



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

MENCION EN:

GESTION DE LA PRODUCCION INDUSTRIAL

TEMA:

“ELABORACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES CONTROLADO POR UN MÓDULO LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI EN EL PERIODO 2016-2017”

DIRECTOR DE TESIS:

ING. BORIS CHIRIBOGA ERAZO

AUTORES:

ALAVA PICO DIEGO JESUS

MOREIRA LUCAS BRYAN RENE

MANTA – MANABÍ - ECUADOR

2016 – 2017

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI



FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

“ELABORACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES CONTROLADO POR UN MÓDULO LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI EN EL PERIODO 2016-2017”

AUTORES:

ALAVA PICO DIEGO JESUS
MOREIRA LUCAS BRYAN RENE

MANTA – MANABÍ - ECUADOR
2016 – 2017

AUTORIA

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este proyecto, a excepción de las citas bibliográficas y demás fuentes de información, corresponden única y exclusivamente a los autores y el patrimonio intelectual del proyecto corresponde a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

Álava Pico Diego Jesús

C.I 131284597-5

Moreira Lucas Bryan Rene

C.I 131327353-2

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Boris Chiriboga Erazo, catedrático de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí; en calidad de Director de tesis, certifico que el presente trabajo fue desarrollado bajo mi dirección, orientación y supervisión; sin embargo, el proceso de investigación, los conceptos y resultados son de exclusiva responsabilidad de los graduados; Álava Pico Diego Jesús Moreira Lucas Bryan René, cuyo trabajo de titulación tiene como tema **“ELABORACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES CONTROLADO POR UN MÓDULO LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI EN EL PERIODO 2016-2017”** habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. Boris Chiriboga Erazo

DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ELABORACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES CONTROLADO POR UN MÓDULO LÓGICO PROGRAMABLE PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI EN EL PERIODO 2016-2017”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito previo a la obtención del título de INGENIERO INDUSTRIAL.

Aprobado por el tribunal examinador:

Ing. Emilio Loor Mendoza

DECANO

Ing. Boris Chiriboga Erazo

DIRECTOR DE TESIS

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis en principio me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por hacerme realidad este sueño tan anhelado.

A la **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI** por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera porque todos han aportado con sus conocimientos para mi excelente formación, Son muchas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil y que me encantaría agradecerles, su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, haciendo también énfasis en mi familia, sobre todo a mis padres **BENITO MOREIRA MOREIRA Y ESPERANZA LUCAS VILLACIS** que han sido el pilar fundamental de este forjado camino de brindarme todo y principalmente sus bendiciones, también en especial a mi **HERMANA MARIUXI MOREIRA LUCAS** que ha sabido guiar mis pasos y que sin restricción alguna me apoyo de todas las formas que se puede ayudar a alguien... Para ellos y demás muchas gracias.

Bryan Moreira

AGRADECIMIENTO

A mis padres Luis y Marlene, quienes con su lucha incansable me han permitido alcanzar este nivel de educación.

A mi país, Ecuador, que a más de darme una nacionalidad que llevo con orgullo, me ha brindado la oportunidad de formarme como profesional.

A mis hermanos, de quienes siempre tuve la ayuda necesaria para seguir adelante; especialmente a Rubén, que con su ejemplo me ha guiado a conseguir este logro.

A todos los docentes de los que tuve el honor de ser su alumno y me prepararon para superar los retos de la vida profesional.

A mis amigos, por su invaluable ayuda durante toda mi carrera académica.

A mis compañeros de trabajo, por su asesoría y apoyo en este trabajo.

A esa fuerza que aún no alcanzo a comprender, y, sin embargo, ha sido partícipe en los momentos cruciales de mi vida.

Diego Álava

DEDICATORIA

El dedicar este proyecto de tesis es el mejor pretexto para puntualizar quienes son aquellas personas que han estado día a día y han hecho posible este momento, por supuesto que al dedicarles este fragmento significa que han estado presentes en mi vida desde el primer día que ingrese a la universidad.

