual sea adaptable a un sistema de control automático.

- b).** Diseñar e implementar al prototipo con un sistema de control (Analógico-Discreto) automático basada en la arquitectura Rockwell Automation de Allen Bradley. (PLC-Micrologix 1500).
- c).** Diseñar e implementar al prototipo con un sistema de supervisión SCADA mediante el software RSwiew32 de Allen Bradley.
- d).** Equipar el laboratorio de control y automatización de la EPIME, con un prototipo de planta industrial, implementado con guías de laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación trata sobre la construcción de un prototipo de planta procesadora de ladrillos y su posterior implementación con un sistema de control y supervisión SCADA, para lo cual se requiere de un entendimiento detallado del tema, y además para que sea más accesible se verifica trabajos similares que se han ejecutado y funcionan, por ello es necesario realizar una recopilación de información relacionada con el tema, surgiendo la necesidad de recurrir a las siguientes fuentes de información las cuales se resumen en:

Primer Antecedente:

Olarte Silva Leidy Johanna Diseño e implementación del sistema SCADA Factory Talk View de Allen Bradley aplicada o a una maquina prototipo de embalaje. Universidad Pontificia Bolivariana.

En este trabajo se utilizó el programa Factory Talk View el cual también es parte de la familia Allen Bradley, esto con el fin de controlar y supervisar el proceso de una máquina de embalaje. *(Olarte & Delgado, 2011)*

Segundo Antecedente:

Marcial Santiago Vicente Metodología para implementar sistemas SCADA con RSview 32, Escuela Superior De ingeniería mecánica y eléctrica “Instituto Politécnico Nacional De México”.

En este trabajo el autor muestra como establecer una metodología la cual permita al usuario adaptarse a un HMI (interface humano-maquina) a realizar cualquier aplicación mediante el uso de variables analógicas y digitales que

puedan realizar un programa SCADA capaz de realizar la monitorización y control de procesos industriales mediante la interfaz gráfica de control RSview32 de Allen Bradley. (*Santiago, 2009*)

Tercer Antecedente:

Álvarez Gomes Leonardo Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de cuatro componentes, tres de ellos a granel y uno líquido obteniendo como mezcla hasta 15Kg/h. implementado por la tecnología Rockwell Automation.

En este trabajo de grado se realiza el diseño, construcción y pruebas de un prototipo para la dosificación y mezclado de cuatro componentes, el cual tiene como función manipular las variables de peso para los productos sólidos y de volumen para productos, líquidos, implementando operaciones automatizadas con tecnología Rockwell Automation que permitan la realización del proceso con un control absoluto de las variables. (*Alvarez, 2011*)

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

Para el mejor entendimiento del presente trabajo de investigación, es necesario el desarrollo de conceptos fundamentales acerca de la automatización y en parte el control de un proceso. Dado que los conceptos de control y automatismos son muy amplios, se realiza un desarrollo resumido de los siguientes aspectos.

- Sensores.
- Actuadores.
- PLC.y programación.
- Sistema SCADA.

- Conceptos fundamentales de elaboración de ladrillos.

2.3. SENSORES

Un sensor es un dispositivo que sirve para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta o digital). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación, permitiéndonos automatizar la industria de la actualidad.

2.3.1. Clasificación

2.3.1.1. Sensores de Contacto

Son dispositivos electromecánicos que detectan cambios a través de contacto físico directo con el objeto en cuestión. Los sensores de contacto:

- Por lo general no requieren de energía eléctrica.
- Son capaces de soportar más corriente y tolerar mejor las alteraciones de la línea eléctrica.
- Su funcionamiento e instalación no es compleja.

Los encoders, los interruptores de final de carrera y los interruptores de seguridad son sensores de contacto. Los encoders transforman el movimiento de las máquinas en señales y datos. Los interruptores de final de carrera se utilizan cuando es posible un contacto físico con el objeto.

2.3.1.2. Los sensores sin contacto

Son dispositivos electrónicos que crean un campo de energía o haz y reaccionan ante una alteración en ese campo. Algunas características de los sensores sin contacto son:

- No poseen componentes móviles que puedan atascarse, desgastarse o romperse (por lo tanto, necesitan menos mantenimiento).
- Generalmente operan a gran velocidad.
- Requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

Los sensores fotoeléctricos, inductivos, capacitivos y ultrasónicos son los más utilizados. Los sensores sin contacto son susceptibles a la energía emitida por otros dispositivos o procesos.

De acuerdo a la señal de salida existen sensores analógicos y discretos.

El censado con salida discreta responde a la pregunta: “¿Está ahí el objeto?” de acuerdo a la respuesta el sensor emite una señal de encendido o en caso contrario apagado (digital o discreta) dependiendo de la presencia o ausencia del objeto en tratamiento. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

El censado con salida analógica responde a las preguntas: “¿Dónde está?”, o “¿Cuánto hay?”, dando una respuesta continua proporcional al efecto que el objeto tenga sobre el sensor, tanto en relación a su posición dentro del margen de detección como a la intensidad relativa de la señal que devuelva al sensor. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

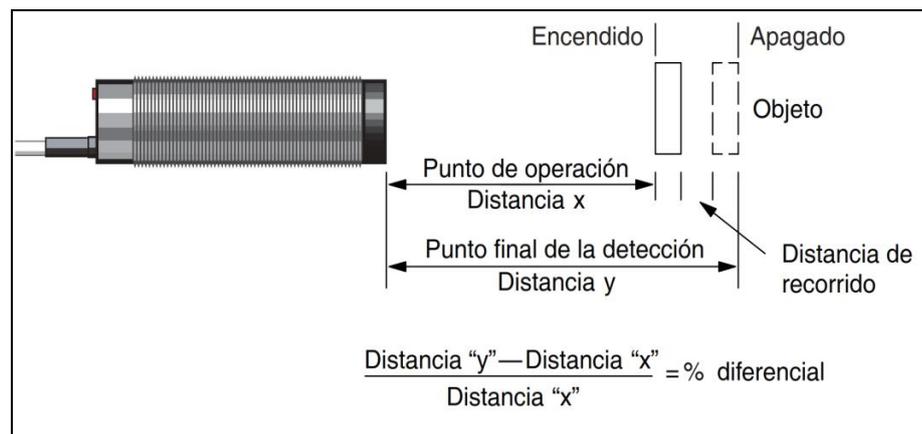
2.3.2. Aspectos generales de los sensores

De manera general a continuación se describe las principales características de los sensores ya sean de contacto, sin contacto, analógicos o digitales.

2.3.2.1. La histéresis

Es la diferencia entre los puntos de operación (conectado) y liberación (desconectado) cuando el objeto se aleja de la cara del sensor. Sin una histéresis suficiente, el sensor de proximidad se conecta y desconecta continuamente al aplicar una vibración excesiva al objeto o al sensor,

Figura 1: Histéresis de un sensor de presencia

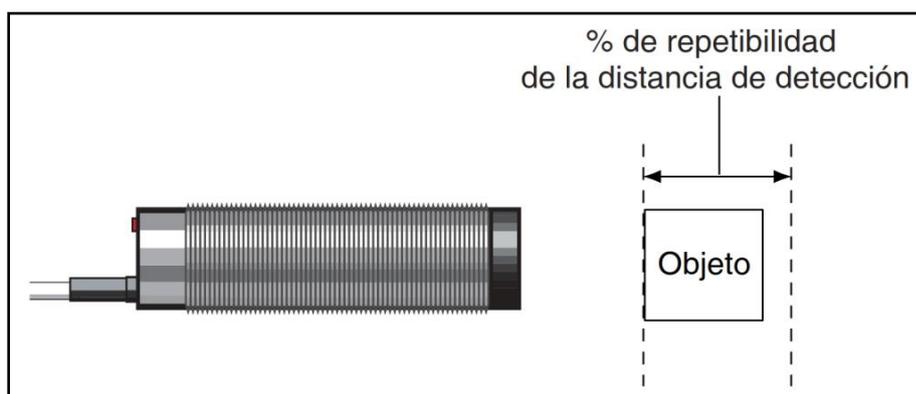


Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2008)

2.3.2.2. Repetibilidad

Es la capacidad que tiene un sensor para detectar el mismo objeto a la misma distancia todo el tiempo. Esta cifra se puede expresar como porcentaje de la distancia de detección nominal y se basa en parámetros de temperatura ambiental y voltaje eléctrico constantes.

Figura 2: Grado de repetibilidad de un sensor de presencia.

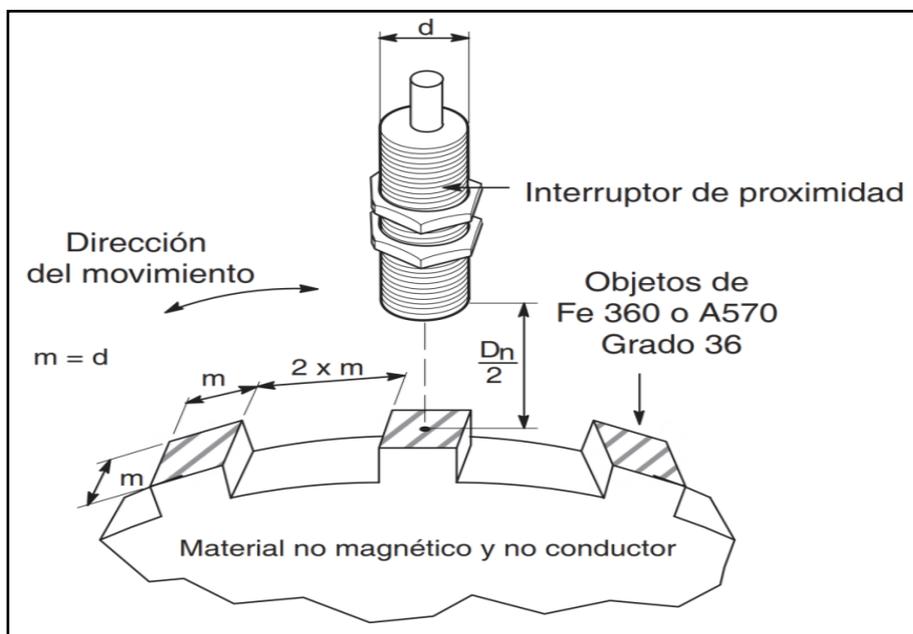


Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

2.3.2.3. Frecuencia de conmutación.

Corresponde al número de conmutaciones por segundo que se pueden alcanzar en condiciones de trabajo normales. En términos más generales, es la velocidad relativa del sensor.

Figura 3: Frecuencia de conmutación de un sensor de proximidad.



Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

2.3.2.4. Tiempo de Respuesta.

Es el tiempo que transcurre entre la detección de un objeto y el cambio de estado del dispositivo de salida (de encendido a apagado o de apagado a encendido).

El tiempo de respuesta necesario para una aplicación específica se establece en función del tamaño del objeto y la velocidad a la que éste pasa ante el sensor.

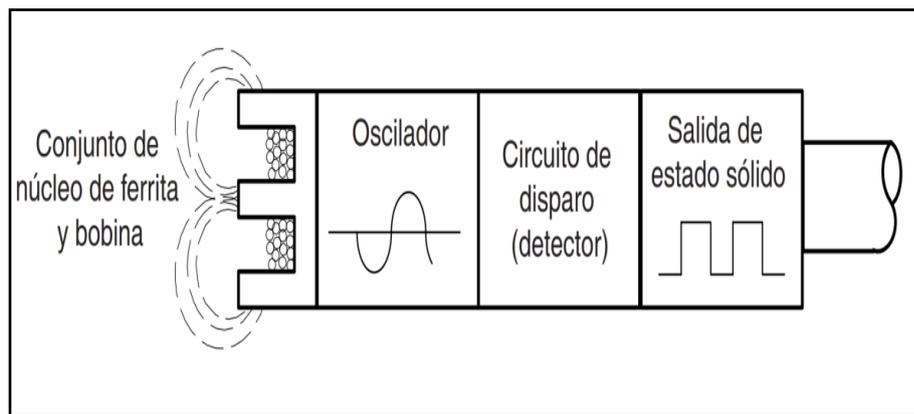
La normatividad para la fabricación e instalación de sensores e interruptores de presencia son el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) que se aplica para el mercado europeo, la NEMA (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) para el mercado Norteamericano y para escala internacional la IEC.(Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos)

2.3.3. Sensores de proximidad inductivos

Los sensores de proximidad inductivos están diseñados para operar generando un campo electromagnético y detectando las pérdidas por corrientes parasitas generadas cuando metales ferrosos y no ferrosos ingresan al campo los sensores de proximidad inductivos constan de:

- Una bobina inductora.
- Un núcleo de ferrita.
- Un oscilador.
- Disparador detector de nivel de señal, circuito de salida.

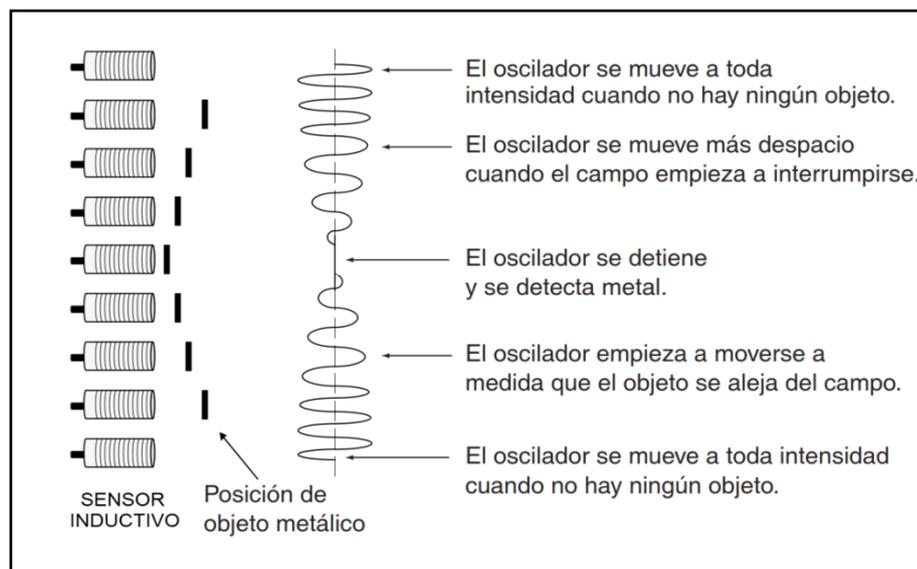
Figura 4: Esquema de un sensor inductivo



Fuente: (García, 2001)

Cuando un objeto metálico entra en este campo, se inducen corrientes de superficie (corrientes parásitas) en el objeto metálico, las cuales restan energía al campo electromagnético, dando lugar a una pérdida de energía en el circuito del oscilador y, por tanto, a una reducción de la amplitud de la oscilación, lo que se puede verificar en la figura 5.

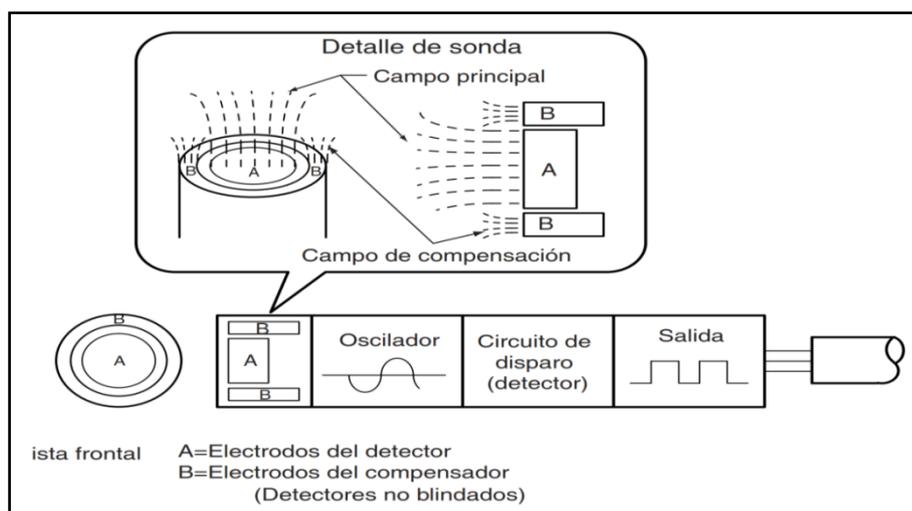
Figura 5: Campo ondulatorio de un sensor inductivo



Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

2.3.4. Sensores de proximidad Capacitivo

Figura 6: Composición y funcionamiento de un sensor capacitivo



Fuente: (Altronics Perú S.A.C, 2014)

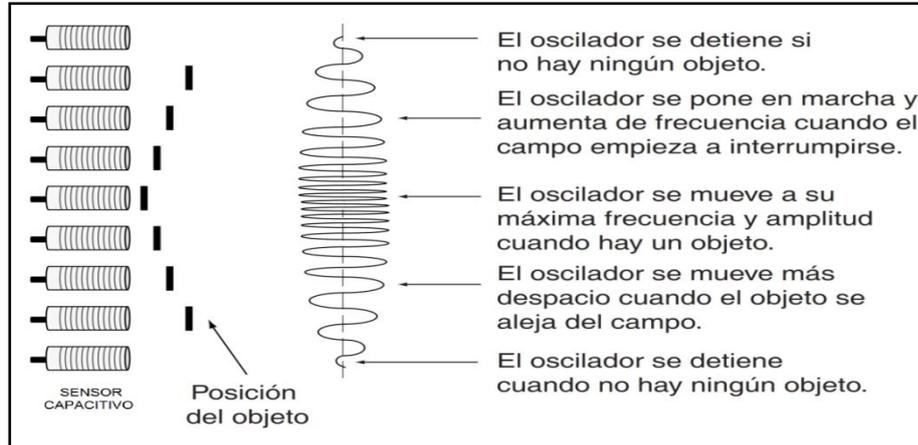
Los sensores de proximidad capacitivos están diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en el mismo, causados por un objeto (metálicos, no metálicos, sólidos y líquidos) que se aproxima a la superficie del sensor.

Este tipo de sensor consiste de una sonda capacitiva, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito filtro y un circuito de salida, los mismos que se pueden observar en la figura 6.

Los sensores de proximidad capacitivos a diferencia de los inductivos reaccionan a alteraciones en campos electrostáticos. La sonda situada detrás de la cara del sensor es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre

éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado tal como se muestra en la figura 7.

Figura 7: Campo oscilatorio de un sensor capacitivo

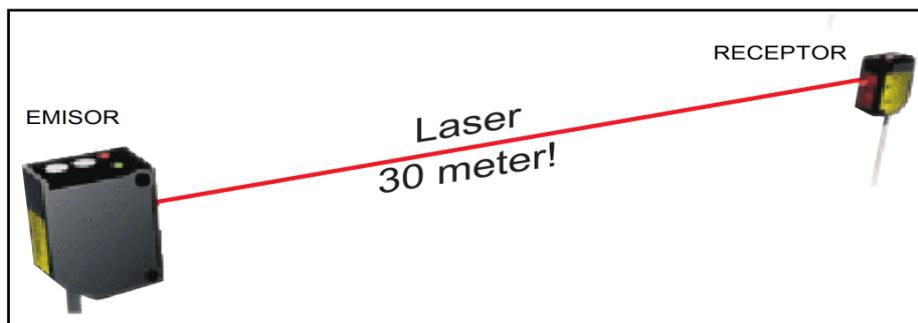


Fuente: (Morocco, 2013)

2.3.5. Sensores Fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos básicamente están compuestos de un emisor de luz asociado a un receptor fotosensible.

Figura 8: Sensor fotoeléctrico del tipo barrera.



Fuente: (Altronics Perú S.A.C, 2014).

La variación de intensidad de luz que llega al elemento receptor dependerá de la presencia o ausencia del objeto a ser detectado y de las características físicas del entorno, superficie, contraste, y color en el que se

encuentre el elemento a detectar. Esto crea una señal eléctrica que activa una fase interna del sensor amplificándola y que finalmente genera un impulso eléctrico hacia una carga externa con un tipo de polaridad (PNP o NPN) o una señal lineal estandarizada (4-20mA, 0 a 10Vdc). En concreto la detección de un objeto es efectiva cuando este interrumpe o hace variar la intensidad del haz de luminoso.

Los sensores de proximidad fotoeléctricos más conocidos son:

- Sensores de detección barrera, conocidas también como paso de rayo o Through Beam.
- Sensores de detección difusa o también conocida como de detección directa.
- Sensores de detección retro reflexiva.(también llamados reflex)

2.3.5.1. Sensores tipo Barrera.

Este tipo de sensores se caracterizan por estar dispuestos en componentes separados, siendo estos el elemento emisor y el otro el elemento receptor, tal como se observa en la figura 8, este tipo de sensor se adapta mejor para:

- La detección de materiales opacos y reflectantes.
- Los entornos contaminados (polvo, lluvia, contaminación, etc.).
- Las largas distancias (10 a 200m).
- El posicionamiento exacto y la detección de pequeños objetos, el contaje.

DESVENTAJAS

- Necesidad de un alineamiento riguroso.
- No puede ser utilizado para la detección de materiales transparentes.

2.3.5.2. Sensores tipo Réflex

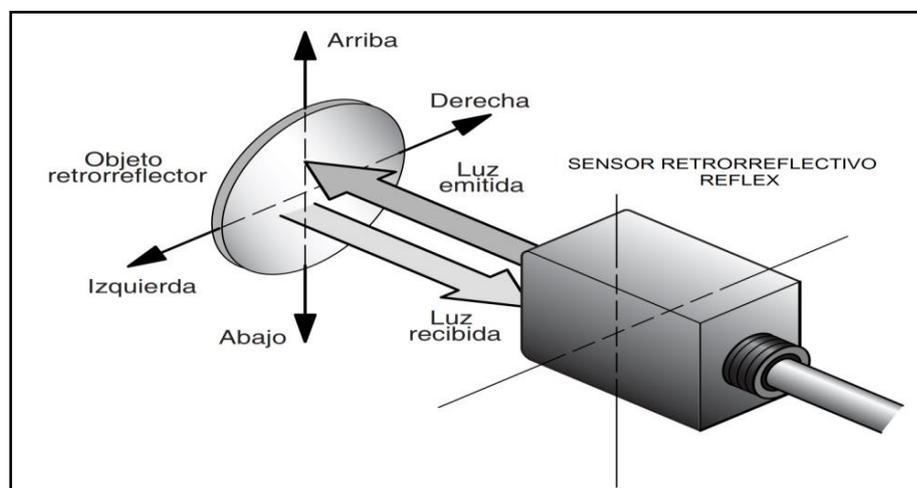
Emisor y receptor en una misma cápsula, como se puede observar en la figura 9, es el sistema mejor adaptado para:

- Las aplicaciones en que la detección sólo es posible de un lado.
- Una instalación rápida y fácil; inclinación posible de un lado, respecto a la perpendicular del haz.
- Los entornos relativamente limpios. Es el sistema más utilizado en transportadores de cajas, cartones, etc.

DESVENTAJAS:

- Para la detección de objetos lisos y reflectantes,
- En los entornos contaminados, para la detección de pequeños objetos.

Figura 9: Sensor tipo reflex.



Fuente: (Altronics Perú S.A.C, 2014)

El elemento reflector debe estar situado en un plano perpendicular centrado en el eje óptico. La dimensión del reflector es función de la distancia de detección y de la dimensión del objeto a detectar. Por regla general, utilizar el reflector de mayor dimensión compatible con las condiciones de aplicación.

2.3.5.3. Sensores Tipo difuso

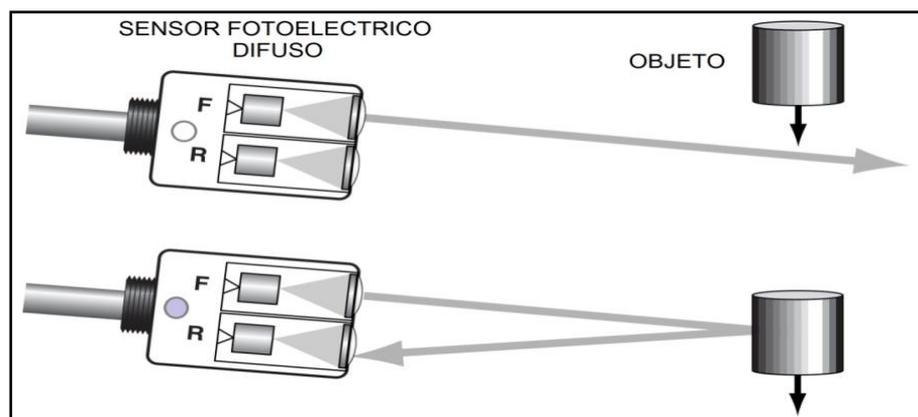
Son los sensores de detección directa que usan un haz de luz, que dirigida hacia el objetivo, es reflejada al elemento receptor. Teniéndose así en un solo sensor el elemento transmisor y receptor.

No es necesario utilizar dispositivo adicional, siendo por consiguiente de fácil alineación, inclusive algunos modelos están provistos de puntero laser que indica el punto de incidencia lo cual hace más fácil su instalación,

DESVENTAJAS:

- Los alcances son función del poder reflectante y del color del objeto a detectar.
- Corto alcance de detección
- Influencia posible del entorno situado detrás del objeto a detectar.
- Son de alto costo.

Figura 10: Sensor óptico difuso



Fuente: (Altronics Perú S.A.C, 2014)

Tabla 1: Resumen de los sensores electrónicos de estado sólido

| Sistema | Barrera | Reflex | Difuso |
|-------------|---|---|--|
| Utilización | Para las largas distancias o para la detección de objetos cuyo poder reflectante prohíbe la utilización de un sistema reflex. | Para las distancias medias y sobre todo cuando es difícil montar un receptor y un emisor separados. | Para las distancias cortas. Un reglaje de sensibilidad permite limitar la influencia eventual del entorno en la parte trasera del objeto a detectar. |

Fuente: (Morocco, 2013)

2.3.5.4. Tipo de salida y parámetros eléctricos

Hay dos tipos de salidas: electromecánica y de estado sólido.

a). Electromecánicos:

- Relé.
- Interruptor.

Dado que los relés son dispositivos electro-mecánicos, están sujetos a desgaste y, por lo tanto, tienen una duración determinada. Con niveles de electricidad bajos, la oxidación de los contactos también puede provocar su degeneración. Los tiempos de respuesta de los relés suelen ser de 15-25 ms, mucho más lentos que la mayoría de las salidas de estado sólido.

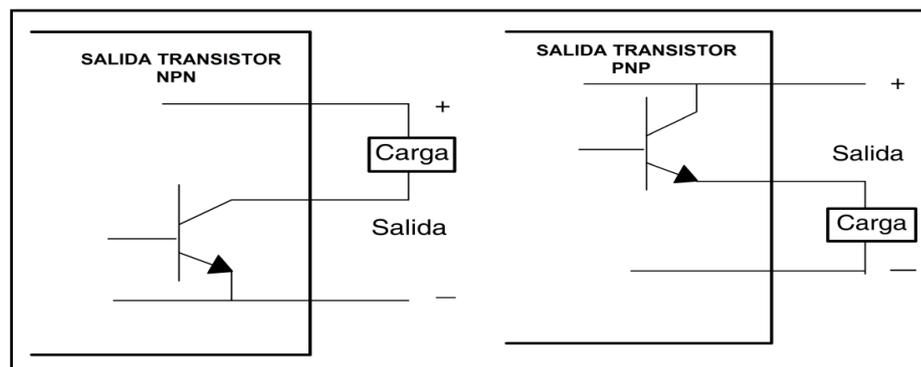
b). Estado Sólido o Electrónico:

- Transistor.
- Transistor de efecto de campo (FET).
- Analógico.
- Red o bus.

Las salidas de estado sólido para aplicaciones que requieran de conmutación o cambio frecuente de voltajes bajos a corrientes bajas. Los sensores con salida de estado sólido son electrónicos, vale decir, no tienen componentes móviles. (ROCKWELL AUTOMATION, 2008)

Los transistores son los típicos dispositivos de salida de estado sólido para sensores de CC de bajo voltaje. Constan de un chip cristalino (generalmente silicón) y tres contactos, y se usan para amplificar o conmutar corriente en forma electrónica. Los transistores estándar son: NPN y PNP cuya instalación se puede ver en la figura 11.

Figura 11: Esquema de conexión de un sensor del tipo NPN y PNP.



Fuente: Elaboración Propia del Autor

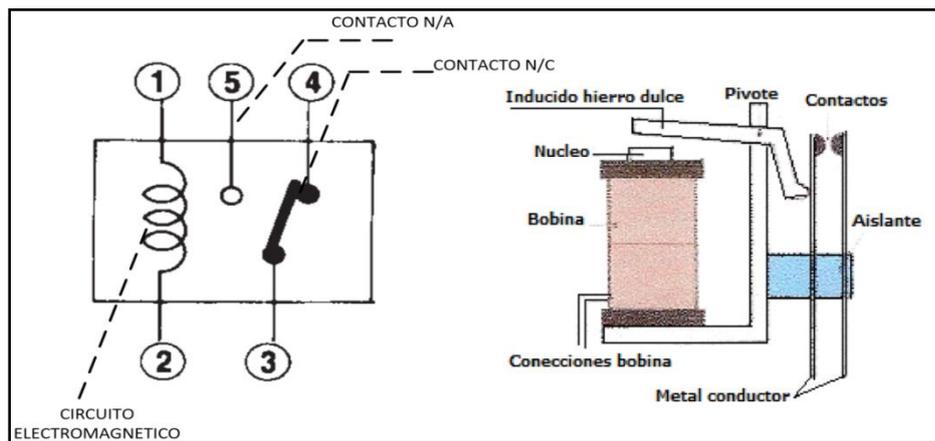
2.4. ACTUADORES.

Para el presente trabajo de investigación, básicamente se tiene como actuadores eléctricos; los relés o relevadores y motores de corriente continua A continuación se describen de forma resumida cada uno de ellos.

2.4.1. Relevador.

Es un dispositivo electromecánico cuya composición fundamental consiste en dos circuitos diferentes, un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos,

Figura 12: Diagrama esquemático y físico de un relevador.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 12 podemos ver la simbología así como su construcción, también se puede ver que se trata de un relé con dos contactos uno de ellos normalmente abierto y el otro normalmente cerrado, existiendo diversas combinaciones de contactos, todos según la aplicación que se les desea dar. También existen de diversas tensiones de voltaje ya sea AC o DC.