***MIS PADRES:** agradecido por tenerlos conmigo y por ser quienes apoyaron mi anhelo de ser un profesional cabal, fueron quienes creyeron en mí siempre, combinando el cariño y el rigor para ser quien soy hoy en día.*

***MIS HERMANOS:** que de una u otra forma han ayudado a que el camino se haga más fácil, es que el tener muchos hermanos hace que esto sea posible.*

***MIS AMIGOS:** “es la familia que uno escoge”, que, con sus complicidades, apoyo, y conocimiento mutuo hemos llegado a la primera meta, para continuar al umbral del éxito*

A DIOS: porque él encierra el objetivo de todo lo antes mencionado y es la esencia de este proyecto.

Le dedico a Dios este paso permitido por él, porque es la fuerza divina y el motor de todo ser humano creyente, que hace que todo sea posible con fe, perseverancia y constancia para seguir adelante.

Bryan Moreira Lucas

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a quienes no podría agradecer su esfuerzo de otra forma, sino siguiendo sus enseñanzas.

Diego Álava Pico

RESUMEN

El presente proyecto es un aporte para la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

Con la elaboración del tablero didáctico de Automatización de Operaciones, los estudiantes y docentes tienen a disposición una valiosa herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el primer capítulo se detallan los objetivos, planteamiento del problema y justificación del presente proyecto.

En el segundo capítulo se realiza un diagnóstico de recursos y necesidades de la Facultad, y en base a ello, se establecen los lineamientos generales de diseño del tablero didáctico.

El tercer capítulo define conceptos necesarios para el diseño y construcción del tablero didáctico, describiéndose diferentes alternativas de selección.

En el cuarto capítulo se define y describe a los controladores lógicos programables, sus capacidades, funciones e importancia.

En el quinto y último capítulo se realiza el diseño y se construye el tablero didáctico de Automatización de Operaciones como solución a las necesidades de la Facultad.

ABSTRACT

The present project is a contribution to the Faculty of Industrial Engineering of the "Eloy Alfaro" Secular University of Manabi (Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí).

With the development of the educational Board of Operations Automation, students and teachers have access to a valuable support tool in the teaching-learning process.

The first chapter details the objectives, investigation problem and justification of the project.

The second chapter is a diagnosis of resources and needs of the faculty, and on this basis, establish the general guidelines of the educational board design.

The third chapter defines concepts needed for the design and construction of the board, describing different alternatives for selection.

The fourth chapter defines and describes the logic programmable controllers, their capabilities, functions and importance.

In the fifth and final chapter the design is done and the educational board of Operations Automation is built as a solution to the needs of the Faculty.

INDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INDICE.....	13
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	16
ÍNDICE DE FIGURAS	17
ÍNDICE DE TABLAS.....	20
INTRODUCCIÓN	21
CAPITULO I.....	22
1. MARCO REFERENCIAL.....	22
1.1. ANTECEDENTES	22
1.2. JUSTIFICACIÓN	22
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	24
1.6. OBJETIVOS	24
1.6.1. Objetivo general	24
1.6.2. Objetivos específicos	24
1.7. HIPÓTESIS	24
CAPITULO II.....	25
2. DIAGNÓSTICO INICIAL	25
2.1. Diagnóstico inicial de necesidades didácticas de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial.....	25
2.2. Determinación de características técnicas del tablero didáctico.....	28
CAPITULO III.....	30

3. ESTRUCTURA, ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO, SENSORES Y EQUIPOS DE PROCESO	30
3.1. Estructura del tablero.....	30
3.1.1. Rieles de fijación y canaletas para cableado	31
3.2. Elementos de mando y señalización.....	32
3.2.1. Pulsadores	33
3.2.2. Selectores.....	34
3.2.3. Interruptor de posición o final de carrera.....	35
3.2.4. Interruptores de nivel	36
3.3. Actuadores.....	36
3.3.1. Motores eléctricos de corriente continua (DC)	37
3.3.2. Relés	41
3.3.3. Solenoides.....	42
3.4. Sensores	43
3.4.1. Características estáticas de sistemas de medida.....	44
3.4.2. Sensores con señal de salida Todo o nada	45
3.4.3. Sensores con señal de salida digital.....	46
3.4.4. Sensores con señal de salida analógica	47
3.4.5. Sensores de temperatura	48
3.4.6. Sensores detectores.....	52
3.4.7. Equipos de proceso.....	58
CAPITULO IV	61
4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES	61
4.1. Controlador Lógico Programable.....	61
4.1.1. Estructura de un PLC	62
4.1.2. PLC LOGO! ® Siemens®	62
4.1.3. Módulos de expansión	63
4.1.4. LOGO SOFT Comfort	66
CAPITULO V	68