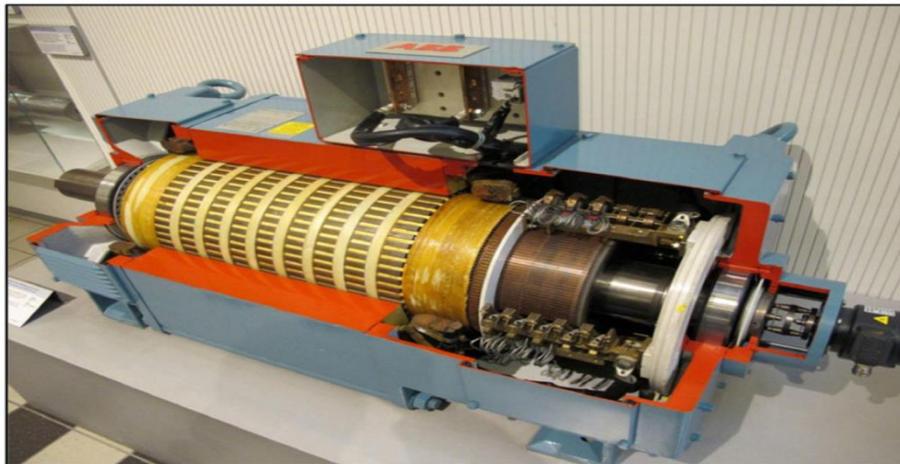
2.4.2. Motor DC de Imán Permanente.

Los motores de corriente continua de manera básica están constituidos por los siguientes elementos:

- Rotor.
- Escobillas.
- Estator(formado por imanes permanentes).
- Armadura (es la estructura que almacena los elementos del motor).

En la figura 13 se puede verificar un típico motor de corriente continua.

Figura 13: Motor de corriente continua.



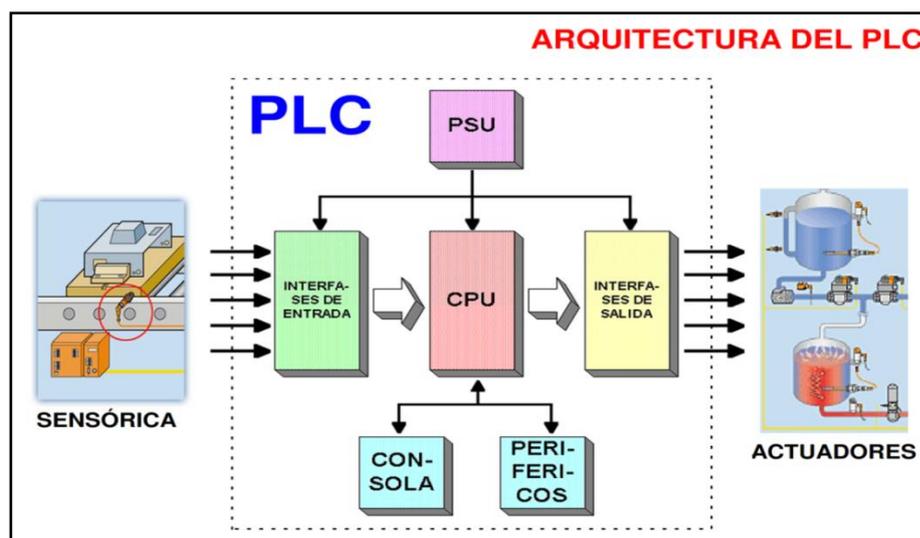
Fuente: (Malvino, 2000)

2.5. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.

Los controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés), son dispositivos electrónicos digitales que fueron inventados en 1969 para reemplazar a los circuitos de relevadores electromecánicos, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial. Es decir que cualquier situación que requiera dispositivos eléctricos y electrónicos de operación coordinada es una aplicación de control potencial para un PLC, ya que dentro de los dispositivos que pueden ser controlados se incluyen válvulas solenoides, luces, relés y motores entre otros.

Los controladores son la primera máquina con lenguaje, es decir un juego de instrucciones que se orientan hacia los sistemas de evolución secuencial. En los sistemas lógica combinatorial el estado de una salida queda determinado por el estado de cierta combinación de entradas sin importar la historia de estas.

Figura 14: Estructura básica de un PLC.



Fuente: (Morocco, 2013).

Los PLC resultan muy atractivos ya que, a diferencia de los antiguos circuitos permiten reprogramación, ocupan comparativamente muy poco espacio, consumen poca potencia, poseen auto-diagnóstico y tienen un costo competitivo, así mismo se pueden añadir a sus característica el poder realizar tareas como operaciones repetitivas, operaciones accionadas dependiendo del tiempo, control de alta velocidad, registros de adquisición y manejo de datos entre otras muchas tareas.

Sin embargo, fueron las innovaciones tecnológicas en microprocesadores y memorias lo que ha hecho tan versátiles y populares a los PLC. Así. Pues estos equipos pueden realizar operaciones aritméticas, manipulaciones complejas de datos, tienen mayores capacidades de almacenamiento y pueden comunicarse más eficientemente con el programador y con otros controladores y computadoras en redes de área local. Además, ahora muchos PLC incorporan instrucción e y módulos para manejar señales análogas y para

realizar estrategias de control, más sofisticados que un simple ON-OFF, tales como el control PID, inclusive con múltiples procesadores. (Morocco, 2013)

2.5.1. Estructura de los PLC

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado, las mismas que son:

- Estructura compacta.
- Estructura semimodular (estructura Americana).
- Estructura modular (estructura Europea).

2.5.1.1. Estructura Compacta

Este tipo de PLC se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Figura 15: PLC de estructura compacta.



Fuente: (Altronics Perú S.A.C, 2014).

Son controladores de una gama baja lo que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

2.5.1.2. Estructura Semimodular

Se caracteriza por tener de manera separada las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S. Son los controladores de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

Figura 16: PLC Semi-Compacto con capacidad de expansión.



Fuente: (Alvarez, 2011).

2.5.1.3. Estructura Modular

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen. Son los controladores de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su construcción.

Figura 17: PLC compacto modular.



Fuente: (Alvarez, 2011).

2.5.2. Arquitectura de automatización Rockwell Automation

La arquitectura Integrada de Rockwell Automation es una infraestructura de automatización industrial que proporciona soluciones escalables para todo el rango de las disciplinas de automatización, entre ellas, control secuencial, de movimiento, de procesos, control de variadores, seguridad e información.

Esta arquitectura es posible a través de una combinación única de tecnologías de habilitación que incluyen la plataforma de control Logix, la arquitectura de red abierta NetLinx, la plataforma de visualización View y los servicios de información y datos RS-VIEW32.

Por otra parte, la plataforma de Allen-Bradley está constituida por un conjunto de controladores, desde el Controlador Lógico Programable (PLC) que se inventó hace casi 30 años a la tecnología más reciente incorporada altamente funcional el Controlador de Automatización Programable (PAC), a la cual pertenece el Control Logix.

Figura 18: Arquitectura de controladores Allen Bradley.

Fuente: (García, 2001).

2.6. PROGRAMACIÓN DE PLC

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80 eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran grabados en cintas, más recientemente se guardan en aplicaciones especiales en un ordenador, finalmente son descargados directamente en el PLC. (Olarde & Delgado, 2011)

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas. Estos PLC eran programados con "lógica de escalera" (ladder Logia"). Así, el primer lenguaje de programación para PLC, considerado de bajo nivel, fue el "Lenguaje de Escalera". Aún hoy se utiliza este lenguaje.

La norma del Comité Electrotécnico Internacional IEC 1131 para los diferentes lenguajes de programación de PLC, establece las reglas a las que

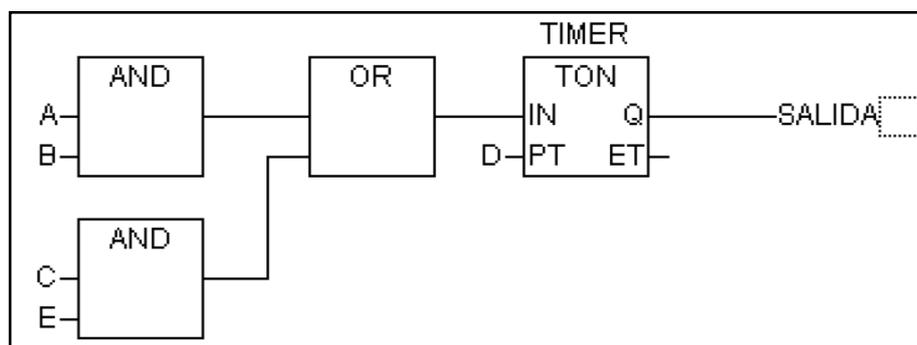
deben ceñirse los fabricantes de software de programación de PLC. Los lenguajes normalizados son:

- Bloques funcionales (FBD).
- Lista de instrucciones (IL).
- Diagrama secuencial. (SFC).

2.6.1. Bloque de Funciones

Bloque de funciones. Las CPU ofrecen bloques pre-programados que se pueden llamar desde el programa de usuario. Los bloques de funciones forman parte del sistema operativo, no se cargan como parte integral del programa. Una función del sistema es una función pre-programada y probada.

Figura 19: Programación en bloques funcionales.



Fuente: (Morocco, 2013).

2.6.2. Lista de Instrucciones.

Lista de instrucciones (IL). Está basado en un listado de símbolos nemotécnicos cercanos al lenguaje máquina. Se escribe en formato de texto, utilizando caracteres alfanuméricos para definir las líneas de operaciones lógicas. Suele ser un lenguaje potente, aunque es más complejo que los lenguajes gráficos.

Figura 20: Programación en lista de instrucciones.

| | | |
|-------|-----------------|----------------|
| LD | %I0.0 | |
| ST | %Q0.0 | (*Comentario*) |
| GE | 5 | |
| JMPC | next | |
| LD | idword | |
| EQ | instruct.sdword | |
| STN | test | |
| NEXT; | | |

Fuente: (Morocco, 2013).

2.6.3. Diagrama Secuencial. (SFC)

El lenguaje secuencial o cuadro de funciones secuenciales (Secuencial Function Chart, SFC) Se trata de un lenguaje gráfico orientado, este hace posible el desarrollo secuencial de diferentes acciones en función del tiempo o condiciones específicas.

a). Pasos, Acciones:

Los bloques utilizados en el lenguaje secuencial consisten de una serie de pasos unidos entre sí. Cada paso tiene un programa que asigna una acción específica.

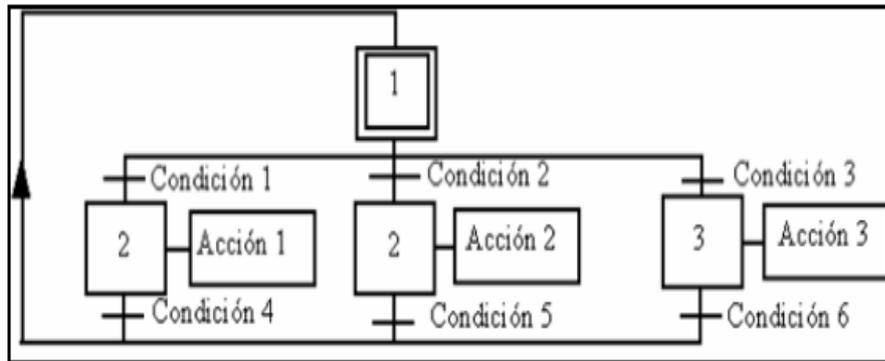
b). Transición:

Entre cada paso se encuentran las transiciones que determinan las condiciones del programa. Cada condición está asignada a una variable lógica.

2.6.4. Texto Estructurado (ST)

Consiste de una serie de instrucciones, tal como se usa en los lenguajes de alto nivel (—IF... THEN ELSE||) o en su defecto (—WHILE DO||) Utiliza lenguajes de programación de computadoras como PASCAL o BASIC.

Figura 21: Diagrama Secuencial.



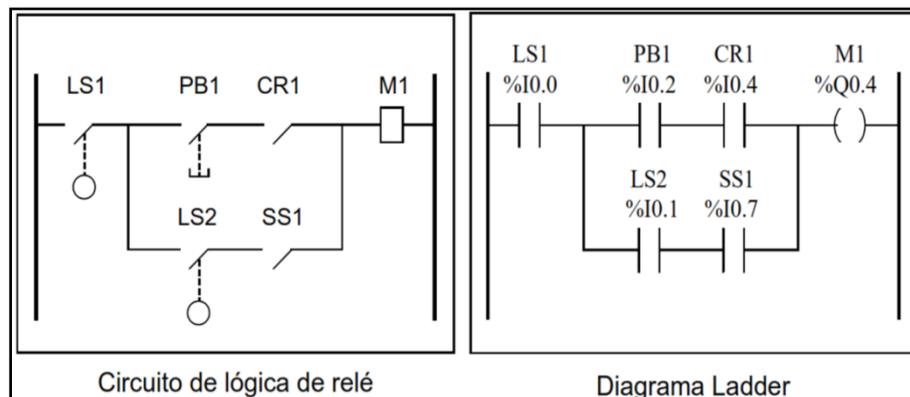
Fuente: (Oriol, Saiguí, & Zavaleta, 2008).

2.6.5. Lenguaje Ladder.

Forma de diagrama de escalera (ladder logic). El diagrama lógico está realizado bajo la lógica de los esquemas eléctricos, el cual incluye contactos y bobinas.

Actualmente es un lenguaje gráfico muy popular en la programación. Está basado en el establecimiento de circuitos de relevadores, este lenguaje está basado en renglones en los que se establecen las condiciones necesarias para tener una salida. Este tipo de programación se utiliza en gran manera en el control secuencial de un proceso u operación de manufactura.

Figura 22: Lenguaje escalera y su equivalente,



Fuente: (Oriol, Saiguí, & Zavaleta, 2008)

2.6.6. Instrucciones Básicas de Programación de PLC.

En este apartado se brinda información general acerca de las instrucciones generales y se explica cómo funciona en su programa de aplicación.

Las instrucciones que se utilizan con mayor frecuencia en la programación de PLC para su aplicación en la industria (control de nivel, temperatura, presión, caudal) son por lo general las siguientes:

- Instrucciones de Bit.
- Instrucciones de Contador.
- Instrucciones de Temporizador.

Cada una de estas instrucciones básicas incluye información acerca de:

- ¿Cómo aparecen los símbolos de instrucción?
- ¿Cómo usar la instrucción?

Adicional a ello también existen otras instrucciones de funciones especiales tales como:

- Matemáticas.
- Comparadores
- Limitadores.
- Condicionales,

También existen las instrucciones de control PID, FUSSY las mismas que se usan en aplicaciones más avanzadas.

Tabla 2: Instrucciones tipo bit.

| Instrucción. | | Propósito. |
|--------------|---|--|
| Mnemónico. | Nombre. | |
| XIC | Examine si es cerrado. | Examina un bit para una condición activada. |
| XIO | Examine si es abierto. | Examina un bit para una condición desactivada. |
| OTE | Conecte la salida. | Activa o desactiva un bit. |
| OTL y OTU | Enclavamiento de salida y desenclavamiento de salida. | OTL activa un bit cuando el renglón está ejecutando y este bit retiene su estado cuando el renglón no está ejecutado u ocurre un ciclo de potencia. OTU desactiva un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit retiene su estado cuando el renglón no está ejecutado o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica. |
| OSR | Un frente ascendente. | Ocasiona un evento de una sola vez. |

Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2008)

Tabla 3: Instrucciones tipo contador y temporizador

| Instrucción. | | Propósito. |
|--------------|--------------------------------|--|
| Mnemónico. | Nombre. | |
| TON | Temporizador a la conexión. | Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera. |
| TOF | Temporizador a la desconexión. | Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa. |
| RTO | Temporizador retentivo. | Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera y retiene el valor acumulado cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica. |
| CTU | Conteo progresivo. | Incrementa el valor acumulador a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulado cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica. |
| CTD | Conteo progresivo. | Disminuye el valor acumulador a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulado cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica. |
| HSC | Contador de alta velocidad. | Cuenta los impulsos de alta velocidad de una entrada de alta velocidad de controlador fijo. |
| RES | Restablecimiento. | Pone a cero el valor acumulado y los bits de estado de un temporizador o contador. No use con temporizadores TOF. |

Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2008)

2.6.7. Tipos de Archivos de Datos

Para fines de direccionamiento, cada tipo de archivo de datos es identificado por una letra (identificador) y un número de archivo, en los siguientes cuadros se puede verificar los diferentes tipos de archivos de datos, identificadores y números (archivos de datos en la memoria del procesador).

2.6.8. Direccionamiento lógico de datos

La manera de direccionar los elementos de los diferentes tipos de archivos de datos es otro aspecto que se debe conocer plenamente, por lo que a continuación se muestra la forma de hacerlo.

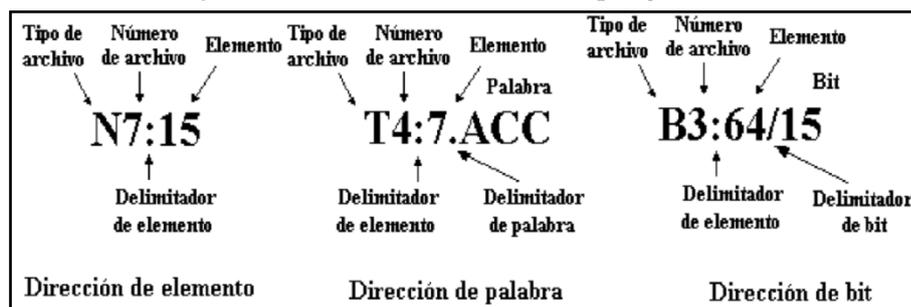
Tabla 4: Tipos de archivos con sus respectivos indicadores

| Tipo de archivo. | Identificador. | Número de archivo. | Archivos definidos por el usuario | | |
|------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|
| | | | Tipo de archivo. | Identificador. | Número de archivo. |
| Salida. | O | 0 | Bit | B | |
| Entrada. | I | 1 | Temporizador | T | |
| Estado. | S | 2 | Contador. | C | 9 - 255 |
| Bit. | B | 3 | Control. | R | |
| Temporizador. | T | 4 | Entero. | N | |
| Contador. | C | 5 | | | |
| Control. | R | 6 | | | |
| Entero. | N | 7 | | | |

Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

Las direcciones constan de caracteres alfanuméricos separados por delimitadores. Los delimitadores incluyen el, signo de dos puntos, el signo diagonal (/) y el punto tal como se aprecian en la figura 23.

Figura 23: Direccionamiento de programación.



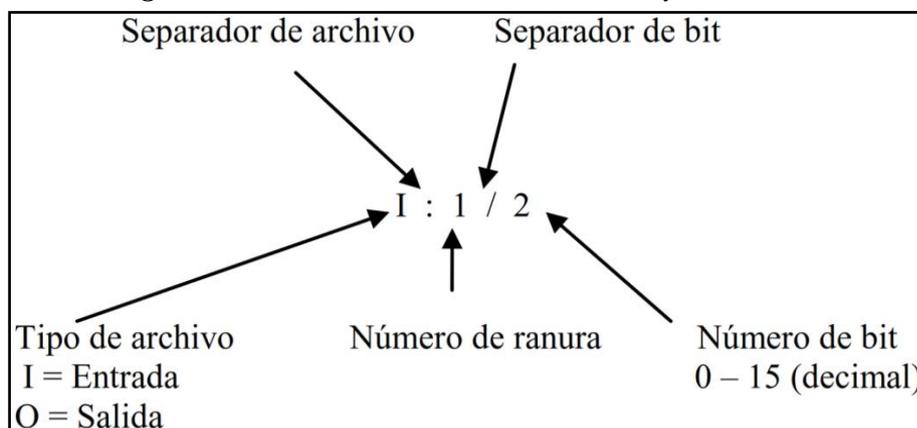
Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

2.6.9. Direccionamiento de entradas y salidas lógicas

Cada elemento consiste de una palabra de 16 bits. Se puede direccionar cada elemento en forma completa o cada bit en forma individual dependiendo de las necesidades requeridas.

En la Figura 24 se muestra el direccionamiento lógico para este tipo de elementos.

Figura 24: Direccionamiento de entradas y salidas.



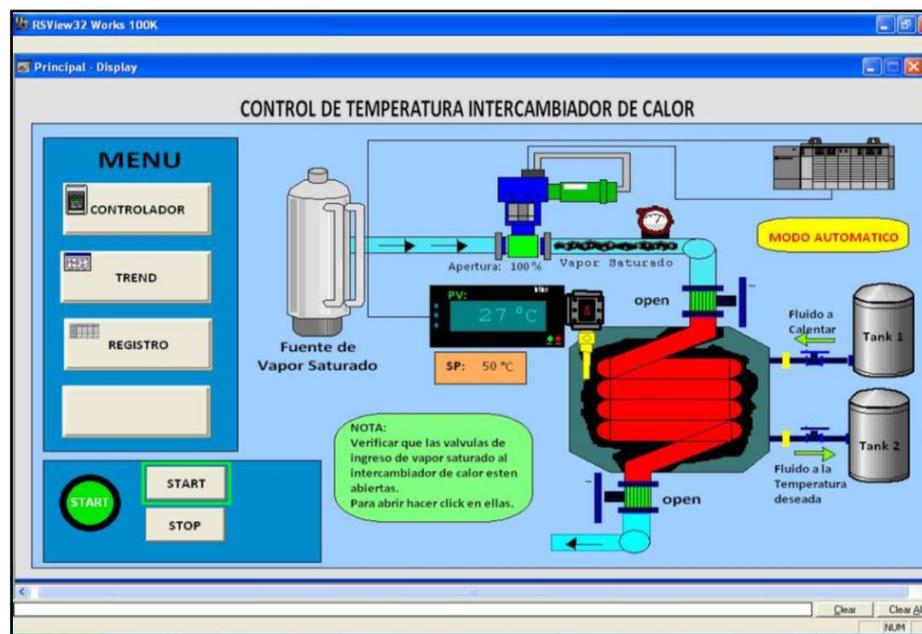
Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

2.7. SISTEMA SCADA.

SCADA (Supervisory Control And Data o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) es la designación que se da a cualquier Software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permite, utilizando herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo. En sí no se trata de un sistema de control, sino de una utilidad de monitorización o supervisión por software en donde se realiza la tarea de interface entre los niveles de control y los de gestión de la pirámide de automatización.

Por lo tanto el SCADA, en su vertiente de herramienta de Interface Humano-Maquina (HMI), comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación clara entre el proceso y el operador. (Rodriguez, 2007)

Figura 25: Control de temperatura SCADA de Allen Bradley.



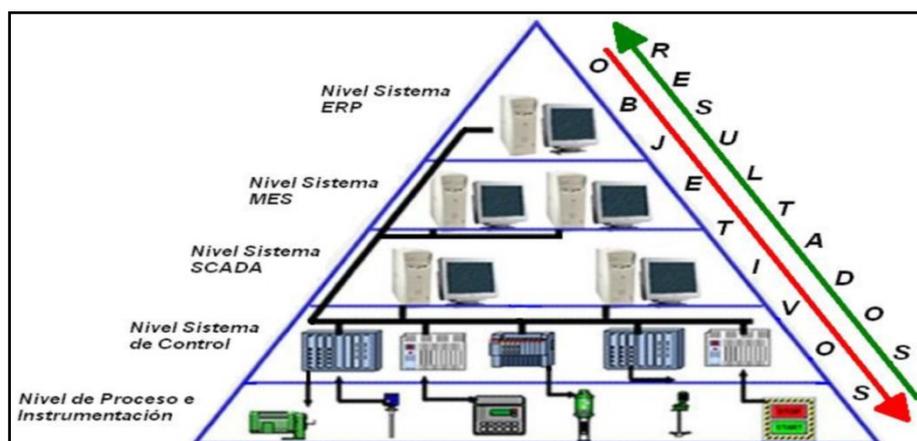
Fuente: (Morocco, 2013).

La automatización de sistemas, desde el estado inicial de aislamiento productivo, ha pasado a formar parte del ámbito corporativo y se engloba dentro del paquete empresarial con finalidad de optimizar la productividad y mejorar la calidad. La representación de los flujos de información dentro de la empresa indica claramente cómo se realiza la integración entre todos los niveles de la organización, lo que se evidencia en la Pirámide de la Automatización CIM (Computer Integrated Manufacturing). (Rodríguez, 2007)

2.7.1. Niveles de control

En la figura 26 se puede verificar la pirámide, en la cual se muestra los niveles de automatización, los mismos que en su totalidad hacen un número de cinco, todos tienen un objetivo con la finalidad de lograr resultados:

Figura 26: Modelo teórico CIM según NIST.



Fuente: (García, 2001).

a). Nivel Proceso e Instrumentación: Comprende el conjunto de subprocesos, instrumentos y maquinaria en general, con que se realizan las operaciones de producción en la empresa. En este nivel se toman las variables del proceso mediante sensores situados en él, y se actúa sobre él mediante elementos finales de control. Los sensores envían la información de las variables al nivel sistema de control, para que ejecute los algoritmos de control y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíe las órdenes oportunas a los actuadores.

b). Nivel Sistema de Control: En este nivel se encuentran los Controladores Lógicos Programables (PLC), Unidades Terminales Remotas (RTU), Controladores Industriales, Sistemas de Control Distribuido (DCS) y demás dispositivos electrónicos de control. En suma, constituyen los elementos de mando y control de la maquinaria del nivel de proceso e instrumentación.

c). Nivel Sistema SCADA: Dependiendo de la filosofía de control de la empresa, este nivel emite órdenes de ejecución al nivel sistema de control y recibe situaciones de estado de dicho nivel. Igualmente recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento, etc., del nivel sistema MES y realimenta

dicho nivel con las incidencias (estado de órdenes de trabajo, situación de máquinas, estado de la obra en curso, etc.) ocurridas en planta.

d). Nivel MES: Los sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*), o Sistemas de Ejecución de Manufactura, son principalmente sistemas informáticos en línea que proporcionan herramientas para llevar a cabo las distintas actividades de la administración de la producción.

e). Nivel ERP: (Planeación de los Recursos de la Empresa). En este nivel se lleva a cabo la gestión e integración de los niveles inferiores; considerando principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global, tales como compras, ventas, comercialización, objetivos estratégicos, planificación a mediano y largo plazo e investigación. (Rodríguez, 2007).

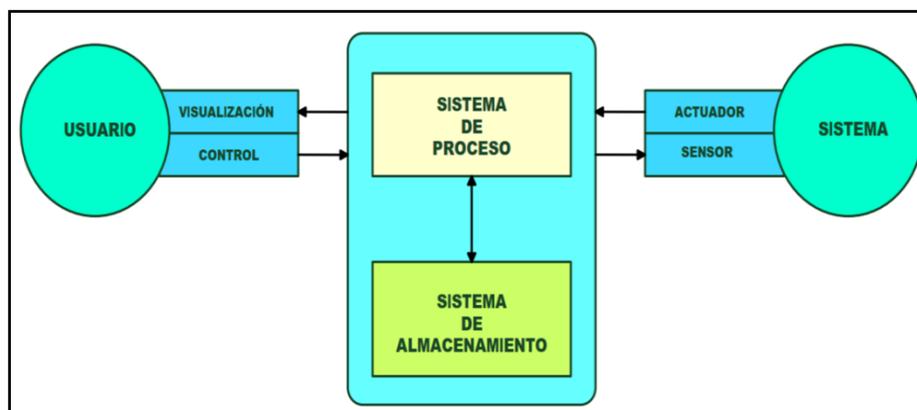
2.7.2. Arquitectura de un Sistema SCADA

A través de las herramientas de verificación y control, un operador tiene acceso al Sistema de Control de Proceso, generalmente un ordenador donde reside la aplicación de control y supervisión (Sistema Servidor). La comunicación entre estos dos sistemas se suele realizar a través de redes de comunicaciones industriales corporativas como Ethernet.

El Sistema de Proceso capta el estado del Sistema a través de los elementos sensores e informa al usuario a través de las herramientas HMI. Basándose en los comandos ejecutados por el usuario, el sistema de proceso inicia las acciones pertinentes para mantener el control del sistema a través de los elementos actuadores. A través del programa de adquisición de datos y control, el mundo de las máquinas se integra directamente en la red

empresarial, pasando a formar parte de los elementos que permitirán crear estrategias de empresa. (Rodríguez, 2007)

Figura 27: Estructura básica de un sistema de supervisión.



Fuente: (Rodríguez, 2007).

Un sistema SCADA es una aplicación de software especialmente diseñada para trabajar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, RTU (Unidades de Terminal Remotas), donde se pueden encontrar elementos tales como PLC o PAC, donde se controla el proceso de forma automática. (Rodríguez, 2007)

2.7.3. Hardware

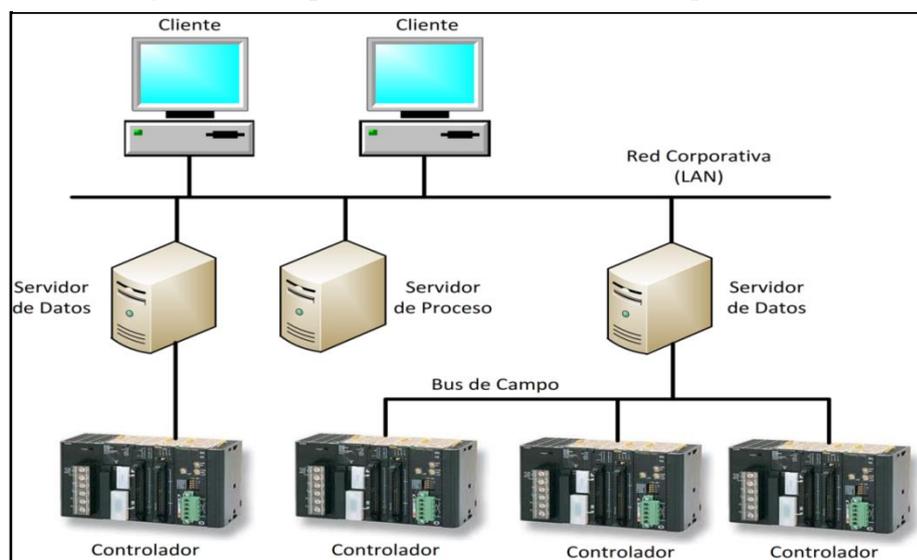
Un sistema SCADA está dividido en dos grandes bloques:

2.7.3.1. Captadores de datos

Son los servidores del sistema donde recopilan los datos de los elementos de control del sistema, tales como autómatas, reguladores, registradores, transmisores entre otros, los mismos que son procesados para su utilización.

2.7.3.2. Utilizadores de datos.

Figura 28: Arquitectura de un sistema de supervisión.



Fuente: Elaboración propia del autor

Son los clientes, ellos utilizan la información recogida por los anteriores, como pueden ser las herramientas de análisis de datos o los operadores del sistema. Mediante los clientes de los datos residentes en los servidores pueden evaluarse para realizar acciones oportunas y así mantener las condiciones permitidas en el sistema. Los buses de campo, y los controladores de proceso envían información a los Servidores de datos (Data Servers), los cuales, a su vez, intercambian la información con niveles superiores del sistema automatizado a través de redes de comunicaciones de área local. (Rodríguez, 2007)

Una unidad central (MTU, Master Terminal Unit), centraliza el mando del sistema haciendo uso extensivo de protocolos abiertos, lo cual permite la interoperabilidad de multiplataforma y multi-sistemas. Por lo tanto, sus tareas importantes están enfocadas a funciones específicas como almacenar datos

(Database Server), almacenar archivos (File Server), administrar y realizar el intercambio de datos en tiempo real con estaciones remotas. (Rodríguez, 2007)

Figura 29: Cuarto de control central.



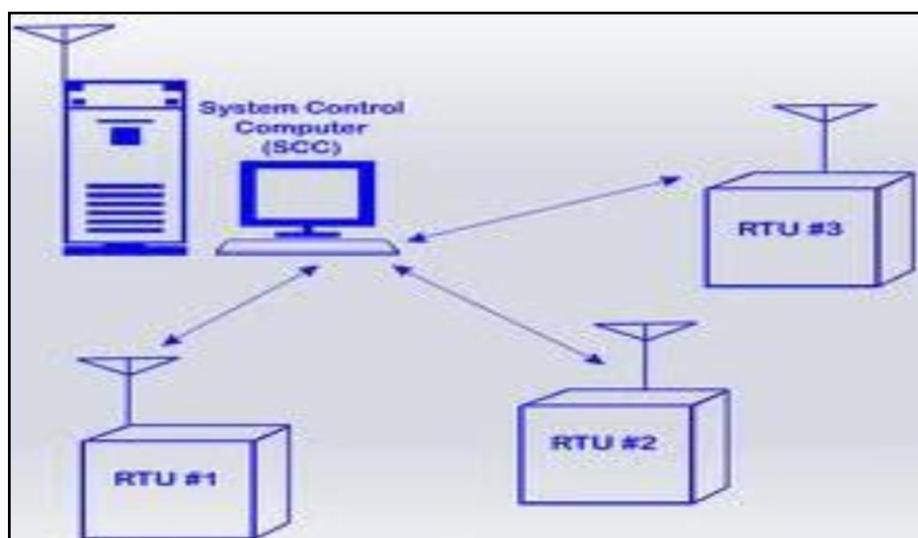
Fuente: (Rodríguez, 2007)

La unidad remota (RTU, Remote Terminal Unit) es un conjunto de elementos dedicados a labores de control y/o supervisión de un sistema, alejados del centro de control y comunicados con éste mediante algún canal de comunicación. Suelen estar basadas en ordenadores especiales que controlan directamente el proceso mediante tarjetas convertidores adecuados o que se comunican con los elementos de control, mediante los protocolos de comunicación adecuados.

En los sistemas de comunicación el intercambio de información entre servidores y clientes se basa en la relación de producto-consumidor. Los servidores de datos interrogan de manera cíclica a los elementos de campo, recopilando los datos generados por registradores, autómatas, entre otros.

Un servidor de datos puede gestionar varios protocolos de forma simultánea, estando limitado por su capacidad física de soportar las interfaces de hardware. Éstas permiten el intercambio de datos bidireccional entre la Unidad Central y las unidades Remotas mediante un protocolo de comunicaciones determinado y un sistema de transporte de la información para mantener el enlace entre los diferentes elementos de la red como la fibra óptica. (Rodríguez, 2007)

Figura 30: Unidades Remotas.

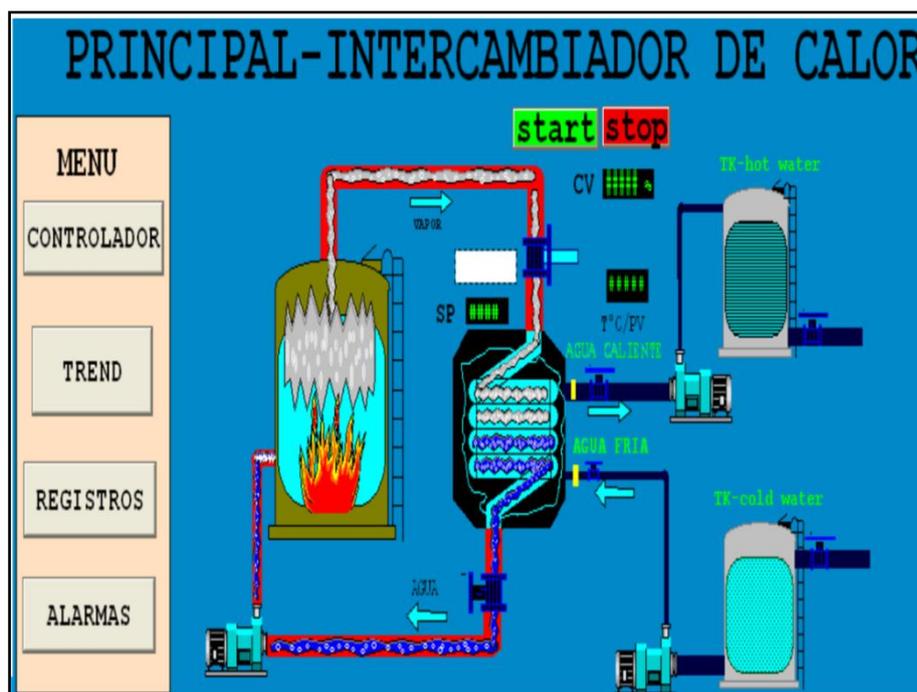


Fuente: (Rodríguez, 2007)

2.7.4. Software.

Un programa tipo HMI (Interfaz Humano Maquina) se ejecuta en un ordenador o terminal gráfico y unos programas específicos le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta (hacia abajo) y los elementos de gestión (hacia arriba). Estos programas son lo que denominamos controladores o driver de comunicaciones.

Figura 31: Ejemplo de un HMI.



Fuente: (Morocco, 2013).

De acuerdo a la importancia del sistema, es posible especializar componentes, realizando tareas exclusivas dentro del sistema de control. Una vez los datos de plantase han procesado, pueden transferirse a otras aplicaciones de software, tales como hojas de cálculo o bases de datos. Esto es lo que se denomina gestión de datos, que nos permite analizar eventos, alarmas, emergencias, entre otros, ocurridos en la producción.

En un sistema SCADA tendremos dos bloques bien diferenciados:

- a). **Programa de Desarrollo:** Engloba las utilidades relacionadas con la creación y edición de las diferentes ventanas de aplicación, así sus características como textos, dibujos, entre otros.
- b). **El Programa de Ejecución o Runtime:** Permite ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo, por lo que en la industria se entrega, como producto acabado, el Runtime y la aplicación.

A su vez cualquier sistema de visualización posee utilidades para realizar la configuración del sistema de comunicaciones, tales como: pantallas, contraseñas, impresiones o alarmas. Por tanto, los módulos más habituales en un sistema SCADA, visto como sistema de desarrollo gráfico, es decir, la HMI, son:

c). Configuración Permite definir el entorno y la forma de trabajo para poder adaptarlo a las necesidades de la aplicación.

d). Interface Gráfica. Permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, con animación dinámica y en tiempo real, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta.

e). Tendencias. Son las utilidades que permiten representar de forma gráfica la evolución de variables del proceso.

f). Alarmas y Eventos. Las alarmas se basan en la vigilancia de los parámetros de las variables del proceso. Son los sucesos no deseables, porque su aparición puede dar lugar a fallas en el funcionamiento. El resto de situaciones, consideradas de carácter normal, tales como puesta en marcha, paradas, cambios de Set Point, consulta de datos, etc., se denominan eventos del sistema o sucesos que por lo general se utilizan para ver por ejemplo si un motor está activo o inactivo.

g). Registro y Archivado. El registro, consisten en el almacenamiento temporal de valores, generalmente basándose en un patrón cíclico y limitado en tamaño.

También es posible definir que, una vez el registro llegue a su límite de almacenamiento, se guarde una copia en un archivo (archivado) que no se borra, como sucede con el registro, quedando a disposición del usuario.

h). Comunicaciones: Es posible el intercambio de información entre los elementos de planta, la arquitectura de hardware implementada y los elementos de gestión.

2.8. SISTEMAS DE CONTROL

Controlar un proceso consiste en mantener constantes ciertas variables, prefijadas de antemano. Las variables controladas pueden ser, por ejemplo: Presión, Temperatura, Nivel, Caudal, Humedad, etc.

Un sistema de control es el conjunto de elementos, que hace posible que otro sistema, proceso o planta permanezca fiel a un programa establecido. Como ejemplo de control.

a). Temperatura de nuestro cuerpo: si la temperatura sube por encima de 37°C, se suda, refrescando el cuerpo. Si la Temperatura tiende a bajar de 37°C, el cuerpo, involuntariamente, comienza a temblar, contracción muscular que calienta nuestro cuerpo, haciendo que se normalice nuestra temperatura.

Por tanto, en este caso:

- El sistema de medida o sensores = Células nerviosas de la piel.
- Señal de consigna = 37°C.
- Acción de control de la temperatura = Sudar o temblar.

En los sistemas de control, una magnitud física variable se representa generalmente mediante una señal eléctrica que varía de manera tal que describe dicha magnitud, las señales eléctricas son mayormente utilizadas por:

- Resulta muy sencillo procesarlas mediante circuitos electrónicos, que son tanto económicos como fiables.
- Pueden transmitirse sin dificultad a largas distancias.
- Pueden almacenarse para ser posteriormente reproducidas.

Los tipos de señales eléctricas más utilizadas son:

- a). Señal analógica:** (n° infinito de valores) y que tiene una variación continua en el tiempo.
- b). Señal digital:** (n° finito de valores) y que tiene una variación discreta de valores en el tiempo.
- c). Señal digital binaria:** (dos valores concretos, 1 y 0) la señal eléctrica sólo puede adoptar dos niveles de tensión.

Por ejemplo, una señal eléctrica será la variación de la salida de tensión de un termopar que mide temperatura y la variación de temperatura la transforma en variación de tensión

2.8.1. Tipos de control, atendiendo al circuito implementado

Se tienen los siguientes:

- **Control manual:** El operador aplica las correcciones que cree necesarias.
- **Control automático:** La acción de control se ejerce sin intervención del operador y su solución es cableada, es decir, rígida, no se puede modificar.
- **Control programado:** Realiza todas las labores del control automático, pero su solución es programada. Se puede modificar su proceso de operación o ley de control.

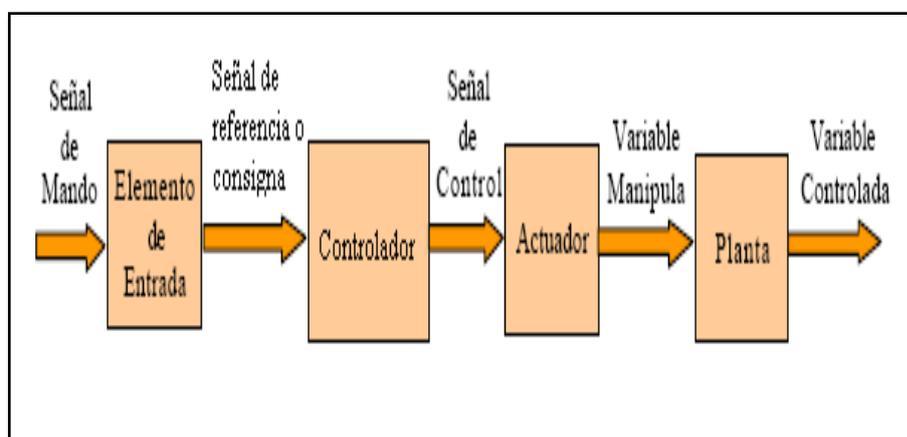
2.8.2. Estructura de un sistema de control

Se tiene dos tipos de estructura diferente de lazo de control:

2.8.2.1. Sistemas de control en lazo abierto

Aquel en el que ni la salida ni otras variables del sistema tienen efecto sobre el control es decir NO TIENE REALIMENTACION. En este sistema cualquier perturbación desestabiliza el sistema, y el control no tiene capacidad para responder a esta nueva situación.

Figura 32: Sistema de control en lazo abierto.

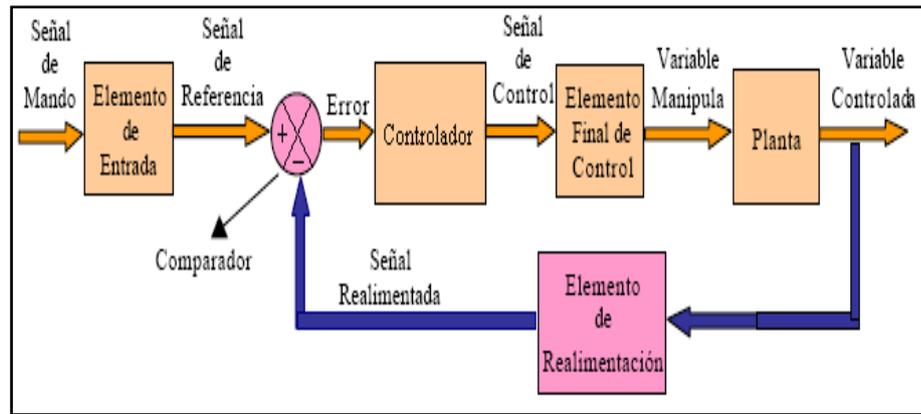


Fuente: (Morocco, 2013).

2.8.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado.

En un sistema de control de lazo cerrado, la salida del sistema y otras variables, afectan el control del sistema, es decir TIENE REALIMENTACION en este sistema cualquier variación en la salida o en otra variable, se mide, y el controlador, modifica la señal de control para que se estabilice, el sistema ante la nueva situación.

Figura 33: Sistema de control en lazo cerrado.

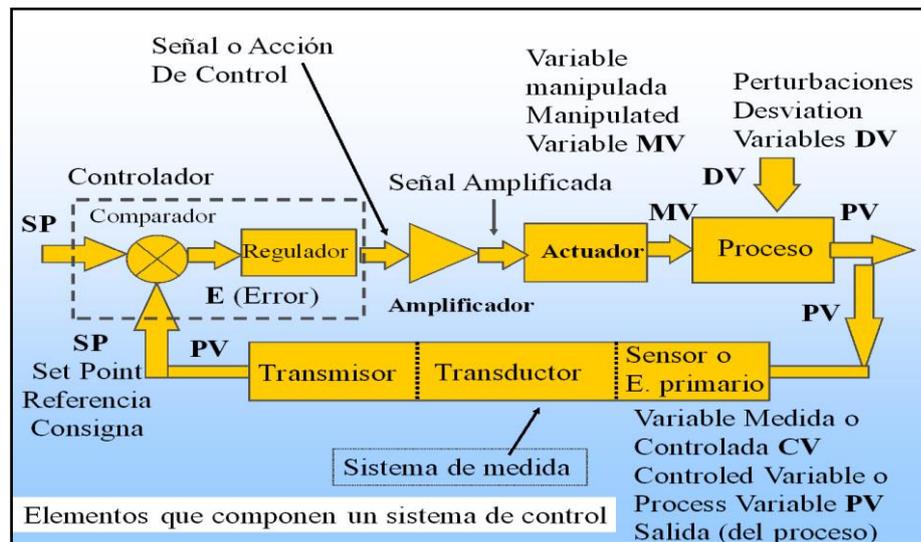


Fuente: (Morocco, 2013).

2.9. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA DE CONTROL.

La figura 34 representa uno de los posibles esquemas de bloques de un sistema de control genérico y simple, en lazo cerrado (retroalimentado), con una sola entrada y una sola salida, para un sistema con señales continuas.

Figura 34: Elementos que componen un sistema de control.



Fuente: (Morocco, 2013).

Los elementos del sistema de control más importantes son los siguientes:

a). Actuador: Se trata de un componente encargado de actuar sobre el proceso o máquina en función de la señal recibida del amplificador. El actuador modifica la variable de entrada del proceso controlado, como ejemplo de actuador se tiene un relevador que se encargue de poner en marcha un motor o una válvula que controle el flujo de vapor de una caldera.

b). Amplificador: Elemento que aumenta la amplitud o intensidad de un fenómeno. Tiene por finalidad amplificar la señal de error con objeto de que alcance un nivel suficiente para excitar el actuador, por lo general son de naturaleza electrónica y los más conocidos son los amplificadores de instrumentación.

c). Comparador: Elemento que compara la señal controlada con la señal de referencia para proporcionar la señal de error. El resultado de la comparación representa la desviación de la salida con respecto al valor previsto. Se le conoce también como detector de error.

d). Transductor: Dispositivo que transforma un tipo de energía en otro más apto para su utilización. Si la energía transformada es en forma eléctrica se llama sensor. Por ser el instrumento encargado de detectar la señal de salida para utilizarla de nuevo en el proceso de realimentación se le llama en los sistemas de control captador, se debe aclarar que todo sensor es un transductor pero no todo transductor es un sensor.

e). Controlador: Elemento de los sistemas digitales que incluye las funciones del comparador, el amplificador y el acondicionador de señales.

2.9.1. Variables de un Sistema de Control.

Las señales más significativas del sistema de control son:

a). Señal de referencia, set point o consigna: Señal que se calibra en función del valor deseado a la salida del sistema.

b). Variable controlada CV: Es la cantidad o condición que se mide y controla. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema, por lo general la variable controlada es la que se encarga de hacer funcionar al actuador.

c). Señal activa o Error: Se denomina así a la señal de error que es la diferencia entre la señal de referencia y la señal realimentada, considerándose en lazo cerrado.

d). Perturbaciones: Señales indeseadas que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, en tanto que una perturbación externa se produce fuera del sistema, para la modelación de un sistema se considera como perturbaciones a la función rampa y escalón muy conocidos en el curso de control.

e). Variable Manipulada: es la señal de salida de los actuadores, aplicada como entrada en la planta. Usualmente, en un sistema de control si se dan la entrada y la salida, es posible identificar, delinear o definir la naturaleza de los componentes del sistema.

2.10. FABRICACIÓN DE LADRILLOS

2.10.1. Selección y preparación de la mezcla.

La arcilla debe someterse a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece además a la descomposición

de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material.

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena.

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25 por ciento del total

2.10.2. Moldeado

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal únicamente consiste en llenar las gaveras o moldes vaciando la mezcla dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada.

La fabricación mecánica puede ser mediante una máquina que se conoce como galletera de hélice o mediante una prensa de vacío. La galletera de hélice consiste en un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje guarnecido con una hélice que impulsa la pasta y la obliga a salir por la boquilla

2.10.3. Secado

El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta. Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar durante un tiempo el ladrillo recién moldeado en el mismo lugar donde fue hecho para que pierda humedad y sea posible su manipulación.

En el proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: Transferencia de calor y transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de difusión del agua presente en la arcilla. El fenómeno de transferencia de masa se da siempre y cuando exista un gradiente de humedad entre el ambiente y la arcilla, ya que se produce

cuando el vapor de agua se difunde a través de los poros de la matriz arcillosa. El tiempo de secado dependerá de la velocidad de difusión, misma que está en función del tamaño, longitud y forma del poro de la arcilla.

2.10.4. Cocción

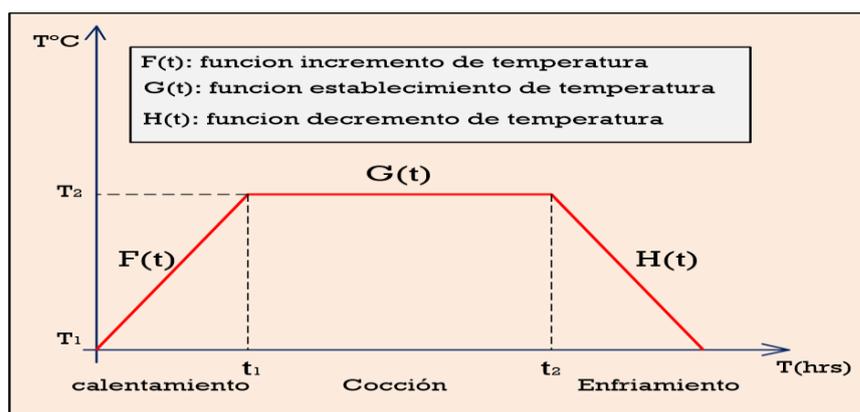
El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, de arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final.

Las fases de cochura en el horno son:

- Precalentamiento (200°C).
- Cocción (1000°C).
- Enfriamiento (700°C).
- Maduración del producto entre 900°C y 1000 °C.

Otro factor importante a considerar es el control de la curva de cocción, de la cual dependerán varias de las características del ladrillo. Si no se controla la evolución de la temperatura en el tiempo, puede haber problemas con el ladrillo, incluso durante el calentamiento y enfriamiento, ya que pueden presentarse tensiones que produzcan roturas.

Figura 35: Comportamiento de temperatura para la cocción de ladrillo.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

2.11. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

Aplicación: Una máquina o proceso monitoreado y controlador por un controlador. El uso de rutinas basadas en computadora o procesador para fines específicos. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

Archivo: Una recolección de datos o lógica organizada en grupos. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

Autómata: Equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Bit: La unidad de memoria más pequeña usada en la lógica discreta o binaria, donde el valor 1 representa activado y el valor 0 representa desactivado. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Carga: La transferencia de datos desde el controlador a un dispositivo de programación o almacenamiento. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Controlador: Un dispositivo, tal como un controlador programable, usado para controlar dispositivos de salida. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Descarga: La transferencia de archivos de datos o programas a un dispositivo.
(ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Full-duplex: Un modo de comunicación donde los datos pueden transmitirse y recibirse simultáneamente (a diferencia de half-duplex). (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Instrucción: Operación que va a ser realizada por el procesador. Un renglón en un programa consta de un conjunto de instrucciones de entrada y salida. Las instrucciones de entrada son evaluadas por el controlador como verdaderas o falsas. A su vez, el controlador establece las instrucciones de salida como verdaderas o falsas. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Procesador: La sección de toma de decisiones y almacenamiento de datos de un controlador programable. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Protocolo: Las reglas de intercambio de datos mediante comunicaciones.
(ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Red: Una serie de estaciones (nodos) conectados por algún tipo de medio de comunicación. Una red puede tener un vínculo o muchos vínculos.
(ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Relé: Un dispositivo que funciona eléctricamente y que conmuta mecánicamente los circuitos eléctricos. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

RS-232: Un estándar EIA (Electronics Industries Association) que especifica características eléctricas, mecánicas y funcionales para circuitos de comunicación binaria en serie. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Velocidad en baudios o baud rate: La velocidad de comunicación entre dispositivos. La velocidad en baudios generalmente se muestra en K baudios.

Por ejemplo, 19.2 K baudios =19,200 bits por segundo. (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Transductor: Dispositivo por lo general electrónico que convierte una señal física (presión, velocidad, temperatura, etc.) en corriente o tensión de voltaje.

Interface: Son aquellos circuitos o dispositivos electrónicos que nos permiten la conexión a la CPU de los dispositivos periféricos descritos.

OPC: (*OLE for Process Control*) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece un interface común para comunicación que permite que componentes software individuales interaccionen y compartan datos.

DDE: (*Dynamic Data Exchange*) es una tecnología de comunicación entre varias aplicaciones bajo Microsoft Windows y en OS/2.

Interfaz Hombre Máquina (HMI): Interfaz es el punto, el área, el equipo o la superficie a lo largo de la cual dos cosas de naturaleza distinta convergen, en este caso el operador y el sistema de control.

Ladder: lenguaje de programación para controladores industriales, este lenguaje se asemeja a los planos eléctricos de automatismos.

2.12. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

2.12.1. Hipótesis General.

La construcción de un prototipo de planta procesadora de ladrillos permitirá implementar la misma, con un sistema de control automático mediante el software SCADA-RSview32 de Allen Bradley, para el laboratorio de control y automatización de la EPIME.

2.12.2. Hipótesis Específicas.

- a). El diseño y construcción adecuada, de un prototipo de planta procesadora de ladrillos permitirá implementar en el mismo, un sistema de control automático.
- b). Con la arquitectura Rockwell Automation de Allen Bradley será viable diseñar e implementar un sistema de control (Analógico-Discreto) para el prototipo de planta procesadora de ladrillos.
- c). Con el software RSview32 de Allen Bradley se implementará un sistema de supervisión SCADA para el prototipo de planta procesadora de ladrillos.
- d). Se realizará el equipamiento del laboratorio de control automatización de la EPIME, con un prototipo de planta industrial y mediante la implementación de guías de laboratorio el cual nos permitirá entender el funcionamiento del mismo.

2.12.3. Sistema de Variables.

Tabla 5: Sistema de variables.

| Variable(s) | Dimensión(es) | Indicador(es) |
|---|---|--|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | | |
| Diseño y construcción de Prototipo de planta procesadora de ladrillos. | -Longitud. -Fuerza. -Potencia. -velocidad | -Metros. -Newtons. -Watts. -Rpm |
| VARIABLE DEPENDIENTE | | |
| Automatizado, y control (Analógico-Discreto) del prototipo mediante el sistema SCADA RSview32 de Allen Bradley. | -Señales analógicas . -Señales discretas. -Temperatura. | -Voltios. -Amperios. -Grados Celsius. |
| Implementación de laboratorio de control y automatización de la EPIME, con prototipo de planta procesadora de ladrillo. | -Verificación y pruebas de laboratorio | -Guías de laboratorio. -Manual de funcionamiento. |

Fuente: Elaboración propia del Autor.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

La presente investigación denominada: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA PROCESADORA DE LADRILLO, IMPLEMENTADO CON UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA-RSVIEW32 DE ALLEN BRADLEY, PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA EPIME” es teórico, experimental y aplicada.

Se dice investigación experimental por obtener la información de la actividad intencional realizada por el investigador, y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo.

A la investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica y se encuentra íntimamente ligada a la anterior ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos que busca confrontar la teoría con la realidad.

En la presente investigación se presenta una relación entre las variables por identificar. A la variable dependiente (implementación de un sistema SCADA) como la dificultad y la alternativa de solución que se pretende aplicar para resolver o superar la dificultad, es la variable independiente (prototipo de planta procesadora de ladrillo), es decir el factor o asunto que suponemos que está ocasionando el problema viene a ser la variable independiente.

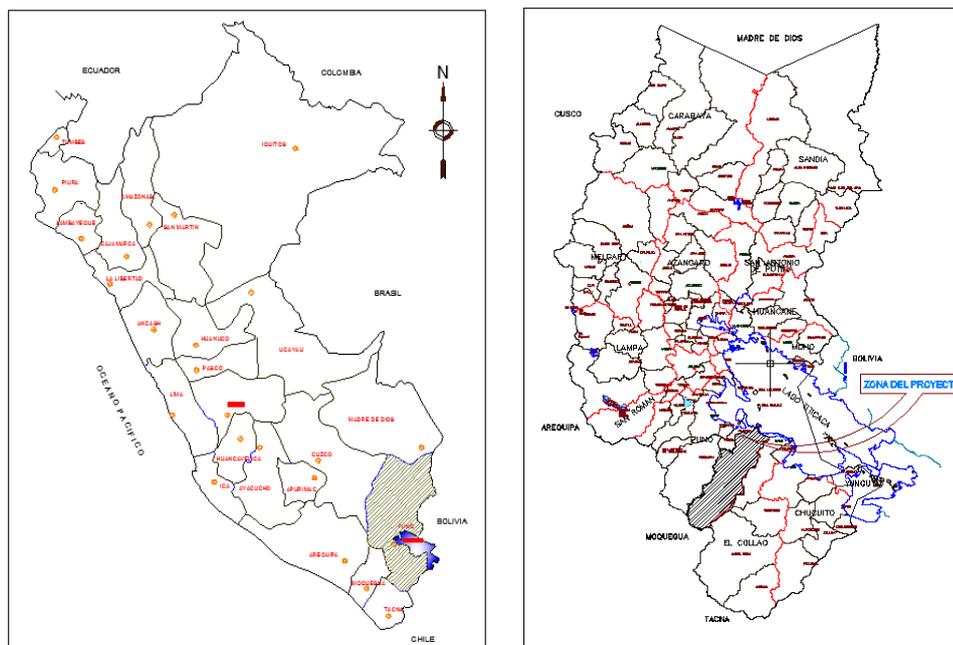
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

En el proyecto de investigación, la población a investigar es el prototipo de planta procesadora de ladrillo, debido a que en base a esta, es que se ha desarrollado el diseño de la implementación del sistema de control, implementación de la programación Ladder, implementación del SCADA y la elaboración de guías de laboratorio; es decir que la planta, es el objeto en estudio.

3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

El lugar donde se ejecuta la construcción e implementación del prototipo de planta procesadora de ladrillos es la Universidad Nacional del Altiplano en la ciudad de Puno a 3812 msnm, específicamente en el laboratorio de control y automatización de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Figura 36: Ubicación geográfica del proyecto de investigación.



Fuente: Elaboración propia del autor

3.4. INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación utilizada para la elaboración del presente trabajo de investigación consta básicamente de recursos tecnológicos, como software y hardware, específicamente de la marca Rockwell Automation de los controladores Allen Bradley los mismos que hacen posible el funcionamiento de la planta de acuerdo a los objetivos planteados en el inicio de este trabajo de investigación. También, se ha utilizado equipo electrónico, como sensores, fuente de alimentación dispositivos de amplificación de señal, los cuales se detallan en el capítulo IV,

3.4.1. Software

Los software que se ha utilizado, son de la plataforma Rockwell Automation, debido a que se cuenta con un controlador Micrologix Allen bradley 1500. Cada marca de controlador tiene su propio software.

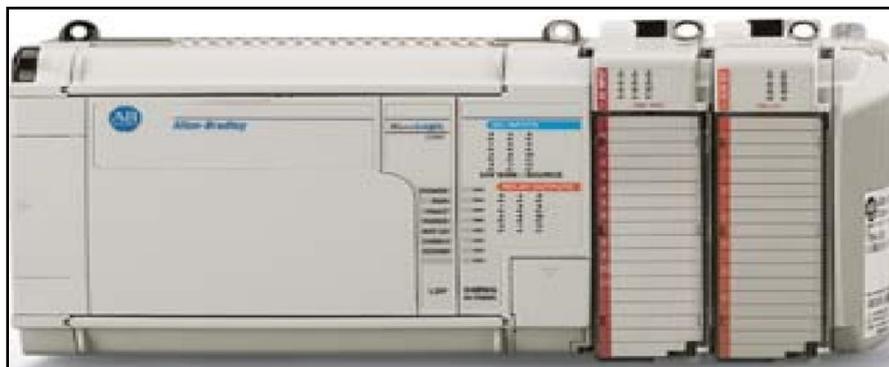
A continuación se describe los software utilizados y la función que desempeñan:

- **RS Linx**; permite el enlace entre el controlador PLC y la computadora de trabajo.
- **RS Logix 500**; permite la programación en lenguaje Ladder, para el PLC, se le puede asignar diferentes programas para que la planta funcione de acuerdo a las necesidades del programador.
- **RS View-32**; este programa permite elaborar el SCADA, para el prototipo de planta, con el objetivo de contar con una pantalla dinámica, que permita controlar y supervisar el funcionamiento de planta.