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TABLERO DIDÁCTICO	68
5.1. Estructura de soporte y panel frontal	68
5.2. Transportador de tornillo sin fin.....	72
5.2.1. Posicionamiento	75
5.3. Sistema de dosificación de líquido	77
5.4. Calentador de resistencia eléctrica	82
5.4.1. Medición de temperatura.....	84
5.5. Control y mando	86
5.5.1. Listado de elementos	86
5.5.2. Panel de control	87
5.5.3. Resumen de Entradas/Salidas de PLC del Tablero	96
5.6. Diseño y diagrama eléctrico	97
5.7. Costos del tablero didáctico	100
5.8. Pruebas de funcionamiento	100
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS.....	107
ANEXO 1: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	107
ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR	112
ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS.....	121

Índice de abreviaturas

PLC: Controlador Lógico Programable

DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).

VAC: Voltaje de corriente alterna

VDC: Voltaje de corriente continua

DC: Corriente continua

LED: Light-Emitting Diode, (Diodo emisor de luz)

PVC: Poli cloruro de vinilo

NA: Normalmente abierto

NO: Normally Open (Normalmente abierto)

NC: Normalmente cerrado

mA: miliamperios

RTD: Resistance Temperature Detector (Detector de temperatura resistivo)

NPN: Transistor de salida negativa

PNP: Transistor de salida positiva

Índice de Figuras

Figura II.1 Malla curricular de la carrera	25
Figura III.2 Elemento de protección montado en riel DIN	31
Figura III.3 Canaleta ranurada de PVC.....	31
Figura III.4 Luces piloto	32
Figura III.5 Tipos de pulsadores	33
Figura III.6 Selector de 2 posiciones	34
Figura III.7 Finales de carrera	35
Figura III.8 Interruptor de nivel eléctrico	36
Figura III.9 Motor de corriente continua	37
Figura III.10 Partes del motor de corriente continua	39
Figura III.11 Sentido de giro de un motor de corriente continua.....	40
Figura III.12 Partes de un relé	41
Figura III.13 Diferentes tipos de Relés.....	42
Figura III.14 Electroválvula	43
Figura III.15 Componentes de un sensor.....	43
Figura III.16 Esquema de funcionamiento de un sensor todo o nada	46
Figura III.17 Sensores NPN y PNP.....	46
Figura III.18 Esquema de funcionamiento de un sensor digital.....	46
Figura III.19 Esquema de funcionamiento de un sensor analógico.....	47
Figura III.20 Termopar.....	49
Figura III.21 Termopares industriales	50
Figura III.22 Partes de una termoresistencia	51
Figura 3.23 Sonda Pt100.....	52
Figura III.24 Estados de un sensor inductivo	53
Figura III.25 Sensor inductivo	54
Figura III.26 Sensor de nivel capacitivo	55
Figura III.27 Esquema de funcionamiento de sensores fotoeléctricos	57
Figura III.28 Banda transportadora de acero inoxidable	59
Figura III.29 Marmita eléctrica industrial.....	60

Figura IV.30 PLC LOGO!® Versión 8	63
Figura IV.31 Módulo de expansión LOGO! ® DM8 12/24R.....	64
Figura V.32 LOGO! ® AM2 RTD	65
Figura IV.33 Fuente de alimentación LOGO! ® Power	65
Figura IV.34 Interfaz de programación de LOGO!® Soft Comfort.....	67
Figura V.35 Plancha de acero al carbono.....	69
Figura V.36 Tubos cuadrados de acero galvanizado.....	69
Figura V.37 Diseño de estructura de soporte	70
Figura V.38 Estructura de tablero sin panel de soporte	71
Figura V.39 Estructura de tablero con panel de soporte.....	71
Figura V.40 Transportador de tornillo sin fin diseñado.....	72
Figura V.41 Representación gráfica de conjunto tuerca-plataforma-tornillo.....	73
Figura V.42 Fuente de poder de 200 W.....	74
Figura V.43 Relé de 8 pines redondos	74
Figura V.44 Final de carrera tipo resorte	75
Figura V.45 Montaje de finales de carrera.....	76
Figura V.46 Montaje de reservorio	77
Figura V.47 Transformador de voltaje	79
Figura V.48 Montaje de electroválvula.....	79
Figura V.49 Montaje de sensor inductivo.....	81
Figura V.50 Montaje de sensor fotoeléctrico.....	82
Figura V.51 Resistencia eléctrica	83
Figura V.52 Plataforma móvil modificada	84
Figura V.53 Sensor Pt-100 montado	85
Figura V.54 Diseño de panel de control.....	87
Figura V.55 Montaje de canaletas	88
Figura V.56 Montaje de riel DIN	89
Figura V.57 Montaje de LOGO! ® y módulos de expansión	89
Figura V.58 Cableado organizado en las canaletas.....	90
Figura V.59 Montaje de elementos de mando, señalización y control	90
Figura V.60 Panel de control	91

Figura V.61 Conectores banana hembra	91
Figura V.62 Conectores banana macho	92
Figura V.63 Interfaz de conectores banana	93
Figura V.64 Rotulado de conectores de entradas LOGO! ®	94
Figura V.65 Rotulado de conectores de salidas LOGO! ®	94
Figura V.66 Rotulado de conectores de actuadores y luces	95
Figura V.67 Rotulado de pulsadores, interruptores y sensores	95
Figura V.68 Entradas y salidas cableadas con conectores banana	95
Figura V.69 Conexión para pruebas	101
Figura V.70 Carga de programa de PC a LOGO! ® mediante cable Ethernet	102

Índice de Tablas

Tabla II.1 Contenido de la asignatura de Automatización de Operaciones	26
Tabla II.2 Recursos de la Facultad de Ingeniería Industrial – ULEAM	27
Tabla II.3 Habilidades a obtener con la asignatura	28
Tabla II.4 Resumen de características del tablero didáctico de automatización	29
Tabla III.5 Márgenes de medida de salidas analógicas normalizadas	47
Tabla V.6 Características técnicas de electroválvula	78
Tabla V.7 Características técnicas del sensor inductivo	80
Tabla V.8 Características técnicas del sensor fotoeléctrico	81
Tabla V.9 Características técnicas de sensor Pt-100	84
Tabla V.10 Entradas y salidas disponibles en el tablero	96
Tabla V.11 Voltajes de operación de equipos de tablero	97
Tabla V.12 Distribución de cargas eléctricas del tablero	99
Tabla V.13 Costo total de tablero didáctico	100

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en el Diseño y construcción de un Tablero Didáctico de Automatización de Operaciones según las necesidades académicas para la formación de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Una de las principales competencias del Ingeniero Industrial es el diseño de procesos; en la actualidad las industrias a nivel local buscan la automatización progresiva de sus procesos para mantener su competitividad en un mercado cada vez más exigente. Por lo tanto, es necesario que los Ingenieros Industriales reciban en su formación los conocimientos y habilidades para diseñar procesos automatizados. En respuesta a esta necesidad, la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM cuenta en su malla curricular con la asignatura de Automatización de Operaciones, no obstante, al no contar con un laboratorio de pruebas, la metodología de enseñanza se reduce a simulaciones virtuales.

Durante la puesta en marcha de un programa diseñado para automatizar un proceso siempre se originan problemas que no se pueden prever mediante la simulación virtual, por esto es necesario que la Facultad de Ingeniería Industrial cuente con implementos que permitan realizar prácticas de puesta en marcha de los programas de automatización que aprenden a diseñar los alumnos, de manera que reciban una capacitación íntegra en tan importante tema.

Este proyecto se encuentra motivado por el deseo de proporcionar un complemento que fortalezca la capacitación técnica de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM en temas de automatización de procesos industriales.