3.4.2. Hardware

Para el presente trabajo de investigación se ha utilizado un PLC de la marca Allen Bradley.

Figura 37: PLC Micrologix 1500 allen bradley



Fuente: Elaboración propia del autor

El PLC, Allen bradley 1500, es el miembro de la familia Micrologix. Se puede obtener mediante este, un rendimiento, potencia y flexibilidad inigualables. De hecho, puede cubrir muchas de las aplicaciones que tradicionalmente necesitaban controladores mayores y más costosos. Con su procesador extraíble, bases con E/S incorporadas y fuente de alimentación eléctrica, expansión mediante el 1769 compact I/O-el Micrologix 1500 incorpora las mejores características de un sistema modular en un dispositivo compacto de bajo costo.

En el lugar de ejecución del presente proyecto de investigación se cuenta con esta tecnología. De hecho, se tiene cuatro controladores Micrologix 1500, de los cuales se hará uso de uno de ellos.

Los detalles y especificaciones del software y hardware se desarrollan en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

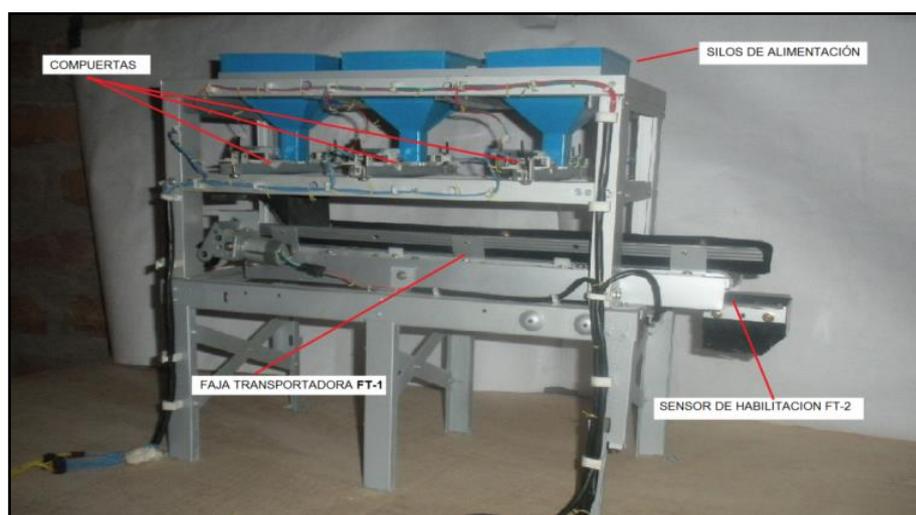
Al inicio del presente trabajo de investigación se ha propuesto como objetivo, la construcción del prototipo de planta automatizada, ello implica, la elaboración de diversos mecanismos, el montaje de sensores, la instalación eléctrica. la elaboración del software de comunicación, programación y SCADA; en este capítulo se hace una descripción general, en cuanto a la elaboración de cada uno de estos:

4.1. DESCRIPCIÓN DE MECANISMOS

La planta ejecuta los procesos de transporte, alimentación, mezclado, secado y cocción del ladrillo; para la alimentación de material se cuenta con tres tolvas de alimentación, para el traslado de material se requiere de fajas transportadoras, finalmente para el proceso de secado y cocción se requiere de un horno, el cual lo representamos mediante una cámara de temperatura de control analógico.

4.1.1. Sistema de tolvas para la alimentación de arcilla

Figura 38: Sistema de silos de Alimentación de Arcilla.

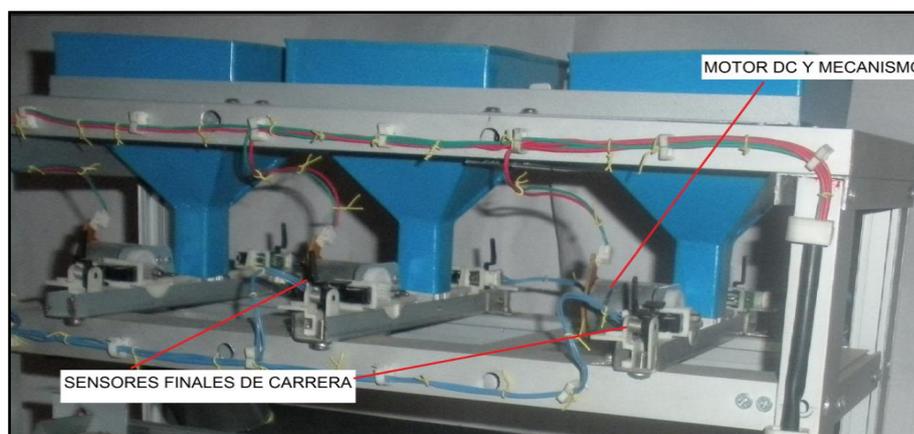


Fuente: Elaboración propia del autor

El sistema de alimentación de arcilla está equipado con tres tolvas o silos, cada silo consta con dos sensores del tipo fotoeléctrico de barrera, los cuales permiten controlar (mediante el PLC AB 1500) el funcionamiento del motor de corriente continua, el mismo, que se encarga del cierre y apertura de la compuerta de cada silo.

En la figura 39 se puede verificar la distribución de los sensores y motores en cada uno de los tres silos de alimentación, cada tolva de alimentación están asignadas como TOLV-1, TOLV-2, y TOLV-3.

Figura 39: Distribución de sensores y motores DC en silos de alimentación.



Fuente: Elaboración propia del autor.

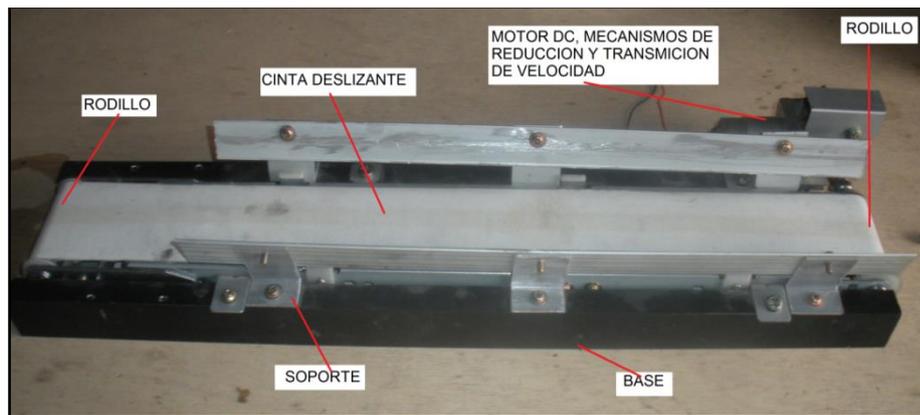
4.1.2. Fajas Transportadoras

En general, cada una de las fajas transportadoras están compuestas de la siguiente manera:

- Dos rodillos deslizantes.
- Cuatro rodamientos.
- Una cinta de arrastre.
- Motor DC (24V) y mecanismos de transmisión y reductor de velocidad.
- Base y soportes.

En la figura 40 se muestran en detalle los elementos anteriormente señalados. Las fajas transportadoras son asignadas como FT-1, FT-2, y FT-3 las cuales están constituidas y funcionan de la misma manera. En cuanto a la faja FT-4 posee un sistema diferente, el cual se explicará más adelante.

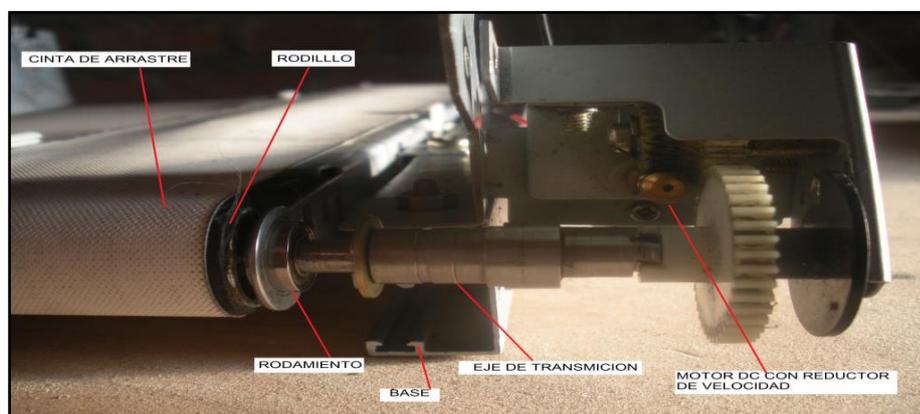
Figura 40: Estructura básica de la faja transportadora.



Fuente: Elaboración del Autor.

En la figura 40 se muestra en detalle el sistema de transmisión de movimiento, se puede verificar un motor DC con reductor de velocidad el cual esta constituido por tres engranajes uno tipo tornillo sin fin, otro helicoidal y el ultimo es un engranaje recto, todos ellos se comunican entre sí y, mediante un eje de transmision se conecta con el eje del rodillo.

Figura 41: Sistema de transmisión de las fajas transportadoras.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

a). **Faja transportadora (FT-1):** Su función es recibir el material de los tres silos en forma separada y luego transportarlos de manera conjunta hasta la faja transportadora FT-2, tal como se puede verificar en la figura 45: tiene una tolva de drenaje la misma que en su interior posee un sensor digital el cual detecta la presencia de material, y envía una señal digital hacia el PLC.

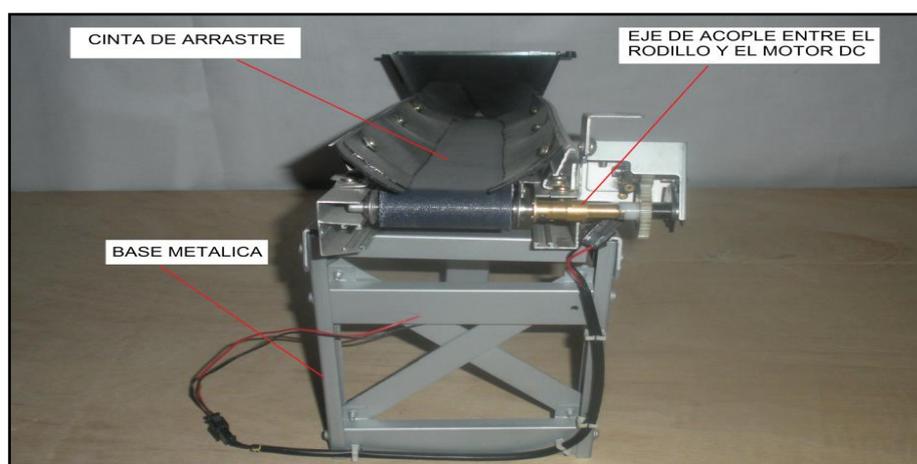
Figura 42: Faja transportadora FT-1.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Como se puede observar en la figura 41, la FT-1 y el sistema de silos de alimentación comparten la misma estructura metálica que sirve como base para ambos formando un sistema de alimentación y transporte.

b). **Faja transportadora (FT-2):** Su función es recibir el material, proveniente de al FT-1 y luego transportarlas hasta la zona de mezclado, tiene una base inclinada es por ello que a diferencia de las otras fajas se le ha provisto de un conjunto de cepillos que se encargan de la limpieza constante. En la figura 46 se puede verificar con mayor detalle la estructura que sirve como soporte para la faja transportadora FT-2, también se aprecia su sistema de transmisión

Figura 43: Faja transportadora FT-2.

Fuente: Elaboración propia del Autor.

c). Faja transportadora (FT-3): Su función, es recibir el material proveniente de faja FT-2, con el fin de elaborar el mezclado para posteriormente transportarlas hasta la máquina ladrillera. Se debe mencionar que en esta faja se tiene instalada la tolva de mezclado tal como se verifica en la figura 43.

Figura 44: Tolva de mezclado y faja transportadora FT-3.

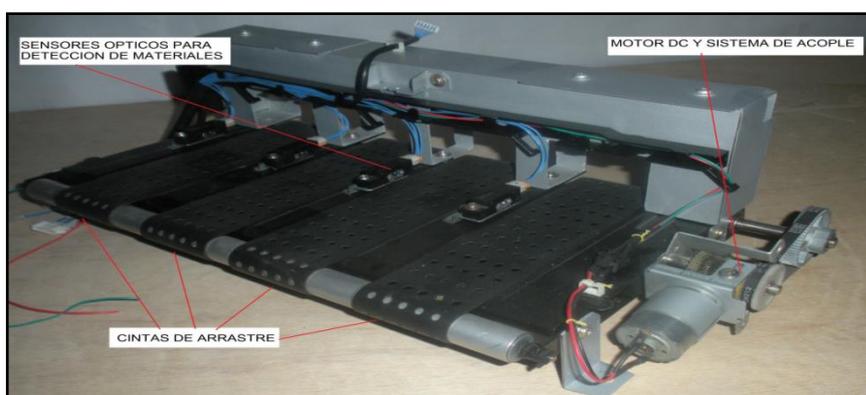
Fuente: Elaboración propia del Autor.

d). Faja transportadora (FT-4): Su estructura y mecanismos son diferentes en comparación con las fajas transportadoras descritas con anterioridad, debido a que cuenta con un sistema de impulsión constituido por una correa de transmisión, la cual comunica el eje del rodillo de la FT-4, con el engranaje del

reductor de velocidad que acompaña al motor DC; se debe tener en cuenta, que este último es idéntico a los motores DC de las otras fajas transportadoras.

Su función es recibir los ladrillos que provienen desde la máquina ladrillera, hasta un centro de acopio con la finalidad de juntar el producto casi terminado, también está provisto de unos sensores ópticos los cuales detectan los ladrillos tal como se muestra en la figura 45.

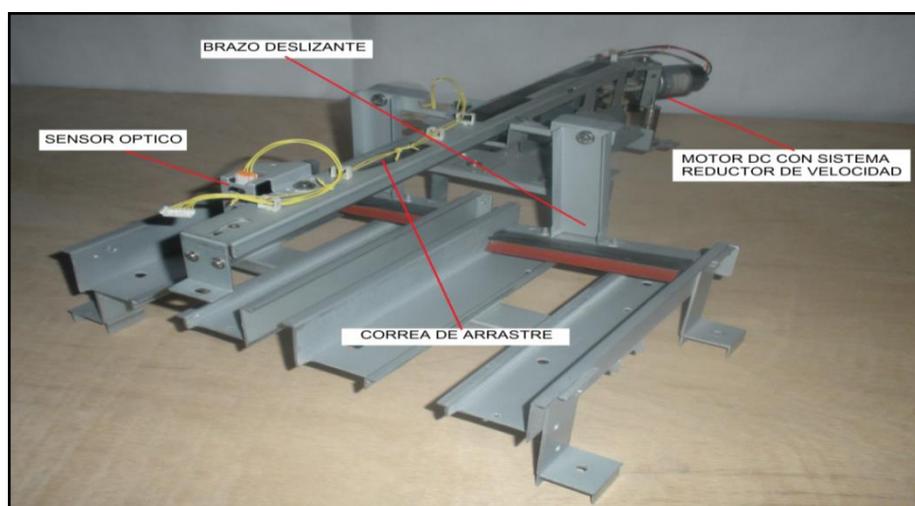
Figura 45: Faja transportadora FT-4 con su sistema de transmisión.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

e). Brazo de arrastre (BRAZ): Forma parte del sistema de transporte y su función es trasladar los ladrillos, desde la máquina ladrillera hasta la FT-4.

Figura 46: Brazo de arrastre.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 46 se muestra en detalle los componentes que forman parte de este mecanismo, se puede verificar que posee dos sensores ópticos que controlan el movimiento del brazo de arrastre.

4.2. DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPO ELECTRÓNICO.

Como se ha descrito anteriormente el módulo está conformado por una serie de mecanismos y sensores; los cuales en conjunto requieren para su funcionamiento una fuente de alimentación, un sistema de amplificación; es decir que se hace necesario utilizar parte de electrónica básica, la misma que será utilizada en los siguientes componentes de la planta:

- Horno de cocción (cámara de temperatura-ANALÓGICO)
- Sensores ópticos de presencia (ON-OFF).
- Fuente de alimentación.

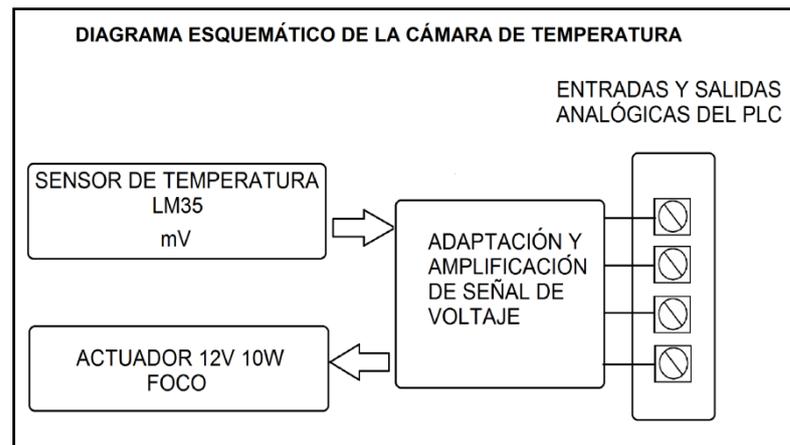
4.2.1. Cámara de Temperatura

El horno de cocción se representa mediante la cámara de temperatura, este último se utiliza por lo general para simular procesos térmicos como por ejemplo calderas, intercambiadores de calor, hornos, etc. Para su elaboración se requiere de una instalación eléctrica y electrónica.

Los componentes de la cámara de temperatura son los siguientes:

- Una entrada analógica (0-10V).
- Una salida analógica (0-10V).
- Un actuador resistivo.
- Sensor de temperatura.
- Ventilador de enfriamiento.
- Placa electrónica de amplificación de señal eléctrica.

Figura 47: Esquema básico de la cámara de temperatura.

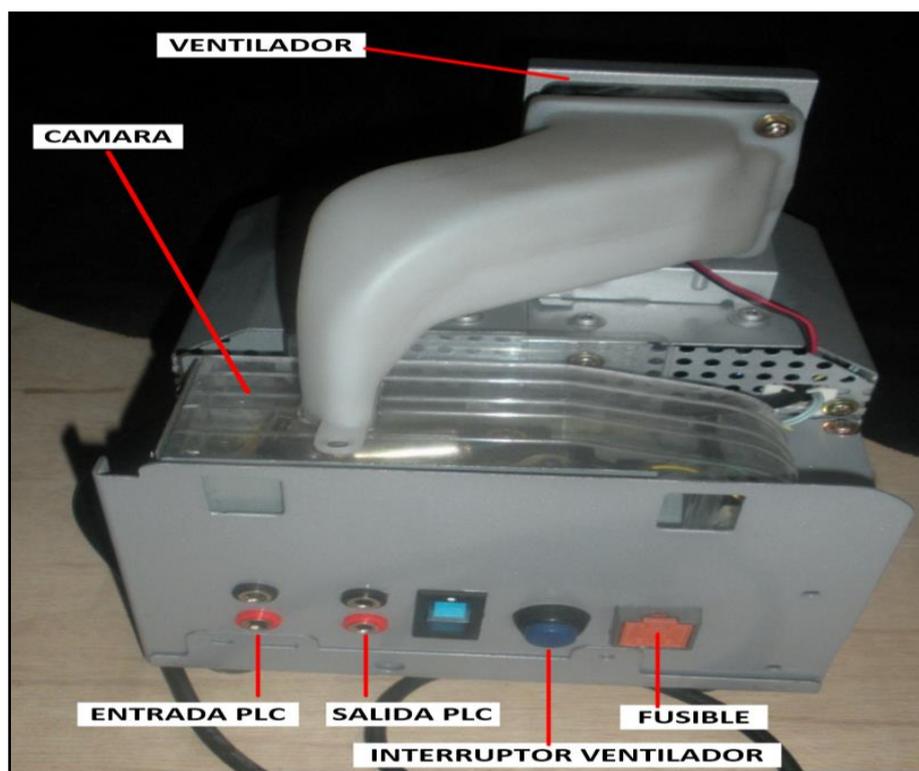


Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 47 se muestra en detalle el esquema de funcionamiento y construcción de la cámara térmica. El sensor de temperatura LM35 recoge la señal de calor que emite el foquito de 12 voltios; dicha señal de calor se transforma a una señal eléctrica, la cual es del orden de milivoltios por ello es necesario proceder con la etapa de amplificación, la cual consta de una placa electrónica cuya descripción se describe en el anexo del presente trabajo de investigación. Cuando la señal eléctrica es convertida en el orden de voltios es dirigida hasta la entrada analógica del PLC, en este último se procesa la información para que luego mediante la salida analógica del PLC se emita una señal de salida (0-10V), y por intermedio de la placa electrónica se produce el encendido proporcional del foquito, esto último indica que a medida que la intensidad de calor es baja el foquito emitirá mayor cantidad de calor y viceversa.

En la figura 49 se puede verificar la distribución conjunta del sensor de temperatura y el foquito de 12 voltios.

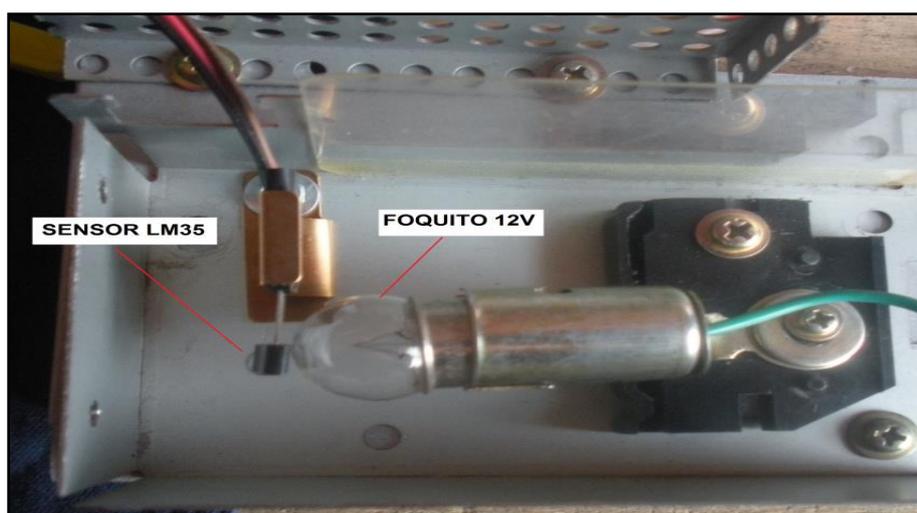
Figura 48: Cámara de temperatura.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 48 se puede apreciar el aspecto externo de la cámara de temperatura, indicando la distribución de accesorios y mandos de control.

Figura 49: Sensor LM35, foquito 12V, 10W

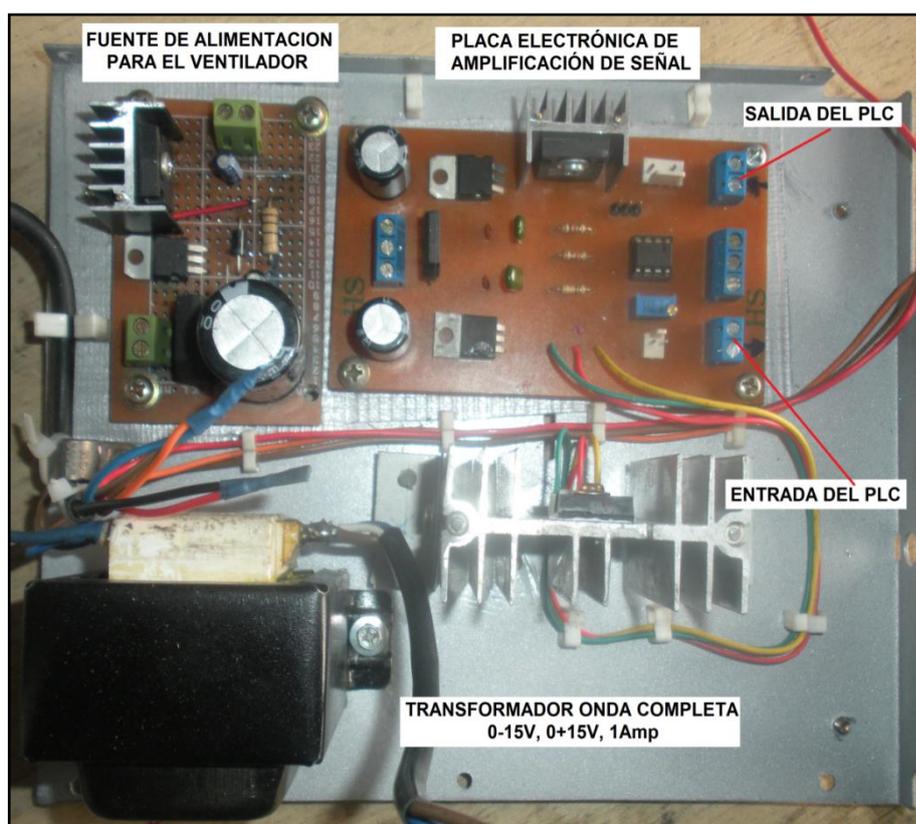


Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 49 se muestra el sensor y actuador (foquito de 12v) los mismos que se encuentran en contacto con la finalidad de adquirir la mayor cantidad de calor posible. Tanto el foquito como el sensor están cubiertos por una tapa de plástico, y además cuenta con un ventilador con el fin de enfriar la cámara en el caso que fuera necesario.

En la figura 50 se muestra el interior de la cámara de temperatura donde se puede apreciar la placa electrónica, el transformador, los disipadores, borneras de entrada y salida hacia el PLC entre otros accesorios.

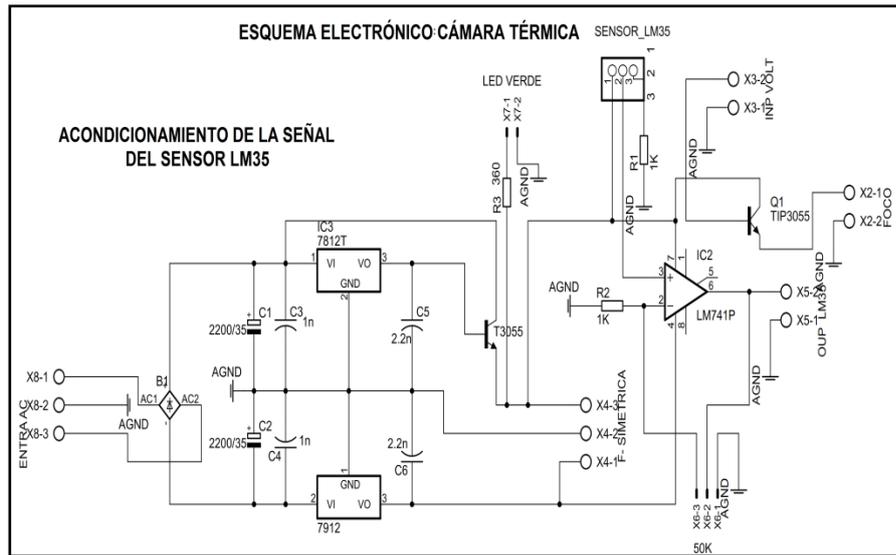
Figura 50: Sistema de amplificación para la señal de temperatura.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 51 se muestra el diagrama de la placa electrónica con las conexiones y los accesorios utilizados

Figura 51: Diagrama electrónico de la cámara térmica.

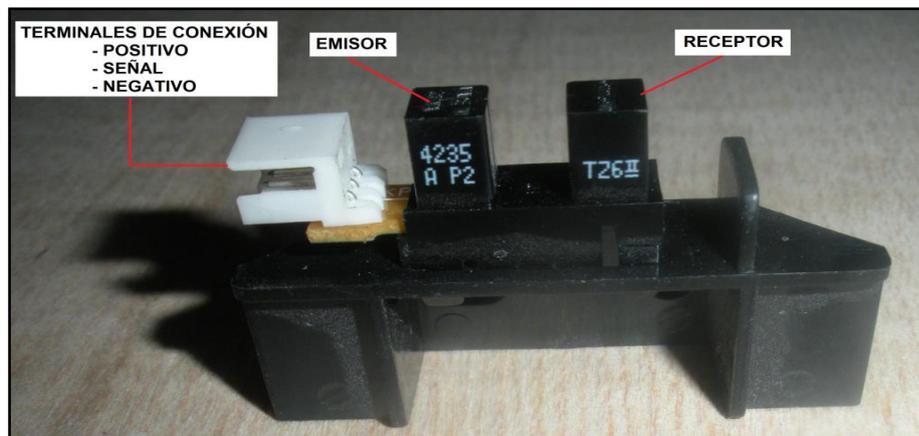


Fuente: Elaboración propia del Autor.

4.2.2. Sensores Fotoeléctricos tipo Barrera (ON-OFF)

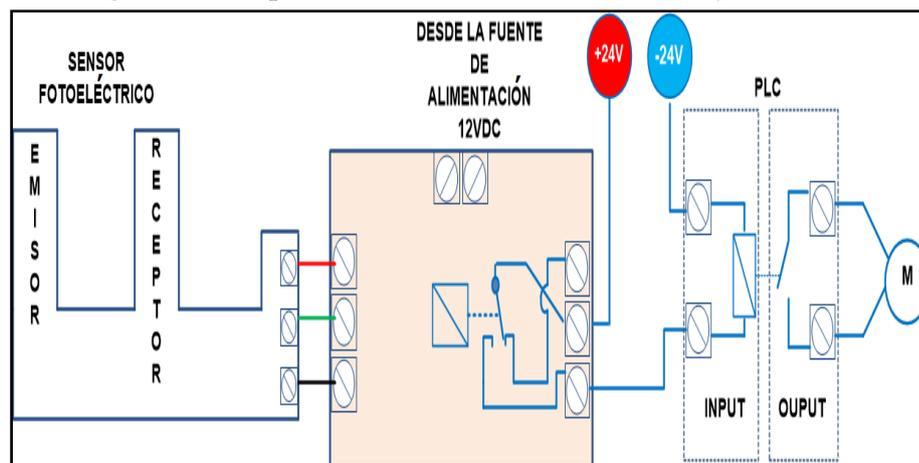
Los sensores fotoeléctricos del tipo barrera, tal como se ha descrito en el marco teórico del presente trabajo de investigación; constan de dos elementos fundamentales, los cuales son el emisor y el receptor. En la figura 52 se puede apreciar estos elementos, adicionalmente se muestra el detalle de su conexión entre otros.

Figura 52: Sensor fotoeléctrico utilizado en la instalación de la planta.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Figura 53: Esquema de conexión entre el sensor y el PLC.