El alcance del proyecto contempla el diseño y la construcción de un tablero didáctico de Automatización de Operaciones adaptado a las necesidades de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

La automatización de procesos es, sin duda, la tendencia que siguen las grandes industrias en nuestro medio, no sólo porque la competitividad del mercado así lo demanda, sino también porque una operación parcial o totalmente automatizada puede fácilmente lograr un gran incremento de la productividad, uno de los principales objetivos de toda organización.

A nivel local, las industrias dedicadas a la producción de alimentos son el eje de la economía; en ellas es común ver operaciones semiautomatizadas que van desde el transporte de materiales, la operación de un caldero, hasta el control de sistemas más complejos como la operación de una cámara frigorífica. El conocimiento de estos sistemas y cómo diseñarlos para que provoquen mejoras se convierte en una necesidad importante para las industrias, y, por ende, una competencia que el Ingeniero Industrial debe poseer.

La Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM a pesar de ofertar la cátedra de Automatización de Operaciones, no posee un laboratorio en donde se puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos, por lo que esto se convierte en una deficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La tendencia hacia la automatización de procesos es cada vez más fuerte en la industria local, por lo tanto, el Ingeniero Industrial debe ser capaz de diseñar o adaptar un proceso para que sea parcial o totalmente automatizado integrando de esta manera todas sus capacidades de optimización.

La disponibilidad de un tablero didáctico para que los estudiantes puedan poner en marcha los programas de automatización que diseñen, y para que el docente dicte sus clases de manera demostrativa contribuirá a la

consolidación de los conocimientos obtenidos y al desarrollo de habilidades que les permitan realizar diseños más precisos mejorando las competencias profesionales de los Ingenieros Industriales.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM, ofrece desde hace 5 años la asignatura de Automatización de Operaciones en su malla curricular, tiempo durante el cual la metodología de enseñanza se ha basado en el diseño de programas para su posterior simulación virtual mediante software especializado, sin entrar en contacto en ningún momento con los equipos involucrados como relés programables, motores, sensores, etc.

Esta metodología es eficaz para el dominio del software de programación, pero no toma en cuenta los desafíos que se presentan en la puesta en marcha de los procesos diseñados, en donde se deben ajustar parámetros mecánicos, eléctricos, estructurales, etc., provocando en algunos casos un rediseño total del programa inicialmente concebido. La ausencia de esta experimentación por parte de los estudiantes trae como consecuencia una deficiencia en la competencia del Ingeniero Industrial, quien será incapaz de diseñar adecuadamente procesos automatizados, perdiendo competitividad laboral.

La ausencia de una metodología práctica para la asignatura de Automatización de Operaciones provoca deficiencias en las competencias profesionales de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM. Es necesario entonces de disponer de un tablero didáctico de automatización que haga posible fortalecer estas competencias.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cómo diseñar y construir un tablero didáctico que mejore las competencias profesionales de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí?

1.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuáles son las características que debe tener el tablero didáctico para responder a las necesidades de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la ULEAM?
- ¿Qué impacto tiene la ausencia de conocimientos prácticos de Automatización de Operaciones en las competencias profesionales de los estudiantes?
- ¿Cuál sería el beneficio de los estudiantes con la implementación de un tablero didáctico de automatización?

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

- Elaborar un tablero didáctico de Automatización de Operaciones controlado por un módulo lógico programable para Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

1.6.2. Objetivos específicos

- Diseñar y construir la estructura del tablero.
- Montar los elementos de control y equipos en el tablero.
- Desarrollar la interfaz de conexión entre el módulo lógico programable y las señales de entrada y salida.
- Realizar pruebas de funcionamiento del tablero con todos sus elementos.

1.7. HIPÓTESIS

La implementación del tablero didáctico de automatización fortalece los conocimientos prácticos y experimentales de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM para el diseño y/o control de procesos.

CAPITULO II

2. DIAGNÓSTICO INICIAL

2.1. Diagnóstico inicial de necesidades didácticas de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial

La Facultad de Ingeniería Industrial cuenta en su malla curricular con la asignatura Automatización de Operaciones, siendo considerada como profesionalizante, es decir, indispensable en la formación profesional del Ingeniero Industrial.

		UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL									
		PENSUM EN VIGENCIA DESDE EL PERIODO LECTIVO DEL 2012 - 2013									
		MALLA CURRICULAR DE LA CARRERA BASADA EN CRÉDITOS									
		1	2	3	4	5	6	7	SUMA		
I	NIVEL	1.1 Círculo 1 ALGEBRA LINEAL CIC. Matemática	1.2 Círculo 1 FISICA I CIC. Mecánica	1.3 Círculo 1 QUÍMICA INORGÁNICA CIC. Química	1.4 Círculo 1 DISEÑO TÉCNICO CIC. D.T.	1.5 Círculo 2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL CIC. D.T.	1.6 Círculo 2 CULTURA FÍSICA CIC. D.T.	1.7 Círculo 2 FISICIÓN TÉCNICA E INFORMÁTICA CIC. D.T.	1.8 Círculo 2 MATEMÁTICA BÁSICA CIC. D.T.	27	
II	NIVEL	2.1 Círculo 3 CÁLCULO DIFERENCIAL CIC. D.T.	2.2 Círculo 3 FISICA II CIC. Mecánica	2.3 Círculo 3 QUÍMICA ANALÍTICA CIC. Química	2.4 Círculo 3 QUÍMICA ORGANICA CIC. Química	2.5 Círculo 3 MÉTODOS TECNOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN CIC. D.T.	2.6 Círculo 3 INFORMÁTICA AVANZADA CIC. D.T.	2.7 Círculo 3 ELEMENTOS MODULARES DE PLANTA CIC. D.T.	26		
III	NIVEL	3.1 Círculo 3 CÁLCULO INTEGRAL Y ECUACIONES CIC. D.T.	3.2 Círculo 3 FISICA III CIC. Mecánica	3.3 Círculo 3 QUÍMICA INDUSTRIAL CIC. Química	3.4 Círculo 3 MICROBIOLOGÍA CIC. D.T.	3.5 Círculo 3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y PROBABILIDADES CIC. D.T.	3.6 Círculo 3 RESISTENCIA DE MATERIALES CIC. D.T.	3.7 Círculo 3 TECNOLOGÍA DE MATERIALES CIC. D.T.	28	DESARROLLO COMUNITARIO	
IV	NIVEL	4.1 Círculo 4 TERMODINÁMICA CIC. D.T.	4.2 Círculo 4 BIODINÁMICA CIC. D.T.	4.3 Círculo 4 ELECTROTECNIÁ CIC. D.T.	4.4 Círculo 4 CIC. D.T.	4.5 Círculo 4 ESTADÍSTICA INFERENCIAL CIC. D.T.	4.6 Círculo 4 CONTABILIDAD GENERAL CIC. D.T.	4.7 Círculo 4 MÉTODOS NUMÉRICOS CIC. D.T.	26		
V	NIVEL	5.1 Círculo 4 TERMODINÁMICA CIC. D.T.	5.2 Círculo 4 CONTABILIDAD DE COSTOS CIC. D.T.	5.3 Círculo 4 TEORÍA DE REDES INGENIERÍA CIC. D.T.	5.4 Círculo 4 PRINCIPIOS E INDICES INGENIERIALES CIC. D.T.	5.5 Círculo 4 MICROECONOMÍA CIC. D.T.	5.6 Círculo 4 CONTROL Y ASISTENCIA DE LA CALIDAD CIC. D.T.	5.7 Círculo 4 PRÁCTICAS DE CONTROL DE LA CALIDAD CIC. D.T.	24	PRÁCTICAS ADMINISTRATIVAS	
VI	NIVEL	6.1 Círculo 4 SIMULACIÓN Y SIMULADORES CIC. D.T.	6.2 Círculo 4 MECÁNICA DE FLUIDOS CIC. D.T.	6.3 Círculo 4 INGENIERÍA ECONÓMICA CIC. D.T.	6.4 Círculo 4 SEGURIDAD INDUSTRIAL CIC. D.T.	6.5 Círculo 4 SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD CIC. D.T.	6.6 Círculo 4 ESTUDIO DE MERCADO CIC. D.T.	6.7 Círculo 4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA CIC. D.T.	27	PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE CONTROL DE CALIDAD	
7	NIVEL	7.1 Círculo 4 TRANSFERENCIA DE CALOR CIC. D.T.	7.2 Círculo 4 ANÁLISIS FINANCIERO CIC. D.T.	7.3 Círculo 4 CIC. D.T.	7.4 Círculo 4 HIGIENE LABORAL CIC. D.T.	7.5 Círculo 4 REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIAS CIC. D.T.	7.6 Círculo 4 AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES CIC. D.T.	7.7 Círculo 4 INGLÉS TÉCNICO CIC. D.T.	25	PRÁCTICAS INDUSTRIALES	
8	NIVEL	8.1 Círculo 4 DISEÑO EXPERIMENTAL CIC. D.T.	8.2 Círculo 4 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CIC. D.T.	8.3 Círculo 4 SISTEMAS AMBIENTALES CIC. D.T.	8.4 Círculo 4 PRESUPUESTO CIC. D.T.	8.5 Círculo 4 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN CIC. D.T.	8.6 Círculo 4 OPERACIONES VIRTUALES CIC. D.T.	8.7 Círculo 4 INGLÉS TÉCNICO II CIC. D.T.	25	PRÁCTICAS INDUSTRIALES	
9	NIVEL	9.1 Círculo 4 GESTIÓN EMPRESARIAL CIC. D.T.	9.2 Círculo 4 LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE PROYECTOS CIC. D.T.	9.3 Círculo 4 PROCESOS DE ALIMENTOS CIC. D.T.	9.4 Círculo 4 CIC. D.T.	9.5 Círculo 4 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS CIC. D.T.	9.6 Círculo 4 DISEÑO DE TESIS CIC. D.T.	9.7 Círculo 4 INGLÉS TÉCNICO III CIC. D.T.	26		
10	NIVEL	CRÉDITOS COMPARTIDOS GESTIÓN DE PRODUCCIÓN GESTIÓN DEL SERVIDOR INDUSTRIAL GESTIÓN DE LA CALIDAD GESTIÓN EMPLEADORA Y PRODUCTOS (PROPÓSICIÓN DE TRABAJOS DE GRUPO EN PROGRAMAS Y A LOS ÁREAS DE INTERÉS DE LOS ESTUDIANTES)							23	PRÁCTICAS DE TITULACIÓN	
									TOTAL CRÉDITOS DEL PROGRAMA	257	59
									TOTAL CRÉDITOS DE LA CARRERA	16	332