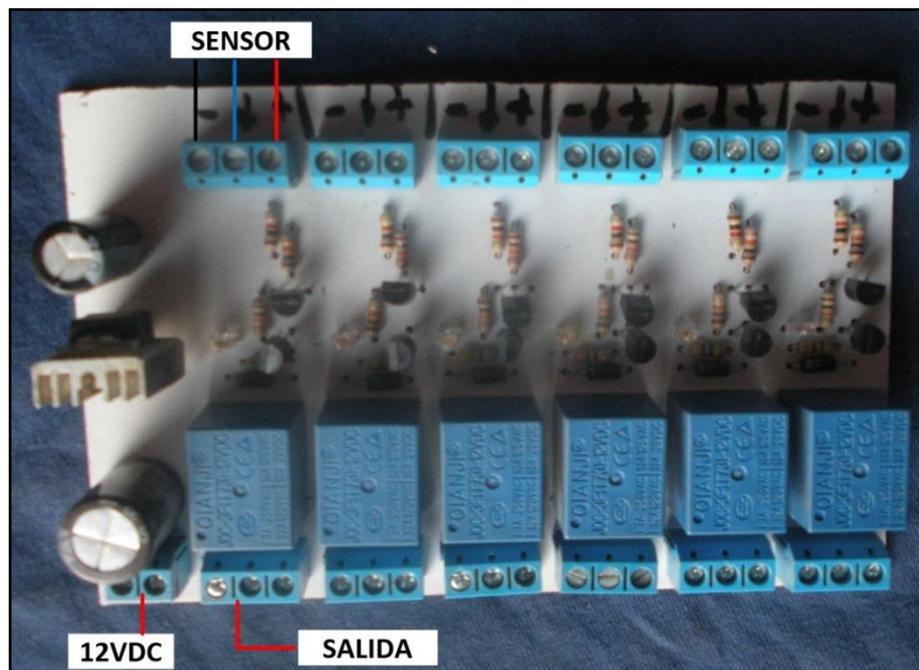
Fuente: Elaboración propia del Autor.

La emisión de un haz de luz por parte del emisor debe ser detectada por el receptor, si en caso se tiene una obstrucción entre ambos el sensor emite una señal que es enviada para su amplificación y finalmente activa el relevador llevando la señal hasta la entrada del PLC, con el fin de procesar la información para activar los actuadores y hacer funcionar los mecanismos que conforman la planta.

En la figura 53 se muestra con detalle el diagrama de conexión desde el sensor, placa de amplificación, PLC y finalmente actuador que en este caso es un motor de corriente continua.

Para amplificar la señal del sensor fotoeléctrico es necesario el uso de un sistema electrónico acompañado con un relevador o relé; Tal como se muestra en la figura 54, esta placa electrónica tiene como misión, recibir la señal del sensor y amplificarla para activar el relevador y así enviar una señal eléctrica hasta las entradas digitales del PLC. En la figura 54 se muestra la placa de amplificación electrónica, su diagrama de conexión se adjunta al anexo del presente trabajo de investigación.

Figura 54: Placa de amplificación para los sensores fotoeléctricos.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

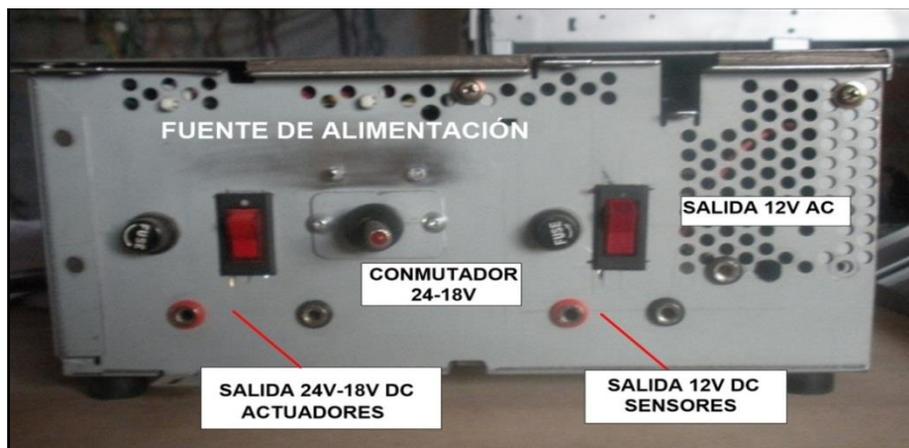
4.2.3. Fuente de Alimentación

Como se ha descrito anteriormente la planta está constituida por diversos accesorios, entre ellos, se tiene por ejemplo los sensores, fajas transportadoras, brazo de arrastre, etc. Los mismos requieren para su funcionamiento una fuente de alimentación que pueda proporcionar de la energía necesaria, es por ello que se ha construido una fuente de alimentación con las siguientes características:

- Fuente de regulación fija.
- Tiene dos salidas: 24V y 12V de corriente continua.
- Tiene una salida de 12V de corriente alterna.
- Corriente nominal de 1.5 amperios.

En la figura 55 se muestra el aspecto externo de la fuente de alimentación.

Figura 55: Fuente de alimentación eléctrica.

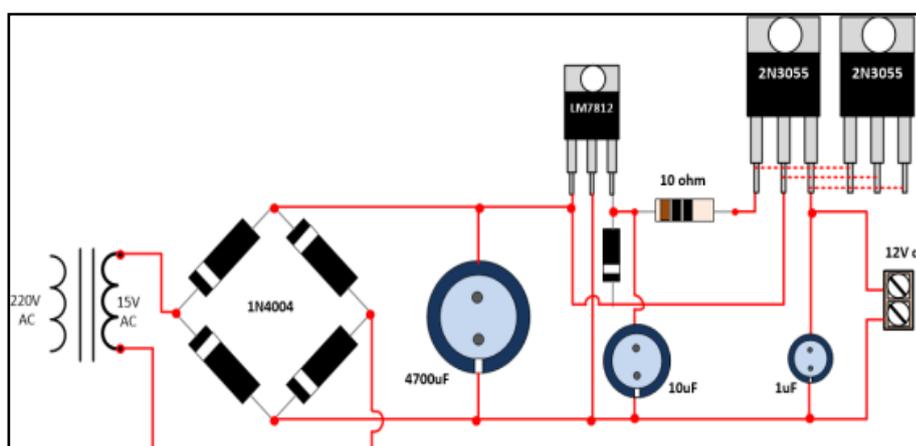


Fuente: Elaboración propia del Autor.

La salida de 24V DC alimenta a los motores distribuidos por toda la planta, la salida de 12V DC alimenta el sistema de amplificación de señal proveniente de los sensores y, para el funcionamiento de los mismos.

La salida de 12V AC alimenta de manera exclusiva al motor de la tolva de mezclado. Ya que este mecanismo es el único que posee un motor de corriente alterna de 12 voltios. El esquema básico de la fuente consta de una etapa de transformación, rectificación y filtrado tal como se puede ver en la figura 56.

Figura 56: Sistema de conexión de una fuente de poder.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

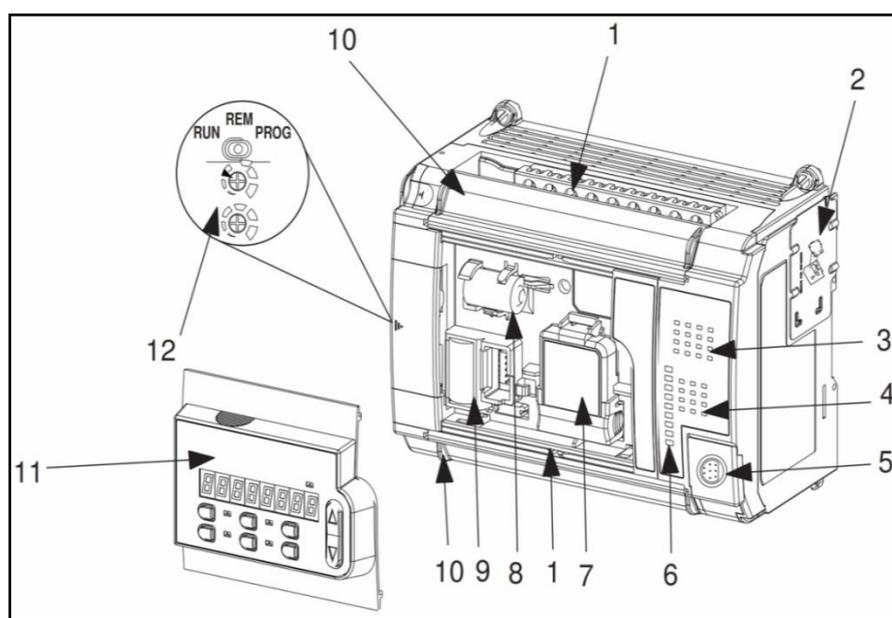
4.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MICROLOGIX 1500.

El controlador lógico programable Micrologix 1500 tiene las siguientes características:

- Modelo 1762-L28BXB.
- Quince entradas de tipo digital.
- Doce salidas de tipo digital.
- Voltaje de trabajo, 24 voltios de corriente continua.

4.3.1. Elementos Principales del Micrologix 1500 AB

Figura 57: Elementos del PLC Micrologix 1500 AB.



Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010).

El Micrologix 1500 AB es un PLC semimodular, debido a que posee entradas y salidas incorporadas, tiene la posibilidad de expandirse mediante la instalación de tarjetas externas de salidas y entradas del tipo digital y analógico. En la figura 57 se muestra el PLC, señalando sus principales elementos y en la tabla 6 la descripción de cada uno de ellos:

Tabla 6: Descripción de elementos del Micrologix 1500.

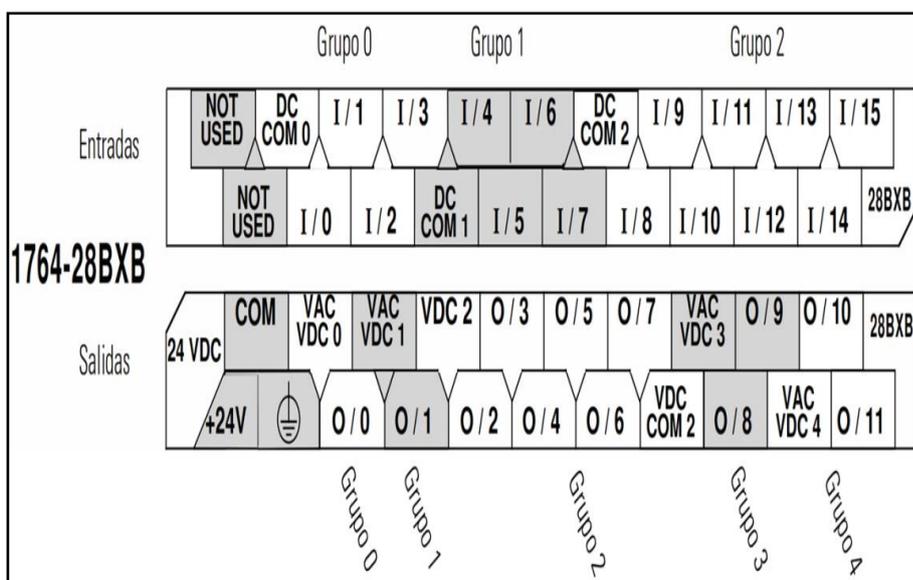
| Característica | Descripción | Núm. | Descripción |
|----------------|---|------|---|
| 1 | Bloque de terminal desmontable | 7 | Módulo de memoria/reloj en tiempo real |
| 2 | Interface a las E/S de expansión, barrera ESD desmontable | 8 | Batería de repuesto |
| 3 | Indicadores LED de entrada | 9 | Batería |
| 4 | Indicadores LED de salida | 10 | Puertas y etiquetas del terminal |
| 5 | Puertos de comunicaciones | 11 | Herramienta de acceso a datos |
| 6 | Estado del LED | 12 | Interruptor de modo, potenciómetros de ajuste |

Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

4.3.2. Bloque de Terminales de Entradas y Salidas (Incorporadas):

Las entradas y salidas digitales, incorporadas en el PLC Micrologix 1500 modelo 1764-28BXB se muestran en la figura 58:

Figura 58: Entradas y salidas incorporadas del PLC Micrologix 1500.

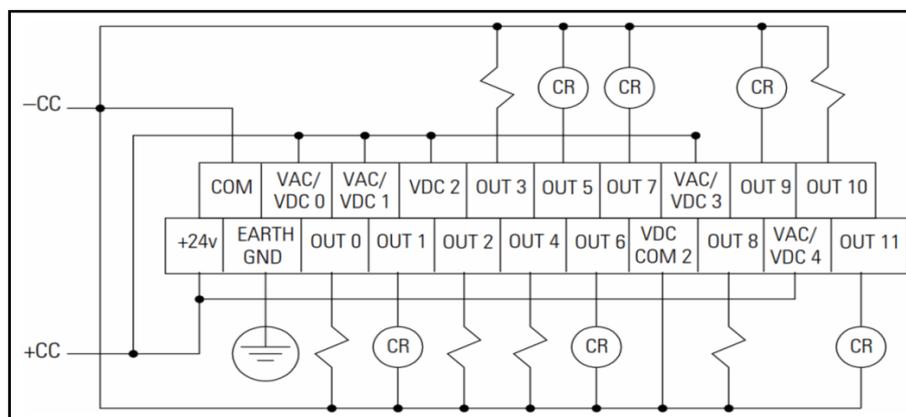


Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

4.3.2.1. Diagrama de Cableado de Entradas y Salidas Discretas

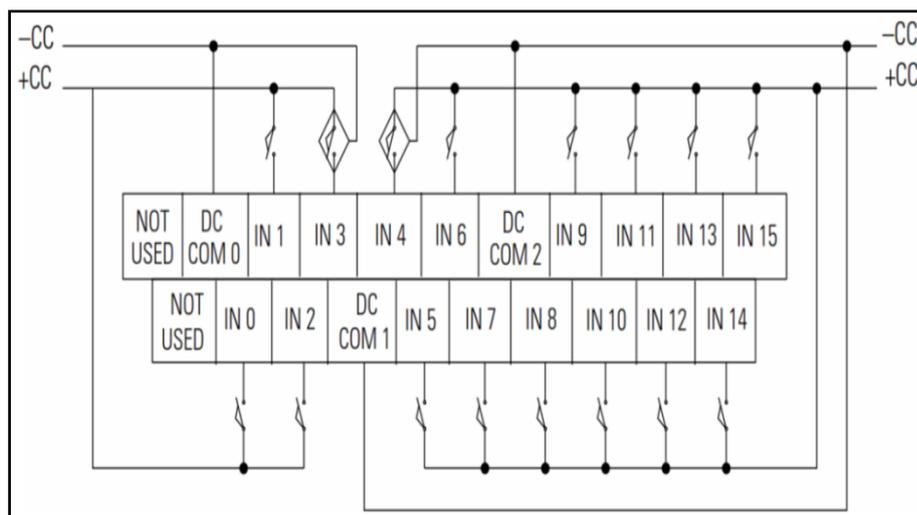
En las figuras 59 y 60, se muestran el diagrama de cableado para las entradas y salidas digitales del PLC Micrologix 1500 modelo 1764-28BXB, el diagrama de conexionado en el de planta se adjunta en los anexos del presente trabajo de investigación.

Figura 59: Cableado de salidas discretas.



Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

Figura 60: Cableado de entradas discretas.



Fuente: (ROCKWELL AUTOMATION, 2010)

4.4. ELABORACIÓN DEL SOFTWARE

Para trabajar con el PLC Micrologix 1500, se necesita proceder de la siguiente manera:

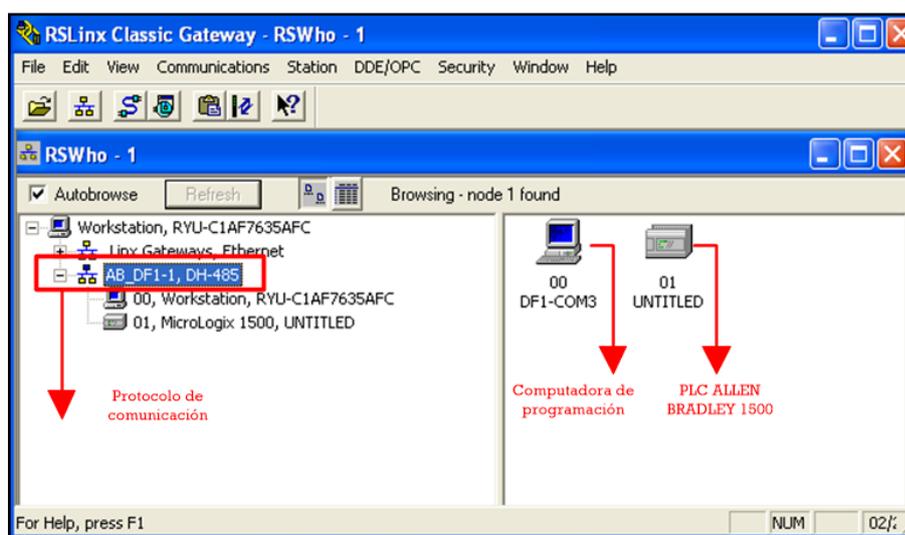
- Establecer comunicación entre el PLC y la PC (RS Linx classic).
- Programación del PLC (RS Logix-500).
- Crear una pantalla de control SCADA (RS View 32)

Los softwares RS Linx classic, RS logix 500 y RS View 32 conforman del paquete Rockwell Automation, el cual es propio de los controladores de la marca Allen Bradley.

4.4.1. Software de comunicación RS Linx classic.

El RS linx Classic es un programa que permite la comunicación entre el PLC Micrologix 1500, y la computadora. En la figura 61 se puede verificar la ventana principal de este software.

Figura 61: Ventana principal del RS Linx Classic.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

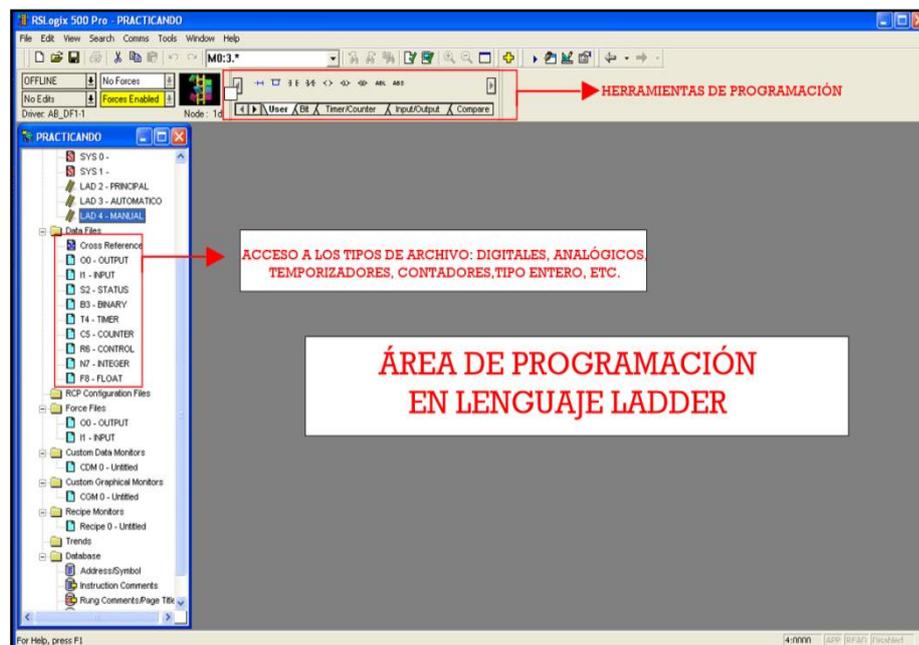
La figura 61 también muestra los elementos en red, que en este caso son la computadora de trabajo y el PLC, el protocolo de comunicación para este

caso es DFI-Full Duplex también llamado punto a punto, este tipo de protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones. El protocolo DF1 controla el flujo de mensajes, detecta señala errores y efectúa reintentos si se detectan errores.

4.4.2. Software de programación RS Logix-500.

Cuando se ha establecido comunicación entre el PLC y la computadora, el siguiente paso es elaborar la programación, para lo cual se requiere del software RS Logix-500; en la figura 62 se puede verificar su ventana principal.

Figura 62: Ventana principal del RS Logix-500.

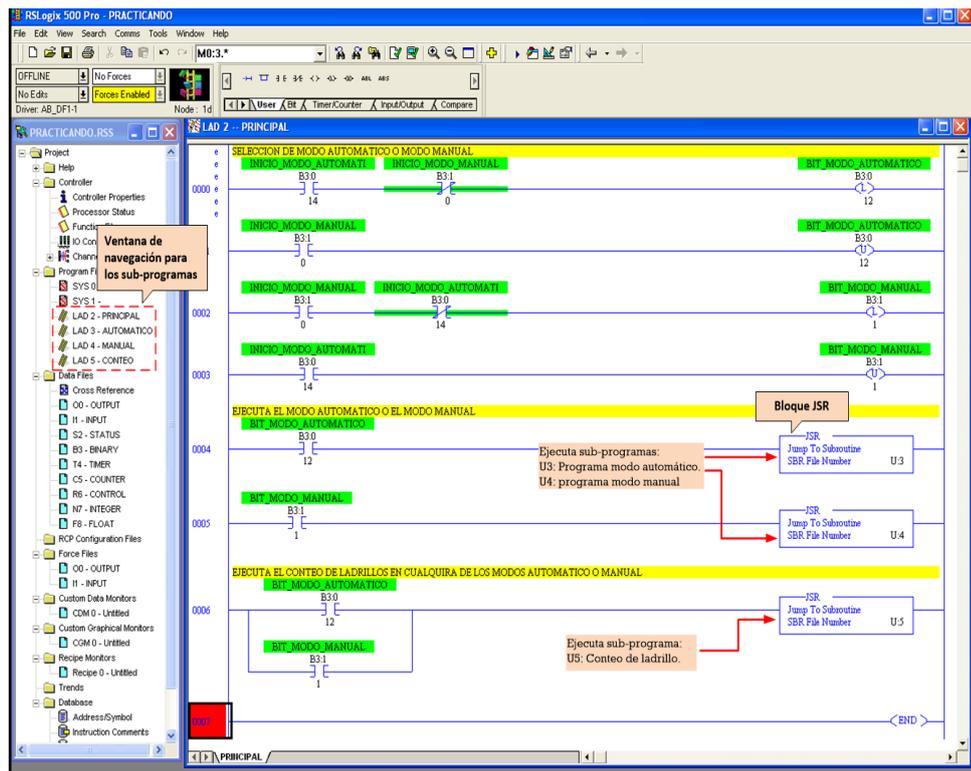


Fuente: Elaboración propia del Autor.

Se puede verificar también, la barra principal de herramientas, el área de programación, la barra de navegación, herramientas de programación, etc.

En el área de programación es donde se elabora el programa Ladder bajo el cual el PLC lo ejecutará y controlará toda la planta.

Figura 63: Diagrama Ladder para el prototipo de planta



Fuente: Elaboración propia del Autor.

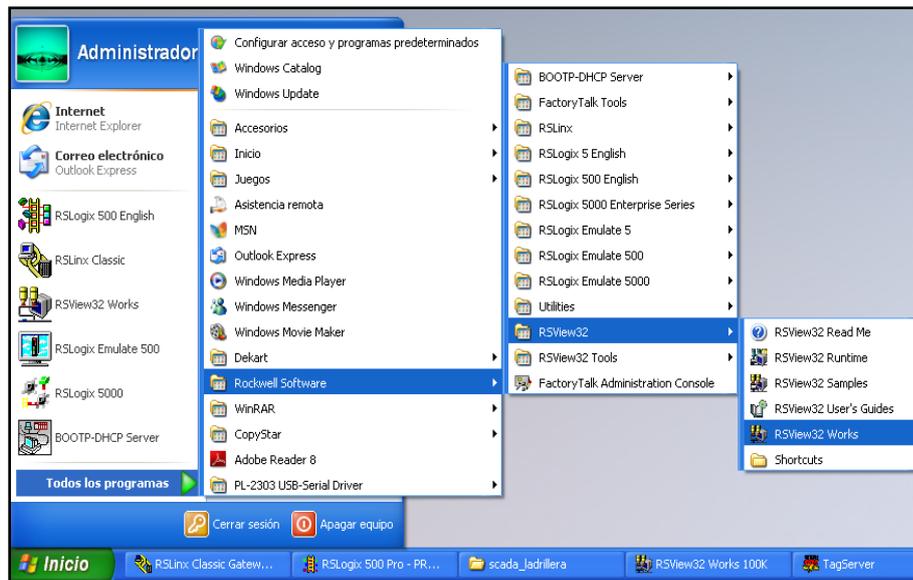
En la figura 63 se muestra el programa principal del prototipo de planta, con la finalidad de no extenderlo, se ha trabajado con subrutinas; tal como se señala en la figura referida. A continuación se explica brevemente la función de cada una de las subrutinas.

- **U3: AUTOMÁTICO.** Ejecuta las funciones de la planta en una secuencia debidamente programada, los mecanismos trabajan en conjunto.
- **U4: MANUAL.** Ejecuta las funciones de la planta de manera separada; es decir, se puede controlar cada uno de los mecanismos en forma independiente.
- **U5: CONTEO.** Ejecuta el sub-programa para el conteo de ladrillos, básicamente, almacena la señal enviada de los sensores S9, 10,11 y 12. En el Anexo 8 se muestra en detalle cada uno de los programas mencionados.

4.4.3. Software para el SCADA RS View-32.

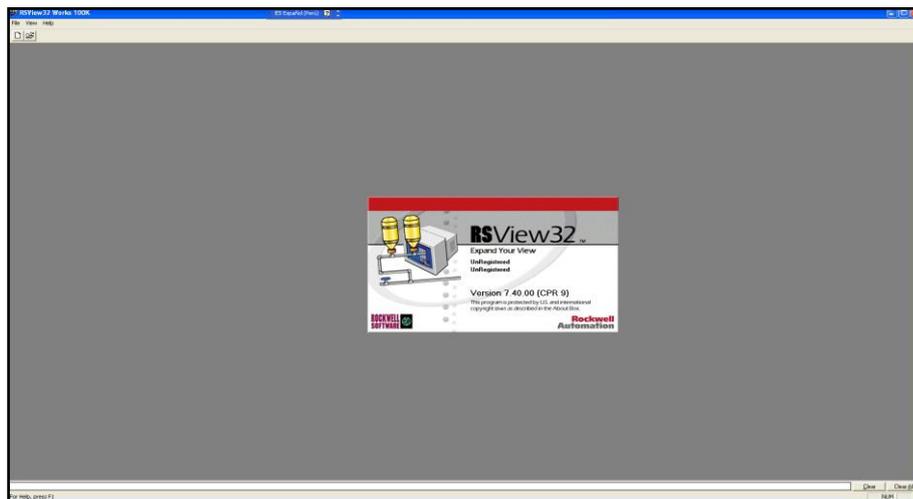
Con la comunicación y programación ya, establecidos se procede a la configuración y desarrollo del sistema SCADA para lo cual se tiene que hacer uso del software RS View-32. En las figuras 64 y 65 se verifica el acceso al programa en mención.

Figura 64: Acceso al programa RS View-32.



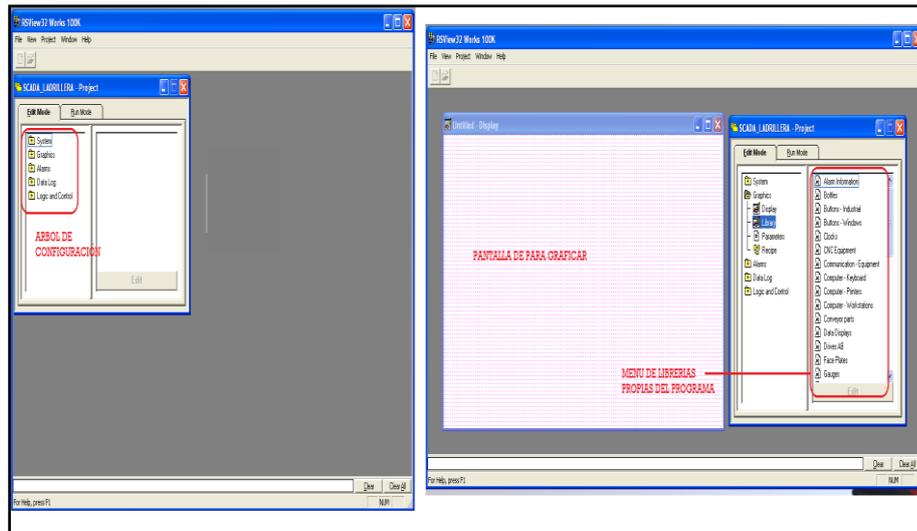
Fuente: Elaboración propia del Autor.

Figura 65: Ventana de inicio del programa RS View-32.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Figura 66: Descripción de ventana de trabajo y barra de herramientas de RS View-32.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

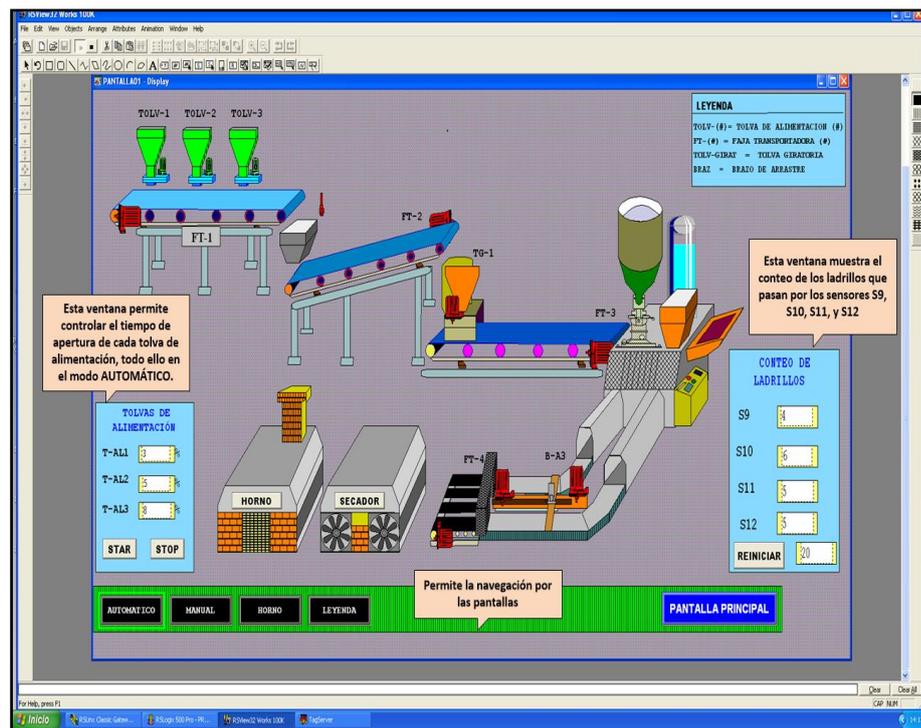
En la figura 66 se muestra las ventanas de trabajo del software, en la pantalla para graficar tal como se muestra en la figura, se realizan los gráficos correspondientes al proceso que se pretende representar.