Figura II.1 Malla curricular de la carrera

Fuente: Secretaría de Facultad

Según el programa de la asignatura (sílabo) de Automatización de Operaciones del año 2016 aprobado por el Vicerrectorado académico de la ULEAM, la asignatura consta de un programa de 160 horas de aprendizaje distribuidas en 32 horas dedicadas a la docencia, 32 horas prácticas y 96 autónomas. En este mismo sílabo, se especifica además que la asignatura tiene una contribución ALTA a los resultados de aprendizaje de la carrera ofreciendo a los estudiantes la capacidad de:

“Diseñar sistemas secuenciales de control industrial, capaces de manipular procesos que involucren variables digitales y/o analógicas por medio de controladores lógicos programables”.

Dentro del contenido de la asignatura tenemos:

8. Estructura de la Asignatura de Automatización de Operaciones		
	Unidades Temáticas	Contenidos
		Conocimientos
1	Introducción, álgebra de Boole y sistemas combinacionales	Fundamentos, entorno de programación, operaciones lógicas, teoremas importantes, funciones lógicas, lógica combinacional, aplicaciones
2	Sistemas secuenciales	Secuencias básicas, diagramas SFC/Grafcet, acciones internas, externas, condicionales e incondicionales, temporizadores, contadores
3	Estructuras lógicas	Divergencia y convergencia lógicas (AND y OR), saltos, lazos
4	Variables analógicas	Ecuaciones básicas de procesos industriales, funciones analógicas del controlador

Fuente: Secretaría de Facultad

Tabla II.1 Contenido de la asignatura de Automatización de Operaciones
Para la impartición y cumplimiento del programa de la asignatura, la facultad cuenta con los siguientes recursos:

- Sala con equipos audiovisuales
- Computadoras de alto rendimiento
- Software especializado para programación y automatización

Estos recursos funcionan bien para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos teóricos, sin embargo, carece de equipos para la parte experimental, ya que como el sílabo indica, se deben incluir prácticas de aplicación y experimentación de aprendizajes mediante actividades académicas desarrolladas en escenarios experimentales o laboratorios.