Figura 67: Pantalla SCADA, para el prototipo de planta.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Figura 68: Pantalla de mando y control para los mecanismos.



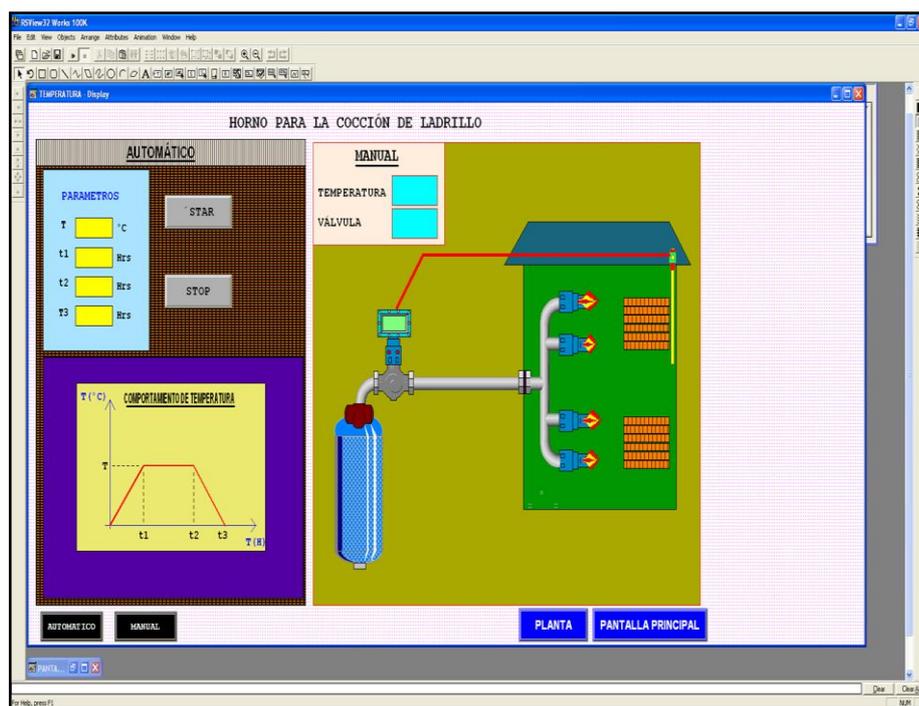
Fuente: Elaboración propia del Autor.

En la figura 68, se muestra la pantalla de control, de cada uno de los mecanismos que forman parte del prototipo de planta; El tiempo de apertura de cada uno de los silos de alimentación, se controla desde la ventana: TOLVAS DE ALIMENTACIÓN, si se desea que trabaje, en modo automático solo es necesario agregar los tiempos de apertura de cada silo, y se dar click en STAR.

Si se trabaja en modo manual, se puede controlar de forma individual cada uno de los mecanismos; para lo cual, solo es necesario dar click en el mecanismo que se desee hacer funcionar.

- Elección de modo manual o automático.
- Navegar de una pantalla a otra.
- Regresar a la pantalla principal de trabajo.

Figura 69: Pantalla de control analógico para la cámara de temperatura.



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Se debe entender que las pantallas en conjunto forman parte de un sistema SCADA, en este caso, desarrollada con el software RS View-32, el SCADA permite navegar de pantalla a otra, controlar y verificar el funcionamiento de la planta, en tiempo real.

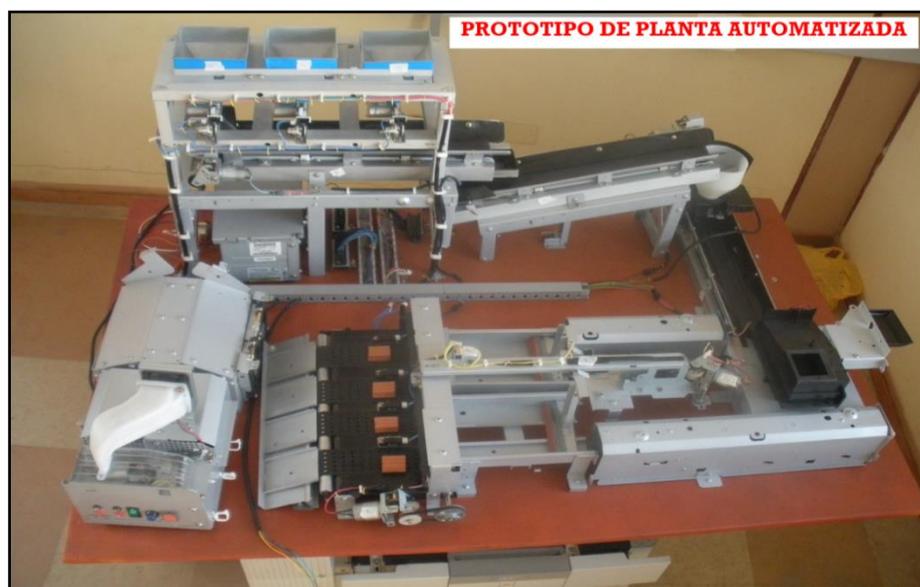
En resumen la ubicación y función que desempeña cada pantalla es la siguiente:

- Pantalla de presentación e inicio: figura 67.
- Pantalla principal de trabajo para los mecanismos: figura 68.
- Pantalla de control analógico para la cámara de temperatura: figura 69.

La pantalla de control analógico representa el proceso de control de temperatura; en este caso representa la cámara de temperatura.

Como resultado del presente proyecto de investigación se tiene un prototipo de planta automatizada, capaz de adaptarse a diferentes controladores y formas, de automatismos, este tipo de plantas a nivel industrial son muy costosas bordeando los miles de soles; el laboratorio de control y automatización de la EPIME, ahora cuenta con su propia planta la cual está implementada con un conjunto de sensores y mecanismos, los mismos que se adaptan perfectamente a un sistema de control discreto y analógico.

Figura 70: Prototipo de planta automatizada.



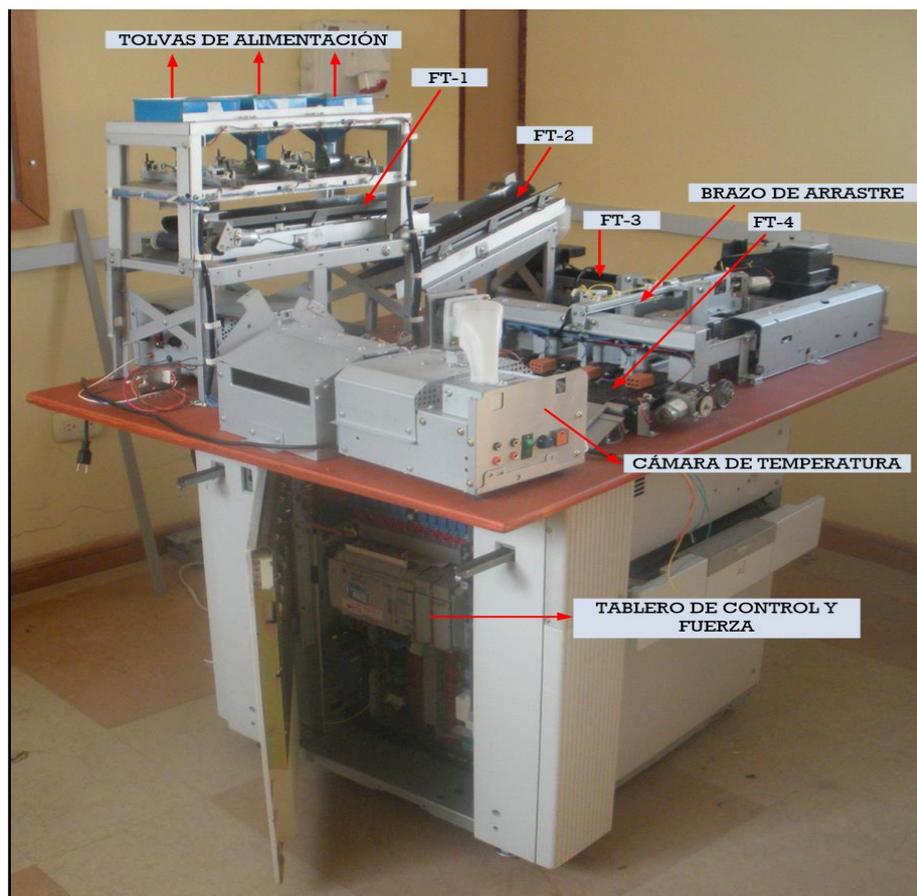
Fuente: Elaboración propia del Autor.

Las características generales de la planta son las siguientes:

- Alimentación monofásica de 220 voltios.
- Fuente de alimentación EPIME 18-24 VDC.
- Fuente de alimentación SIEMENS 24VDC.
- Pulsador inalámbrico SCHNEIDER para inicio de proceso.

El prototipo de planta terminado, se muestra en la figura 70.

Figura 71: Prototipo de planta



Fuente: Elaboración propia del Autor.

El prototipo de planta, como se muestra se constituye por diferentes dispositivos, los mismos que hacen posible el dinamismo de su funcionamiento, es decir que se puede elaborar diversas formas de funcionamiento de la planta.

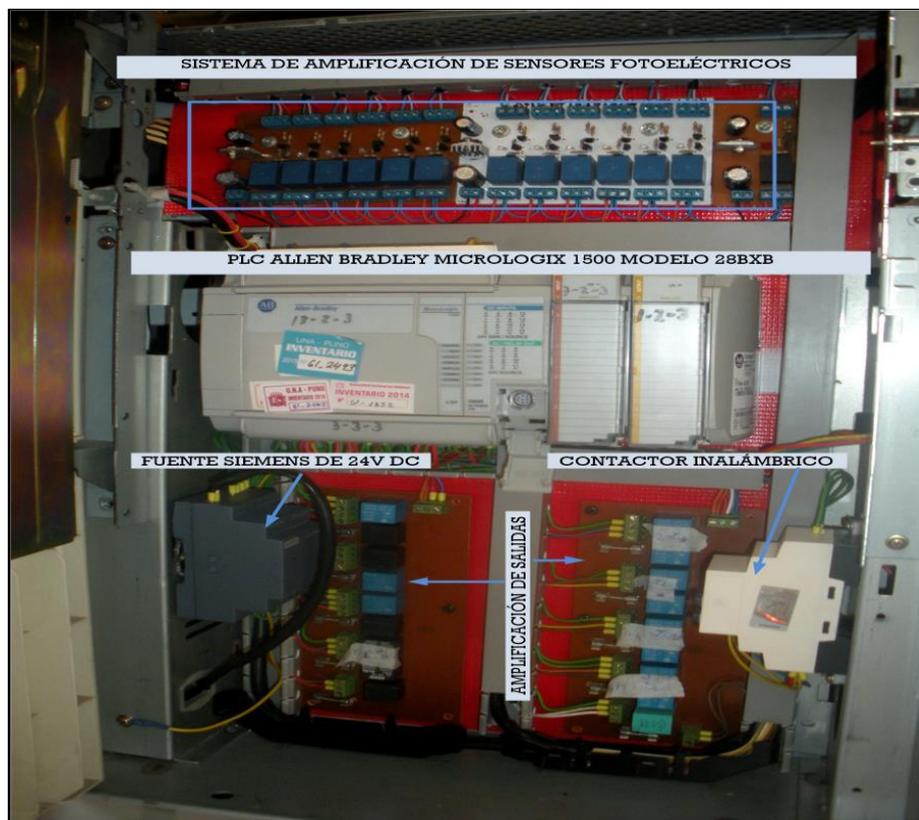
Tabla 7: Descripción de dispositivos

| DISPOSITIVO | REPRESENTACIÓN | CONTROL |
|------------------------|----------------|-----------|
| Tolvas de alimentación | TOLV-1,2,3 | Discreto |
| Fajas transportadoras | FT-1,2,3,4 | Discreto |
| Brazo de arrastre | BRAZ-1 | Discreto |
| Cámara de temperatura | --- | Analógico |

Fuente: Elaboración propia del Autor.

El tablero de control y fuerza esta implementado conjuntamente con la mesa del prototipo, como se puede verificar en la figura 71, el tablero está protegido ya que cuenta con una compuerta.

Figura 72: Tablero de control y fuerza



Fuente: Elaboración propia del Autor.

Tabla 8: Descripción de dispositivos en tablero

| | |
|--------------------------------------|--|
| Sistema de amplificación de sensores | Recoge las señal de los sensores fotoeléctricos y amplifica para enviar la señal hasta las entradas del PLC. |
| PLC Allen bradley Micrologix 1500 | De acuerdo a la programación ejecuta funciones y envía señal de salida para los actuadores. |
| Amplificación de salidas discretas | Recibe la señal de salida del PLC y las amplifica para alimentar al los actuadores (motores) |
| Contactor inalámbrico | Permite iniciar y terminar el proceso, en forma inalámbrica desde una distancia de 30 metros. |

Fuente: Elaboración propia del Autor.

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se ha construido un prototipo de planta industrial, la cual representa una fábrica de ladrillos, compuesta, con un sistema de sensores y actuadores; distribuidos de manera estratégica, lo cual permite automatizar e implementarla con un sistema de control automático, haciendo uso del software RS View-32 de la marca Allen Bradley; con lo cual se ha implementado al laboratorio de control y automatización de la EPIME.

SEGUNDO: Se ha elaborado mediante los programas RS Linx y RS Logix 500 (ambos de la plataforma Rockwell Automation, propia de los controladores Allen Bradley) un sistema de control discreto para los mecanismos de la planta, y un sistema de control analógico para la cámara de temperatura, esta última representa el horno de cocción.

TERCERO: Mediante el programa RS View-32 (de la plataforma Rockwell Automation propia de los controladores Allen Bradley) Se ha elaborado un SCADA para el control y supervisión del prototipo de planta.

CUARTO: Se ha implementado el laboratorio de control y automatización de la EPIME con un prototipo de planta automatizada, también, se ha elaborado guías de laboratorio las mismas que permiten el funcionamiento y mayor detalle de la planta.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se propone el uso de un PLC que cuente con un mayor número de salidas discretas, o en todo caso realizar la adquisición de una tarjeta de expansión de salidas discretas para el Micrologix1500, existentes en el laboratorio de control y automatización de la EPIME, ya que el prototipo de planta ha sido diseñado y construido para trabajar con un total de 20 salidas discretas, logrando con ello una diversidad en cuanto a la programación de su funcionamiento.

SEGUNDO: Se propone la implementación de un sistema de comunicación o red industrial para trabajar con más de un PLC creando un sistema maestro esclavo, con ello, se ampliaría la cantidad de entradas y salidas tanto analógicas como discretas.

TERCERO: Se propone la construcción e implementación de un módulo que permita el zarandeado de arcilla y otro módulo que permita el apilamiento y selección de los ladrillos, ambos, con el fin de complementar al prototipo de planta que se ha elaborado en este trabajo de tesis. Contando con los tres módulos se puede establecer un sistema de comunicación para que trabaje de una manera conjunta y secuencial.

CUARTO: Realizar el mantenimiento respectivo, sobre todo, a las fajas transportadoras ya que estas cuentan con piezas móviles, siendo necesario su lubricación.

QUINTO: Es preferible trabajar con la planta en vacío ya que cuando se trabaja con arcilla se hace necesario un mayor mantenimiento.

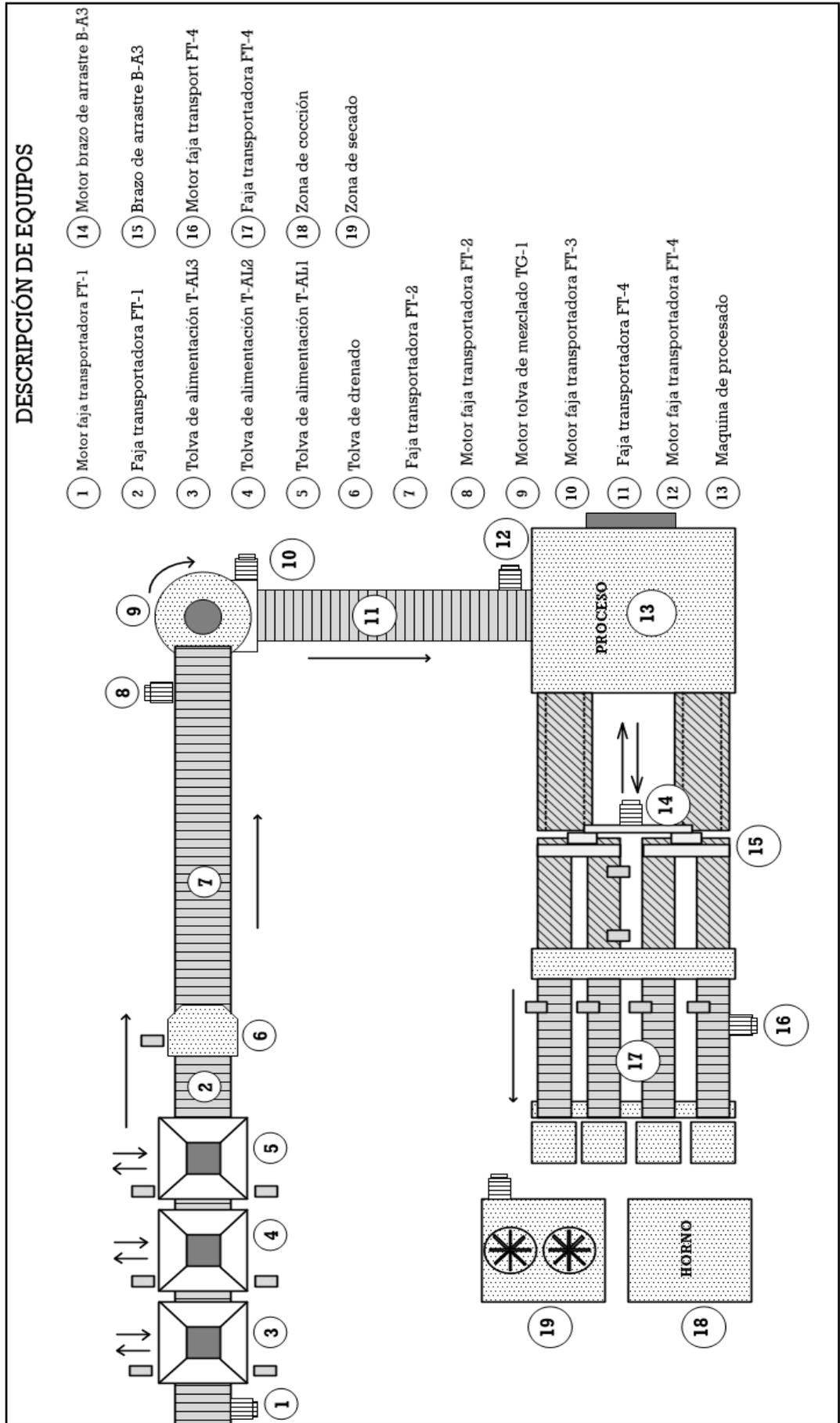
BIBLIOGRAFÍA

- Altronics Perú S.A.C. (2014). *Selección de sensores ópticos para aplicaciones Industriales*. Lima, Perú: Autor.
- Alvarez, L. (2011). Diseño construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno líquido, implementado por tecnología Rockwell Automation. Proyecto de Grado, Venezuela: Universidad Pontificia Bolivariana, .
- Bolton, W. (2010). *Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. 2da edición, Barcelona, España: Alfaomega.
- Cisneros, M. L. (2009). Diseño y desarrollo de guías de laboratorio para la asignatura de Control Industrial del Departamento de Ing Mecánica Eléctrica y Electrónica de la ESPES. Proyecto de Grado, Sangolqui, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejercito.
- García, E. (2001). *Automatización de procesos industriales*. 2da Edición, España: Alfaomega.
- Malvino, A. P. (2000). *Principios de Electrónica*. 6ta edición, México: Mc Graw Hill .
- Morocco, A. (2013). *Estrategias de Programación Automática*. Arequipa, Perú: Autor.
- Olarte, L. J., & Delgado, J. A. (2011). *Diseño e Implementación del sistema SCADA FACTORY TALK VIEW a una máquina prototipo de embalaje*. Proyecto de Grado, Venezuela: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Oriol, A., Saigú, M., & Zavaleta, F. (2008). *Automatismos Eléctricos Programables*. Barcelona: Autor.

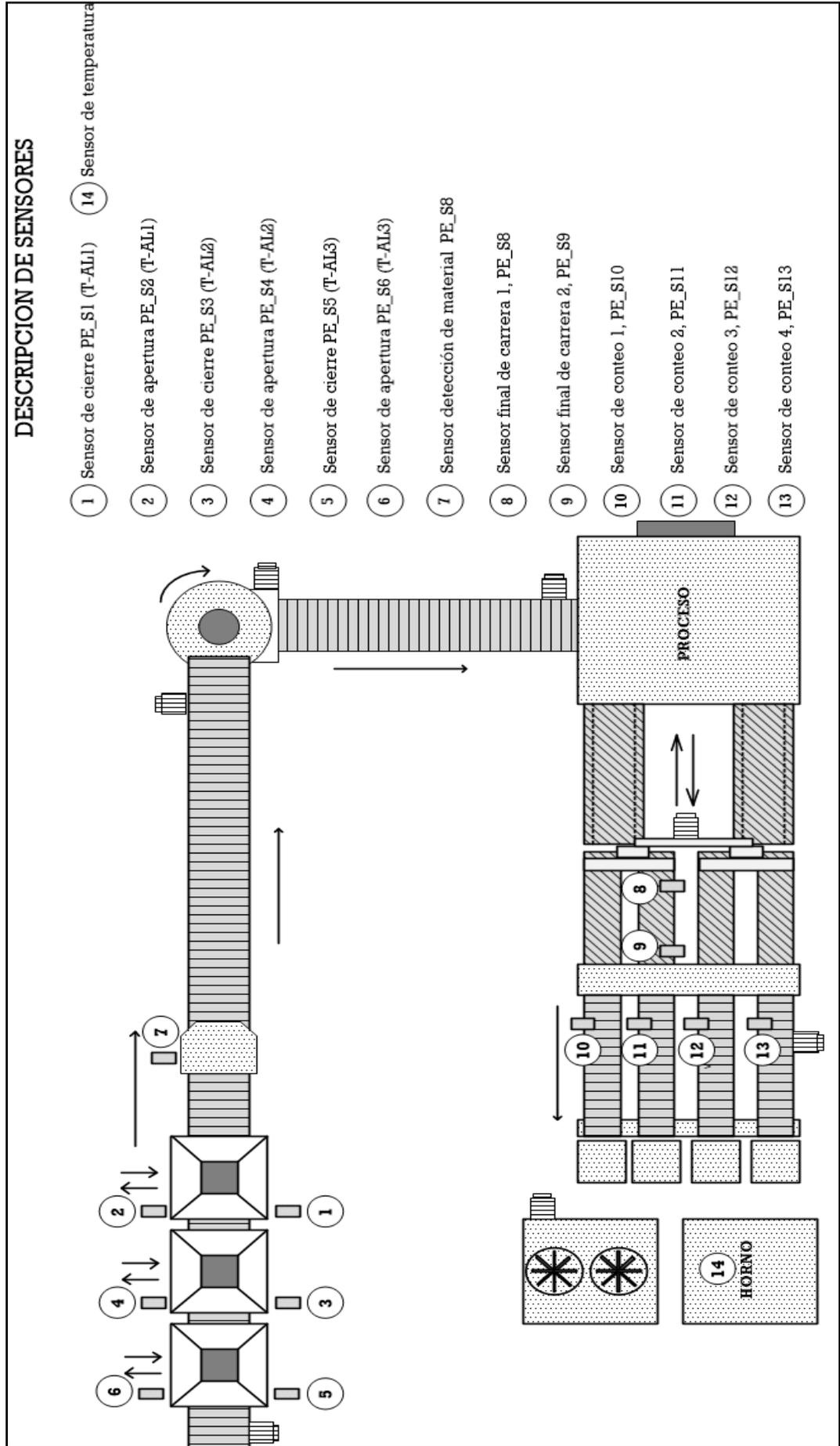
- ROCKWELL AUTOMATION. (6 de Marzo de 2008). *Controladores Programables Micrologix 1500, Manual de usuario* Número de publicación 1764-UM001A-ES-P. Recuperado el 05 de agosto de 2016, de <http://www.ab.com/manuals/es/cp/1761/>
- ROCKWELL AUTOMATION. (25 de Abril de 2010). Controladores Programables MicroLogix 1200 y MicroLogix 1500, Manual de referencia del conjunto de instrucciones. Número de publicación 1762-RM001D-ES-P. Recuperado el 10 de Setiembre de 2016, de <http://www.ab.com/manuals/es/cp/1761/>
- ROCKWELL AUTOMATION. (2010). *Fundamentos del Sensado y Detección de Presencia*. Manual de capacitación: Allen-Bradley.
- Rodriguez, A. (2007). *Sistemas SCADA*. 2da Edición, España: Alfaomega.
- Santiago, M. V. (2009). *Metodología para implementar sistemas SCADA con RSview32*. Proyecto de grado, Escuela superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica: Instituto Politécnico Nacional de México.

ANEXOS

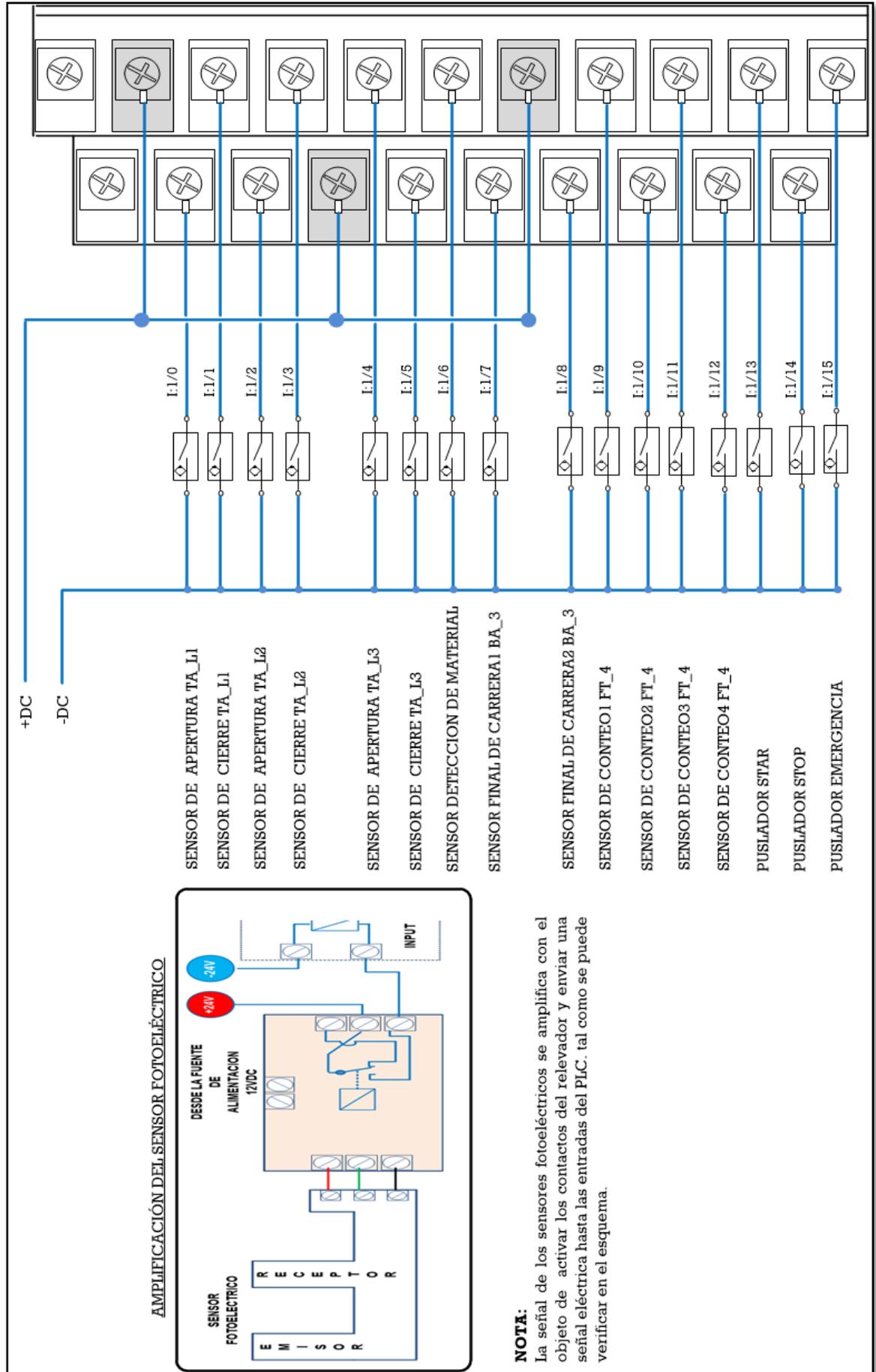
ANEXO 1: DISTRIBUCIÓN DE MECANISMOS



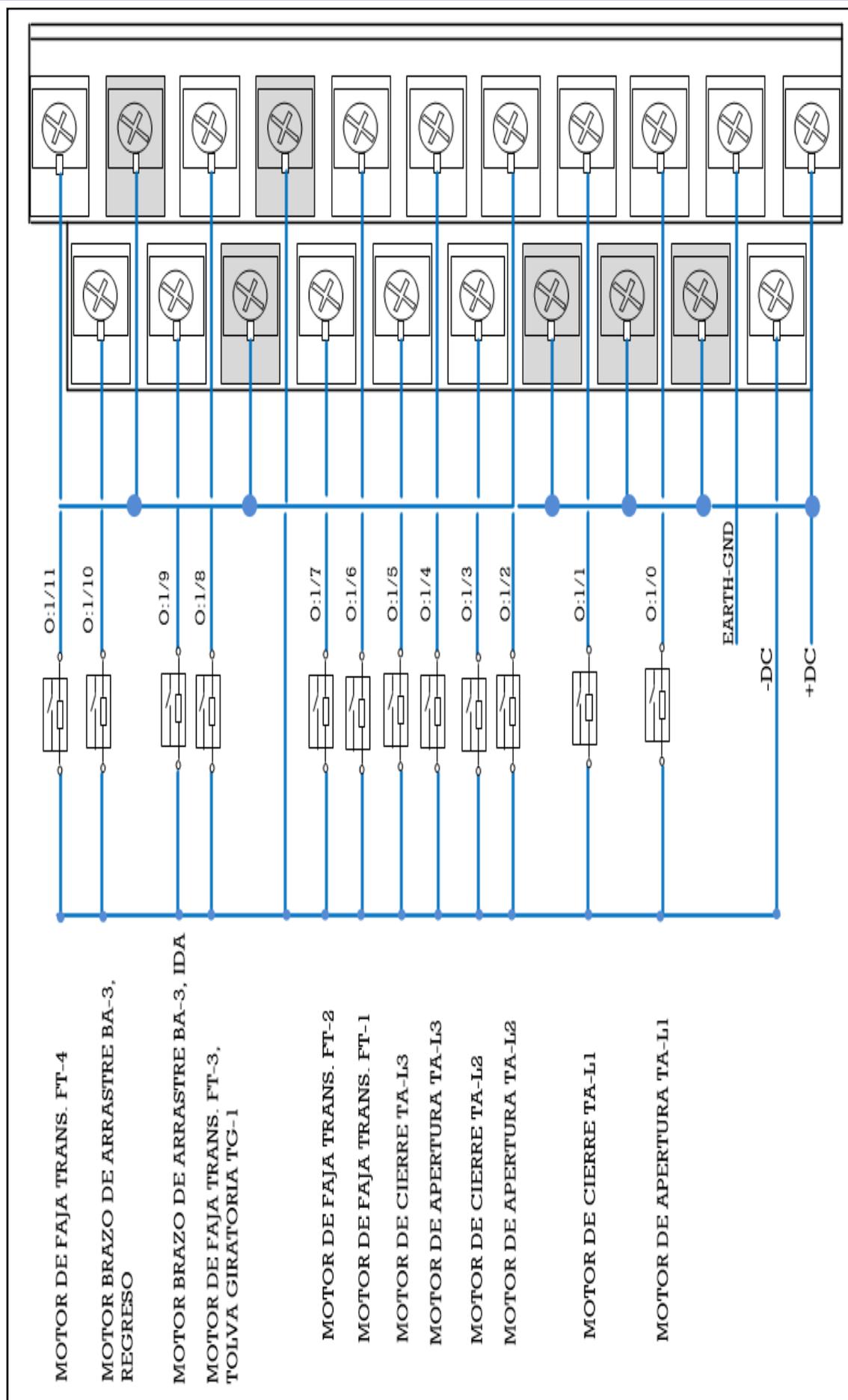
ANEXO 2: DISTRIBUCIÓN DE SENSORES



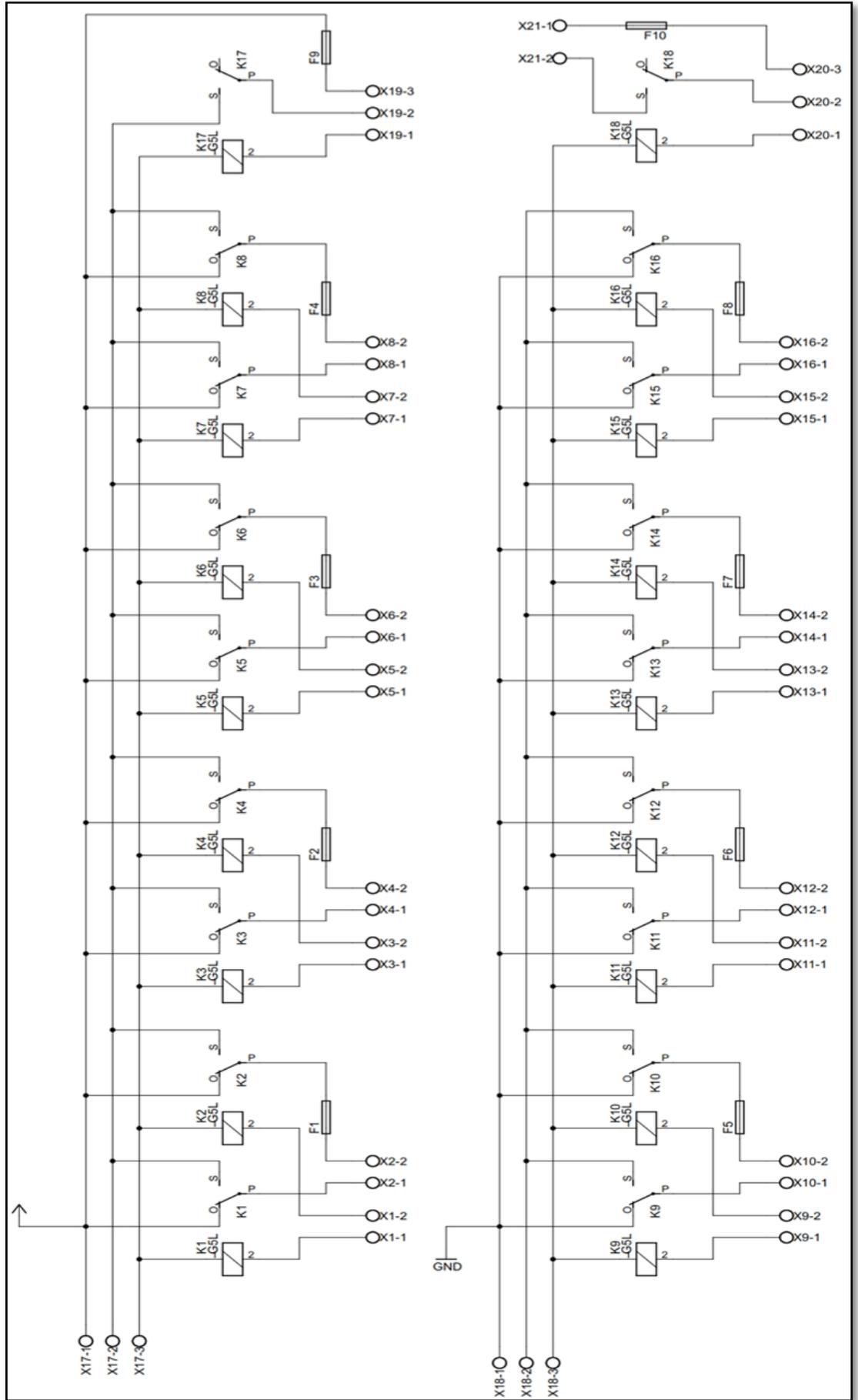
ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN DE ENTRADAS DISCRETAS



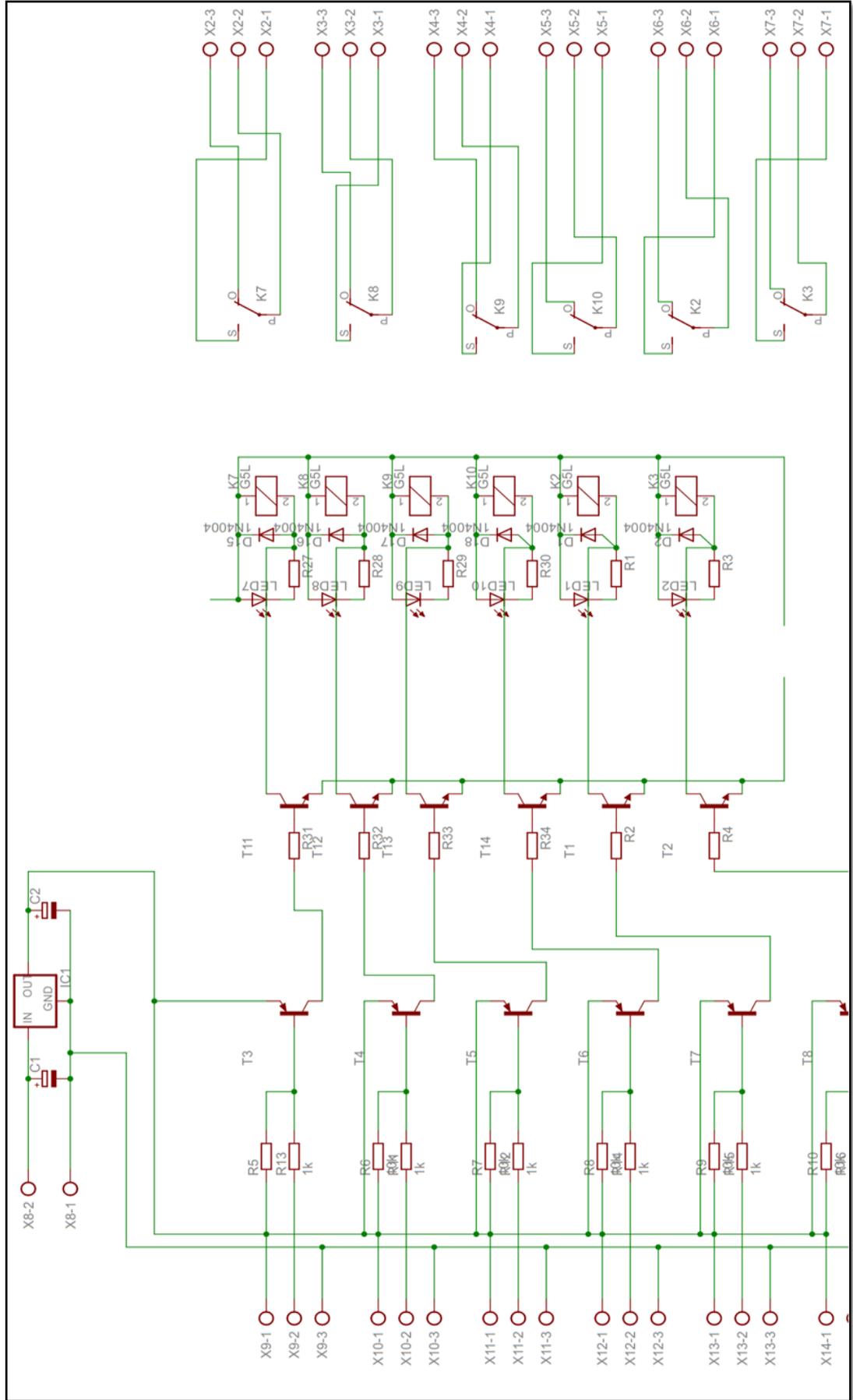
ANEXO 4: DISTRIBUCIÓN DE SALIDAS DISCRETAS



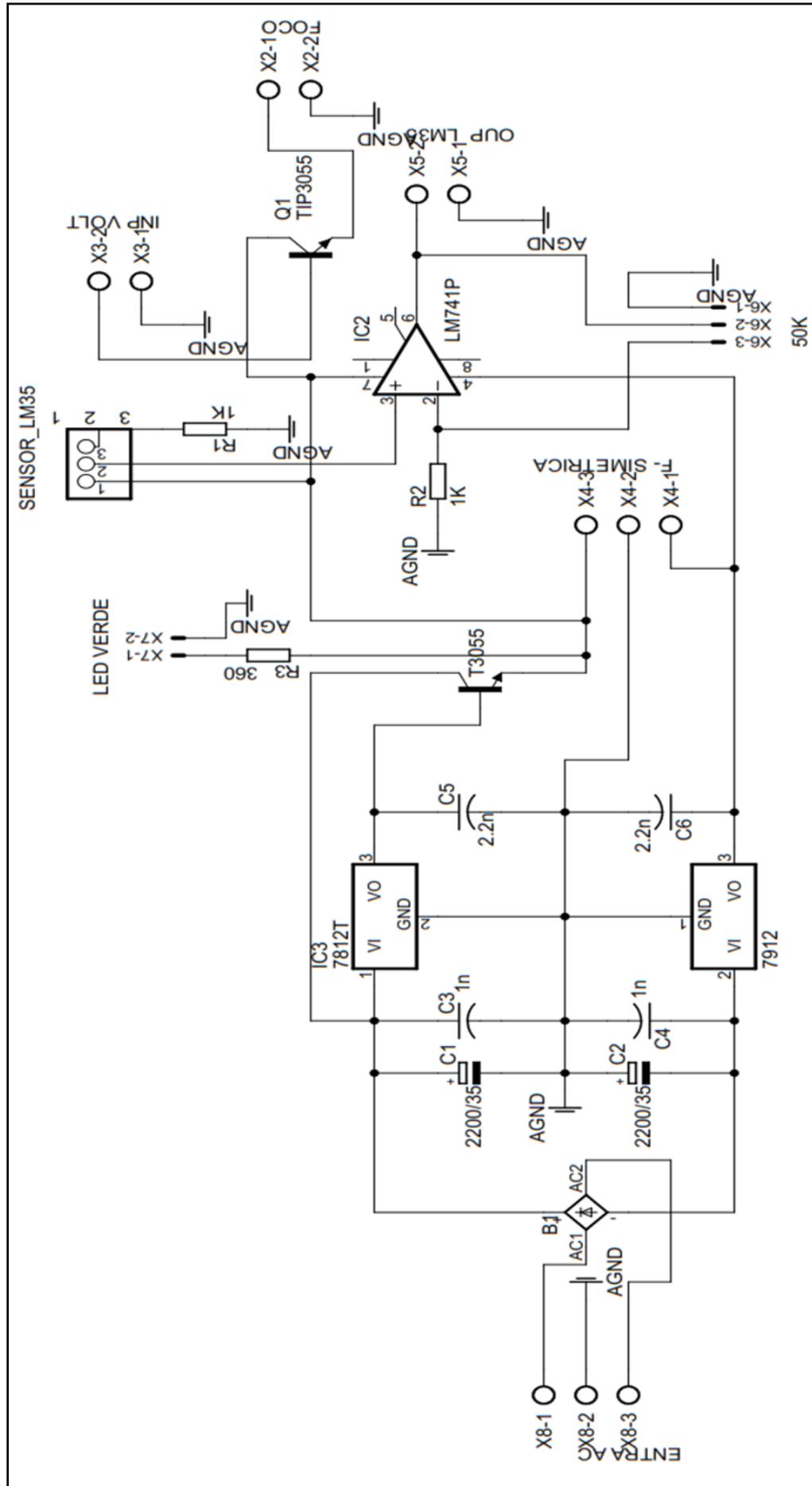
ANEXO 5: PLACA DE RELÉS PARA LA CONMUTACIÓN DE MOTORES



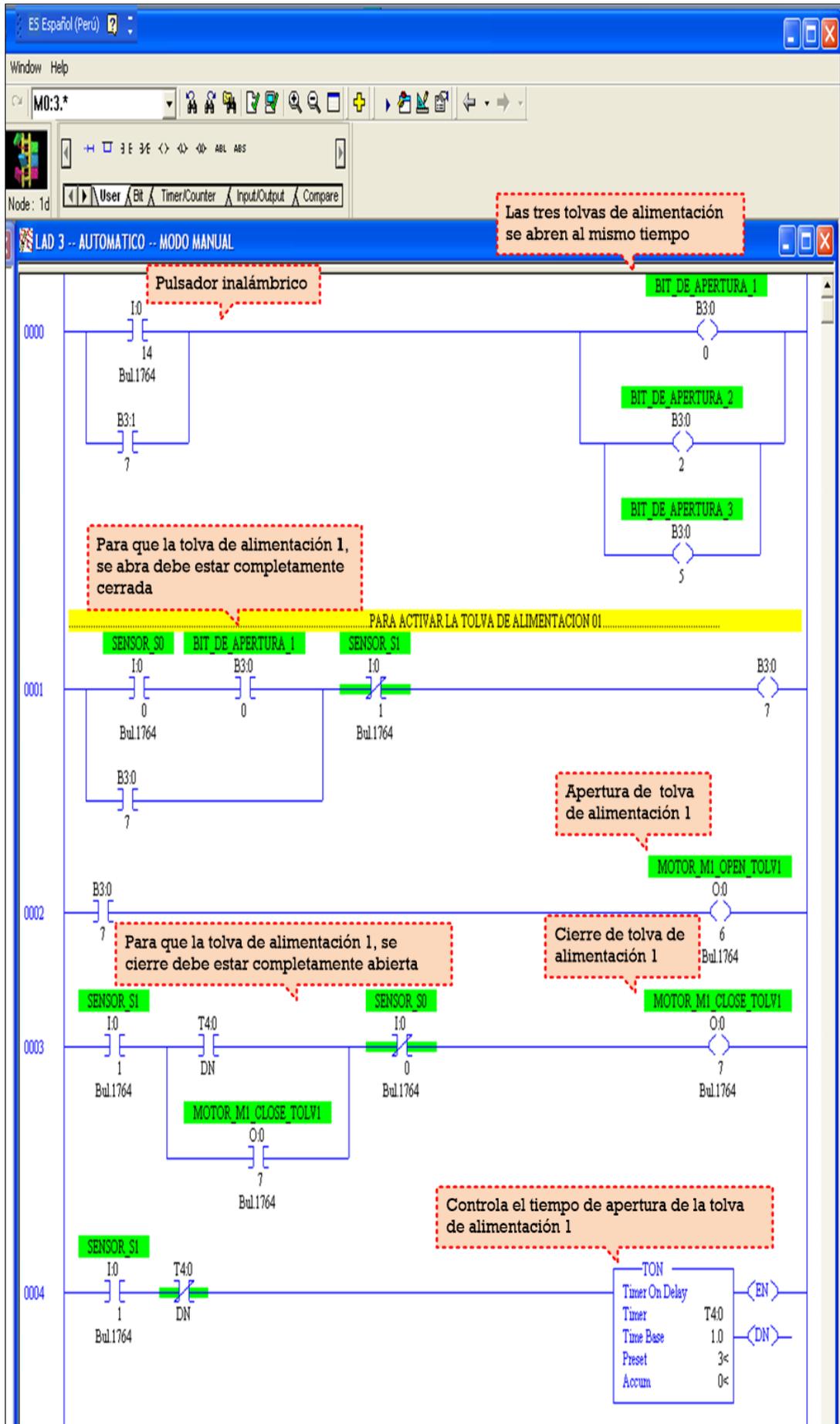
ANEXO 6; AMPLIFICACIÓN DE SEÑAL PARA LOS SENSORES FOTOELÉCTRICOS

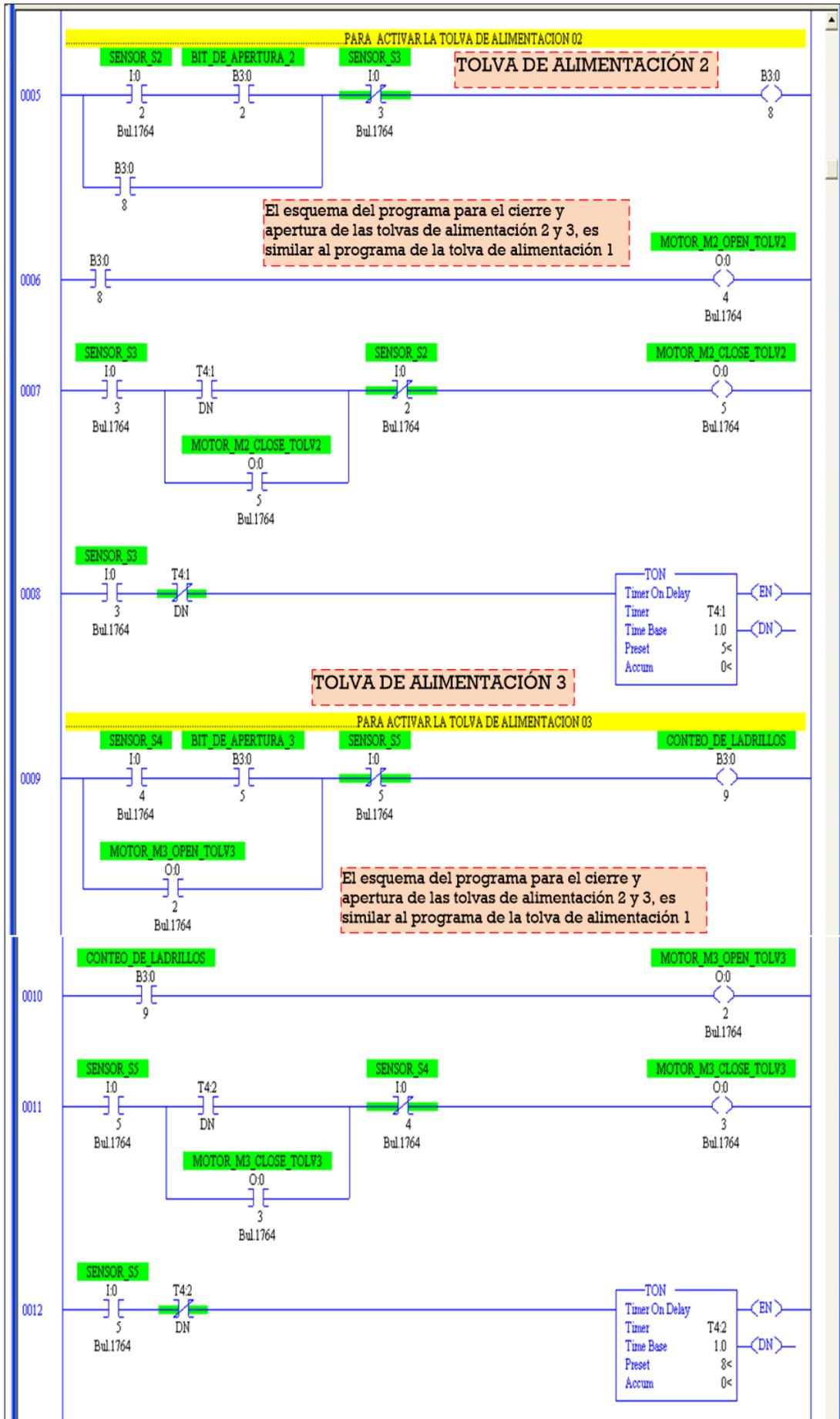


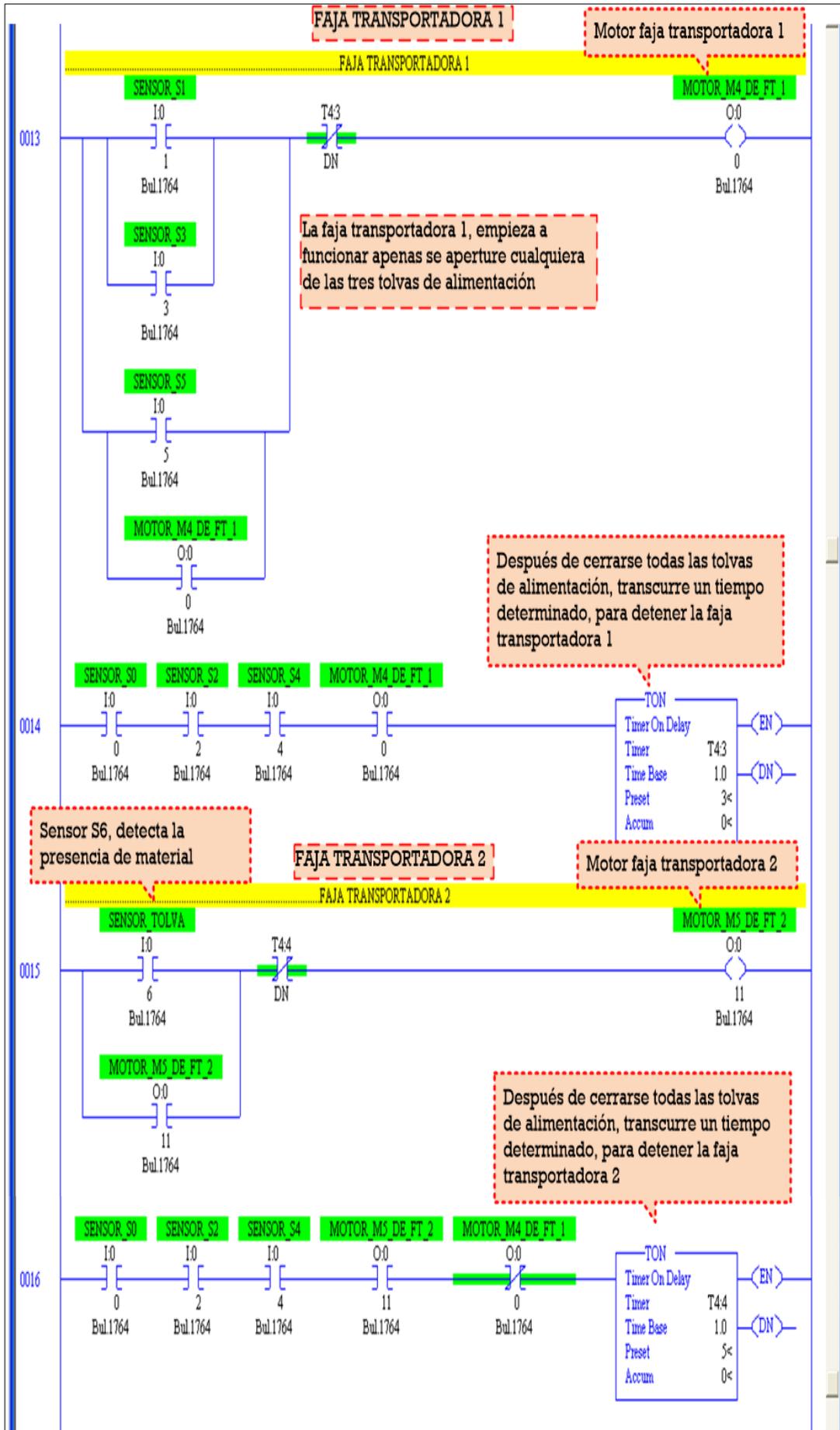
ANEXO 7: ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR ANALÓGICO LM35

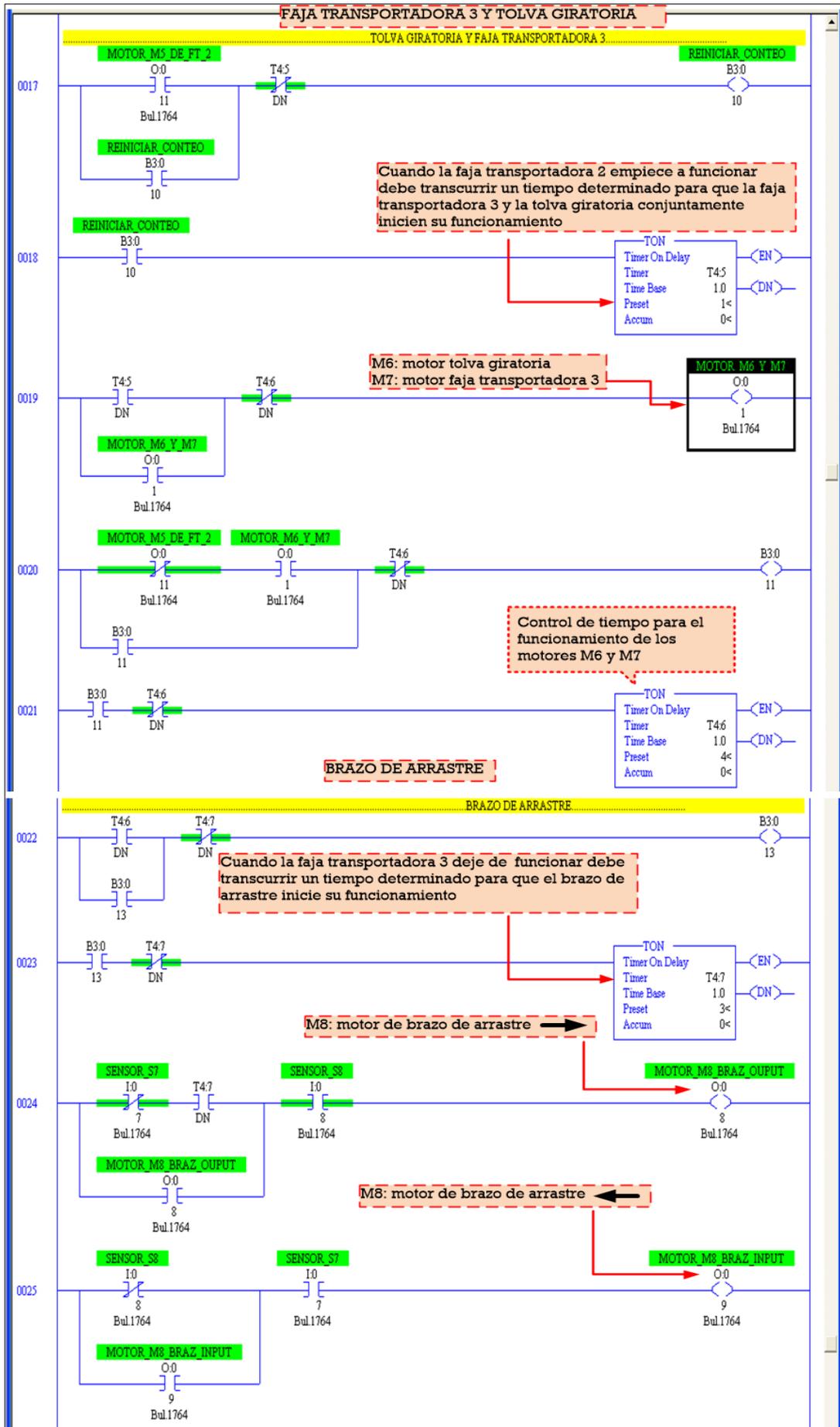


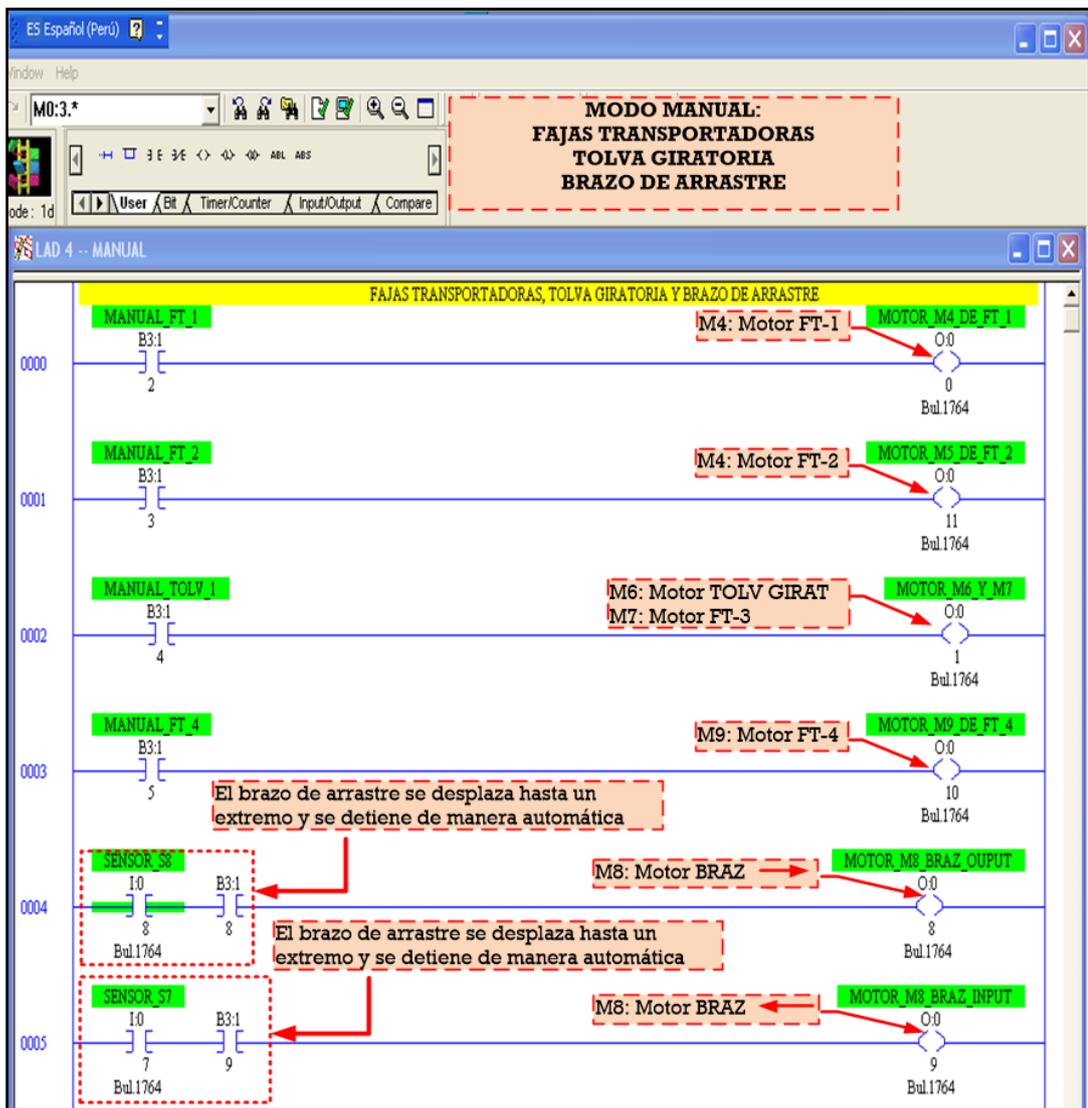
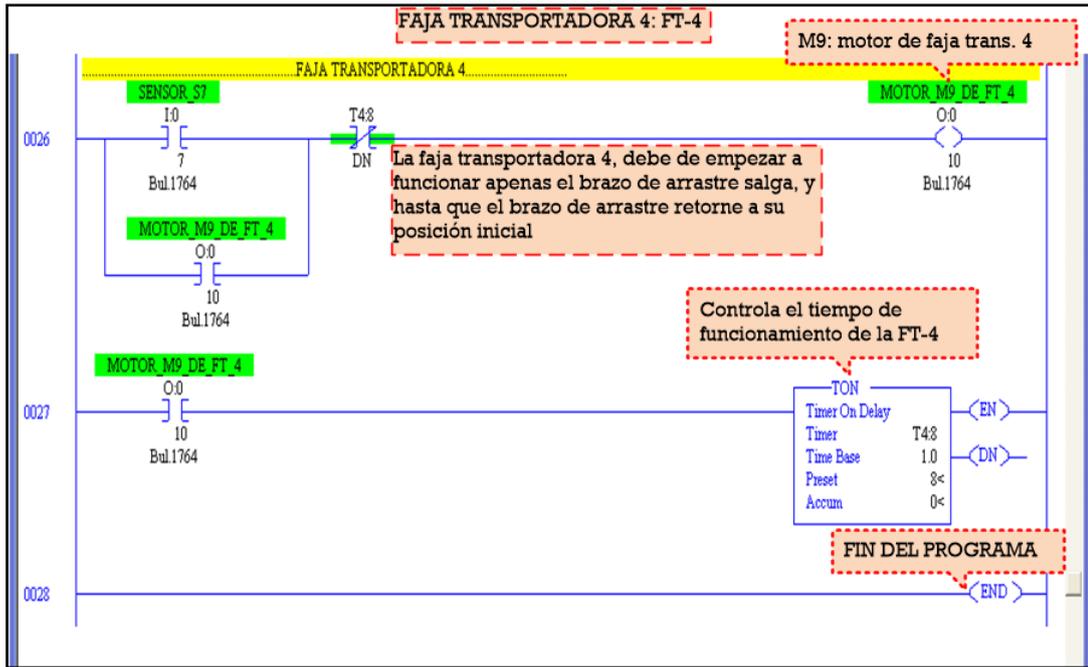
ANEXO 8: PROGRAMACIÓN LADDER

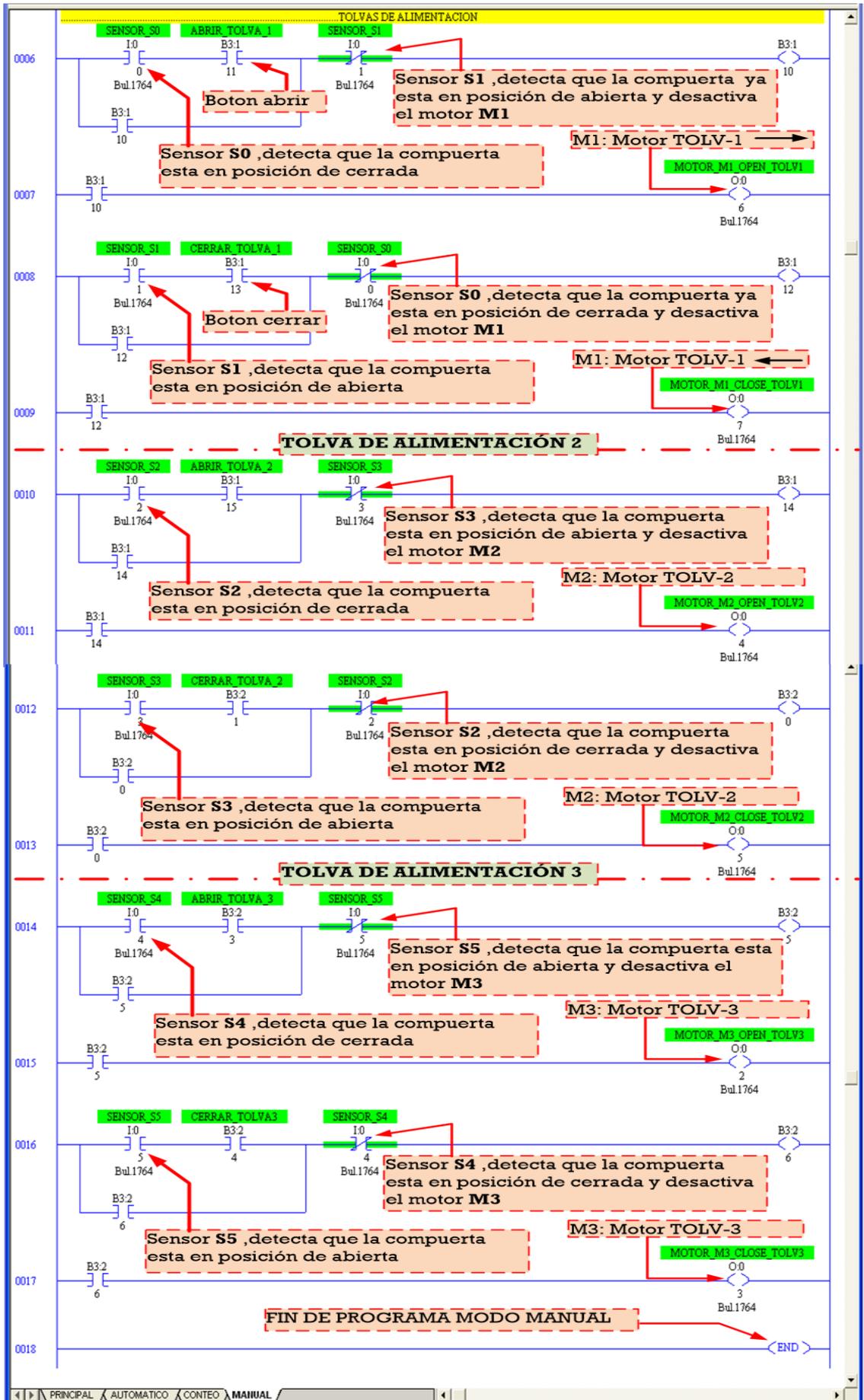


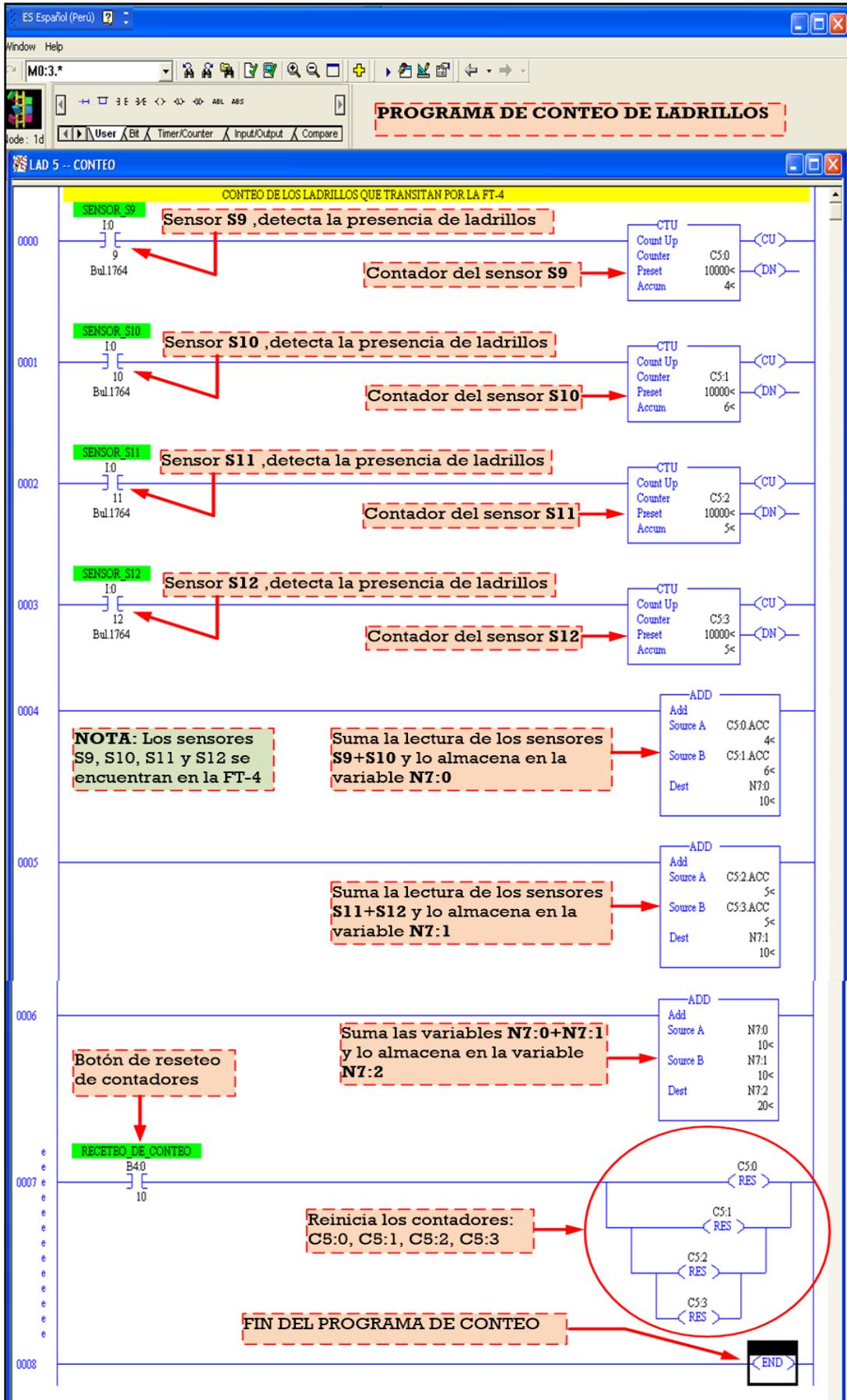












ANEXO 9: GUÍAS DE LABORATORIO

INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA
LAB. DE CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN

CONTROL DE PROCESOS ANALÓGICOS CON PLC

**CONTROL DE SEGUIMIENTO DE TEMPERATURA
APLICADO A UN HORNO DE COCCIÓN DE LADRILLOS**

I. OBJETIVOS

1. Identificar las características de un “*sistema de control de seguimiento*”.
2. Implementar un *sistema de control de seguimiento* utilizando un PLC.

II. RECURSOS:

1. SOFTWARE:
 - a. Aplicación RS Logix 500.
 - b. RS Linx
2. EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS:
 - a. PC Pentium IV.
 - b. PLC Micrologix 1500.
 - c. Módulo experimental de control de temperatura con cámara térmica.
 - d. Multímetro digital.

III. INFORMACIÓN

PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLOS

El diagrama de flujo mostrado a continuación corresponde al proceso de cocción de ladrillos. En la primera etapa de precalentamiento se requiere alcanzar progresivamente una temperatura determinada, el proceso es progresivo debido a que el ladrillo lo requiere de esa manera, ya que si se incrementa la temperatura de manera brusca se produce la ruptura de los mismos. En la segunda etapa empieza a establecerse la temperatura, logrando así un proceso de cocción uniforme, En la tercera etapa se produce un enfriamiento progresivo, las etapas anteriormente señaladas se producen en tiempos establecidos por el operador, por lo general los hornos de cocción de ladrillo son a gas y trabajan mediante varios quemadores distribuidos de manera ordenada por todo el horno; se puede hacer uso también de un horno eléctrico o diferente fuente de energía.

Como ejemplo, el proceso de cocción puede presentar la curva mostrada en la

figura:

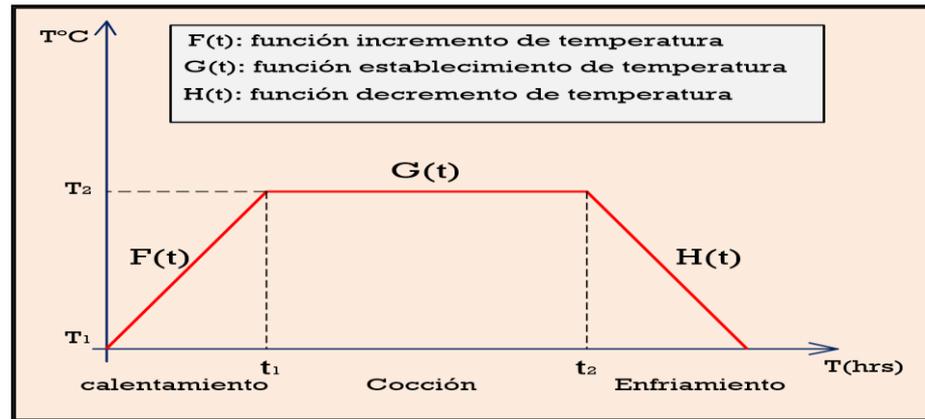


Figura 1: curva de comportamiento de temperatura.

CONTROL DE SEGUIMIENTO

El control de seguimiento es una estrategia muy utilizada para controlar procesos que requieren curvas de evolución de la variable de proceso en el tiempo similar a la mostrada en la figura 1.

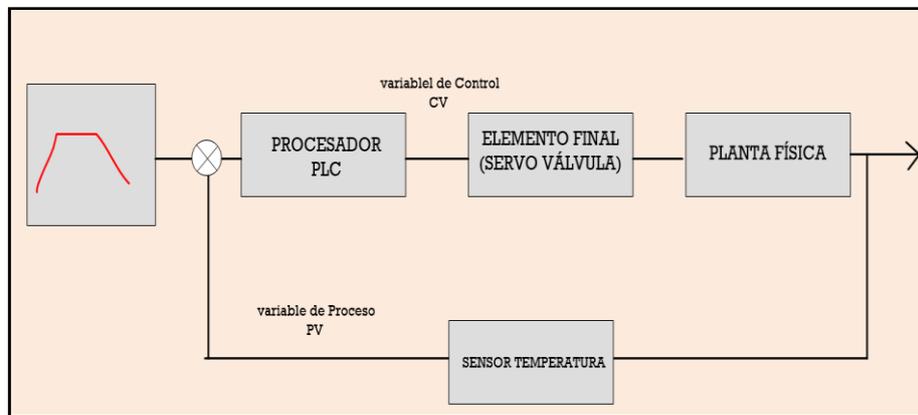


Figura 2: Diagrama de lazo de control

El sistema de control es un simple lazo cerrado de una sola variable, figura 2, cuya diferencia radica en que la variable de consigna SP, evolucionará en el tiempo, según la especificación del proceso, alcanzando estadios de estabilidad a través de rampas de pendiente determinada por la especificación en mención. Es evidente que

en este sistema, la variable de proceso PV, seguirá a la curva proyectada por la variable de consigna SP. Como puede inferirse de lo expuesto, es por ello, que la estrategia de control toma el nombre de “control de seguimiento”.

IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL DE SEGUIMIENTO

El problema de control de seguimiento es de fácil solución, pues su tratamiento se reduce a la implementación de un programa capaz de generar una variable de consigna SP que evolucione en el tiempo según determinada especificación.

El principal criterio a tener presente en este caso será la posibilidad de que la variable de proceso SP logre alcanzar a la variable de consigna en los tiempos señalados por la especificación del proceso.

El modelo matemático del proceso es de gran ayuda en este caso, pues a través del conocimiento de la constante de tiempo, el especialista se encuentra en capacidad de determinar si será posible lograr el objetivo.

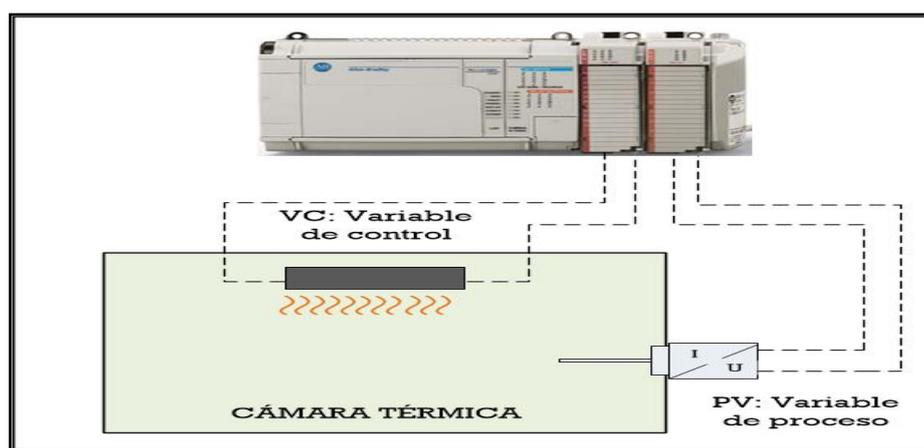


Figura 3: Esquema de funcionamiento entre la cámara de temperatura, Sensor y controlador.

En la figura 3 se verifica el esquema de conexión de la cámara térmica y el sensor de temperatura, ambas señales de entrada y salida se dirigen hacia la tarjetas de entrada y salida analógicas del PLC Micrologix ab1500.

IV. DESARROLLO.

- Implementar un programa para generar una curva que evolucione en el tiempo según la especificación mostrada en la figura 3. El programa deberá contar con:
 - Una entrada de validación e iniciación que lleve a la cámara térmica a una temperatura igual a la de inicio de ciclo.
 - Una entrada de tipo reset, tal que permita la inicialización del ciclo, a discreción del usuario (personal de operaciones).
- Una vez verificado el correcto funcionamiento del módulo programado, moldear matemáticamente el sistema a controlar.
- En función al modelo matemático, determinar si es factible aplicar la especificación señalada para el control de seguimiento de esta planta física.
- Es de extrema importancia que la variable de proceso se encuentre y en condiciones de controlabilidad a 30°C (si fuese necesario variar este dato) según el gráfico, antes de que se inicie el ciclo de control. Se sugiere que esta etapa de inicialización sea evaluada a criterio del operador, quien debe iniciar el ciclo manualmente, más no de manera automática, a menos que se disponga de un programa consistente para evaluar la estabilidad de la variable de proceso durante la inicialización.
- Grafique la PV (variable de proceso) del proceso controlado.
- Implementar el programa Ladder.
- Conclusiones.

INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA
LAB. DE CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN

CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN CON PLC

MANDOS EN FUNCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

V. OBJETIVOS

3. Utilizar las principales funciones lógicas para la programación de PLC.
4. Realizar mandos eléctricos con PLC.

VI. RECURSOS:

3. SOFTWARE:

- c. Aplicación RS Logix-500.
- d. RS Linx

4. EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS:

- e. PC Pentium IV.
- f. PLC Micrologix 1500.
- g. Módulo: PROTOTIPO DE PLANTA AUTOMATIZADA.
- h. Multímetro digital.

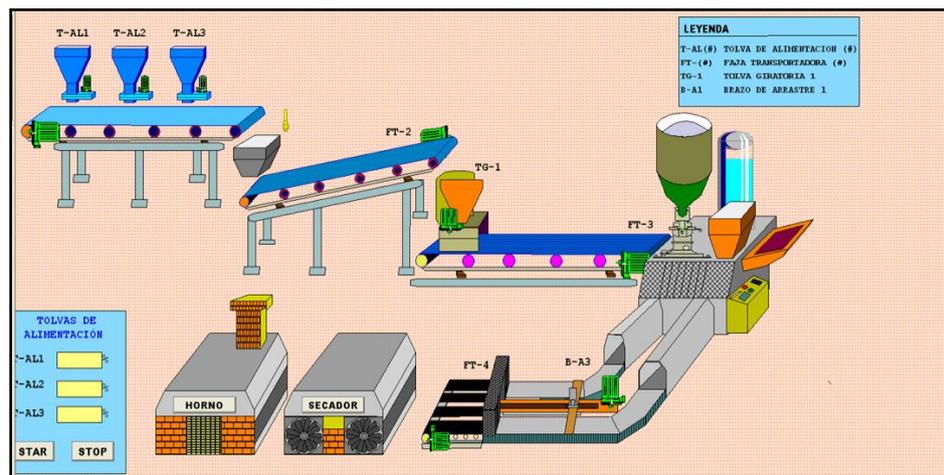


Figura 4: Pantalla SCADA para el prototipo de planta automatizada.

En la figura 4 se muestra el esquema de cada uno de los componentes del prototipo de planta, se verifica las tolvas de alimentación, fajas transportadoras, horno de cocción y de secado.

VII. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA.

Las tolvas de alimentación vierten el material a través de unas compuertas, las que constan de dos sensores fotoeléctricos, ubicados en cada extremo, con el fin de controlar el cierre y apertura de cada compuerta

Los motores deben funcionar solamente en el proceso de abrir o cerrar las compuertas, cumpliéndose en todos los casos que una vez que se encuentre abierta, o bien cerrada, en cualquiera de ambas situaciones el motor tiene que dejar de funcionar, precisamente para lograr ello se requiere de un sensor en cada extremo, el comportamiento de estos se verifica en la figura 5.

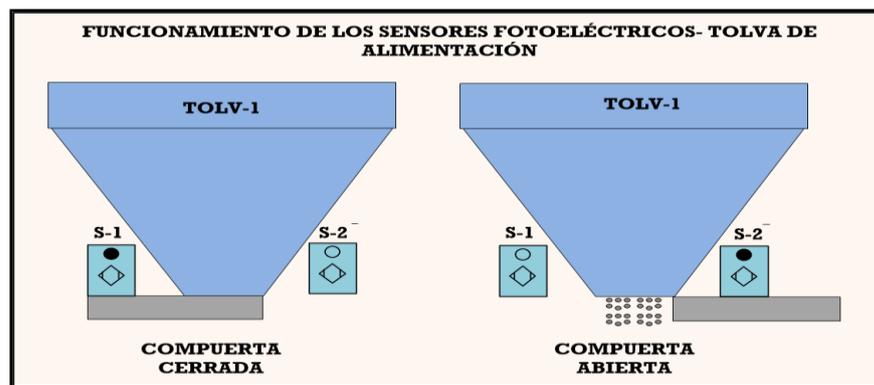


Figura 5: Tolvas de alimentación.

El brazo de arrastre BA-3, tiene como función trasladar los ladrillos desde la procesadora hasta la FT-4, se trata de un mecanismo de movimiento horizontal con dos sensores fotoeléctricos en ambos extremos cuya finalidad es detectar la posición del mecanismo, se debe tener en cuenta que apenas llegue el mecanismo hasta su posición extrema, el motor debe desactivarse. En la siguiente figura se representa esquemáticamente el mecanismo, se puede verificar los sensores finales de carrera, el motor y el mecanismo.

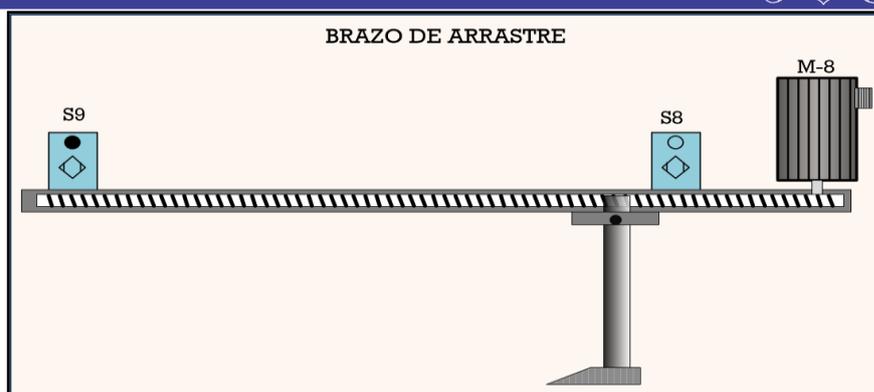


Figura 6: Brazo de arrastre.

En la siguiente tabla se hace mención de todos los mecanismos que conforman la planta automatizada,

| MECANISMO | SIMBOLOGÍA | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------|------------|-------------------------------|
| TOLVA DE ALIMENTACIÓN 1 | TOLV-1 | COMPUERTA GIRO AMBOS SENTIDOS |
| TOLVA DE ALIMENTACIÓN 2 | TOLV-2 | COMPUERTA GIRO AMBOS SENTIDOS |
| TOLVA DE ALIMENTACIÓN 3 | TOLV-3 | COMPUERTA GIRO AMBOS SENTIDOS |
| FAJA TRANSPORTADORA 1 | FT-1 | MOTOR DC GIRO UN SOLO SENTIDO |
| FAJA TRANSPORTADORA 2 | FT-2 | MOTOR DC GIRO UN SOLO SENTIDO |
| FAJA TRANSPORTADORA 3 | FT-3 | MOTOR DC GIRO UN SOLO SENTIDO |
| FAJA TRANSPORTADORA 4 | FT-4 | MOTOR DC GIRO UN SOLO SENTIDO |
| TOLVA GIRATORIA | TOLV-GIRAT | MEZCLADORA MOTOR AC |
| BRAZO DE ARRASTRE | BRAZ | MOTOR DC GIRO AMBOS SENTIDOS |
| VENTILADOR | VENT | 2 MOTORES DC UN SOLO SENTIDO |

En este cuadro se observa los actuadores que conforman la planta los mismos que consisten en pequeños motores de corriente continua de 24V

VIII. DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DISCRETAS PARA EL PLC:

En los siguientes cuadros se puede verificar el direccionamiento de las entradas y salidas que se tiene en la planta.

| ENTRADAS AL PLC | | | |
|-----------------|----------|---------------------------|------------|
| DIRECCIÓN | VARIABLE | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
| I:0/0 | S0 | SENSOR APERTURA TOVL-1 | |
| I:0/1 | S1 | SENSOR DE CIERRE TOVL-1 | |
| I:0/2 | S2 | SENSOR APERTURA TOVL-2 | |
| I:0/3 | S3 | SENSOR DE CIERRE TOVL-2 | |
| I:0/4 | S4 | SENSOR APERTURA TOVL-3 | |
| I:0/5 | S5 | SENSOR DE CIERRE TOVL-3 | |
| I:0/6 | S6 | DETECCIÓN MATERIAL FT-2 | |
| I:0/7 | S7 | SENSOR FINAL CARRERA BRAZ | |
| I:0/8 | S8 | SENSOR FINAL CARRERA BRAZ | |
| I:0/9 | S9 | SENSOR DE CONTEO1 FT_4 | |
| I:0/10 | S10 | SENSOR DE CONTEO2 FT_4 | |
| I:0/11 | S11 | SENSOR DE CONTEO3 FT_4 | |
| I:0/12 | S12 | SENSOR DE CONTEO4 FT_4 | |
| I:0/13 | S13 | PULSADOR-STAR | N/A |
| I:0/14 | S8 | PULSADOR-STOP | N/A |

| SALIDAS DEL PLC | | | |
|-----------------|----------|------------------------|------------|
| DIRECCIÓN | VARIABLE | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
| O:0/0 | M4 | MOTOR FT-1 | |
| O:0/1 | M6,M7 | MOTOR FT-3, TOLV GIRAT | |
| O:0/2 | M3 | MOTOR APERTURA TOLV-3 | |
| O:0/3 | M3 | MOTOR CIERRE TOLV-3 | |
| O:0/4 | M2 | MOTOR APERTURA TOLV-2 | |
| O:0/5 | M2 | MOTOR CIERRE TOLV-2 | |
| O:0/6 | M1 | MOTOR APERTURA TOLV-1 | |
| O:0/7 | M1 | MOTOR CIERRE TOLV-1 | |
| O:0/8 | M8 | MOTOR BRAZ SALIDA | |
| O:0/9 | M8 | MOTOR BRAZ REGRESO | |
| O:0/10 | M9 | MOTOR FT-4 | |
| O:0/11 | M5 | MOTOR FT-2 | |

IX. DESARROLLO.

Se debe implementar un programa en lenguaje ladder el cual cumpla las siguientes características.

- La FT-1 debe activarse apenas se apertura cualquiera de las compuertas, y debe desactivarse 10 segundos después de cerrarse la última compuerta.
- La FT-2 debe activarse cuando el sensor ubicado en la tolva de vaciado detecte la caída de material, y debe desactivarse 20 SEG después de cerrarse la última compuerta.
- La tolva giratoria TG-1 y la FT-3 se activan 5 segundos después de activarse la FT-2 y debe desactivarse 25 segundos después de cerrarse la última compuerta.

- El brazo de arrastre BA-3 se activa a 25seg despues de cerrarse la ultima compuerta, desplazándose y de manera automática debe volver a su posición inicial.
- La FT-4 se activa conjuntamente con el brazo de arrastre y se desactiva transcurridos 8 SEG.
- Los sensores ubicados en los cuatro carriles de la FT-4 deben detectar la presencia de los ladrillos que se desplazan sobre ella, además debe realizar la cuantificación y evaluar si en necesario empezar nuevamente el proceso para obtener mas ladrillos.
- Realice las conclusiones y recomendaciones del caso.