Hasta el momento, la parte experimental de la asignatura se ha realizado mediante simulaciones en software especializado, sin conocer físicamente los equipos, sensores y demás elementos involucrados en el control de procesos para la resolución de problemas concretos de la profesión.

En la tabla 2.2 se resumen los recursos con que cuenta actualmente la facultad de Ingeniería Industrial para cumplir con el sílabo de la asignatura de Automatización de Operaciones:

Recursos disponibles de la Facultad			
# Ítem	Descripción	Cumple	No Cumple
1	Sala Audiovisual	X	
2	Computadoras	X	
3	Software especializado	X	
4	Laboratorio de prácticas		X

Fuente: Autores

Tabla II.2 Recursos de la Facultad de Ingeniería Industrial – ULEAM

Como consta en la tabla, al momento, la facultad tiene una falencia en la parte experimental de la asignatura, esto provoca vacíos e inexperiencia en las habilidades de los estudiantes quienes estarán poco familiarizados con lo que puedan encontrar en el campo profesional.

En conclusión, se convierte en una necesidad contar con implementos adecuados para las prácticas experimentales de la asignatura de Automatización de Operaciones de manera que pueda cumplirse con los objetivos del sílabo de la asignatura, por lo tanto, la facultad debe contar con un tablero didáctico que contenga todos los elementos con los cuales los estudiantes puedan interactuar y poner a prueba sus conocimientos mediante la puesta en marcha de procesos a pequeña escala.

2.2. Determinación de características técnicas del tablero didáctico

Una vez expuesta la necesidad de la facultad de contar con implementos que permitan ejecutar prácticas experimentales para la asignatura de Automatización de Operaciones, es necesario definir las características que debe o deben poseer estos elementos para cumplir con los objetivos de la asignatura y así satisfacer la necesidad identificada.

Dentro del sílabo, podemos encontrar que la asignatura se encuentra estructurada por cuatro unidades temáticas (Tabla 2.1), así como las habilidades que los estudiantes deben obtener por cada una de estas, se muestran a continuación en la Tabla 2.3.

Estructura de la Asignatura de Automatización de Operaciones		
Unidades Temáticas		Habilidades
1	Introducción, álgebra de Boole y sistemas combinacionales	Formula, optimiza y programa funciones lógicas combinacionales en un controlador lógico programable.
2	Sistemas secuenciales	Sintetiza procesos secuenciales por medio de diagramas Grafcet y lo utiliza como estructura base para un programa escrito en diagrama de contactos.
3	Estructuras lógicas	Caracteriza disyunciones y conjunciones lógicas, además de procesos paralelos.
4	Variables analógicas	Utiliza funciones analógicas del controlador para dirigir procesos que involucran variables continuas

Fuente: Secretaría de facultad

Tabla II.3 Habilidades a obtener con la asignatura

Basándonos en las habilidades que los estudiantes deben obtener, se determinarán las necesidades que deben solventarse con el presente proyecto.

En la primera unidad temática podemos ver que los estudiantes deben desarrollar diversas habilidades para el manejo de un controlador lógico programable, por lo tanto, es fundamental que la facultad ponga a disposición de los estudiantes un dispositivo de estas características. En este punto deben también ser considerados dispositivos tales como sensores, elementos de mando y actuadores que proporcionen señales

digitales para poder realizar prácticas experimentales de sistemas combinatoriales controlados por el módulo programable.

Para solventar las necesidades de la segunda y tercera unidad, es necesario que el PLC cuente con capacidad para procesar suficientes entradas que permitan controlar un mayor número de salidas en un mismo programa de manera que puedan diseñarse secuencias con un mayor nivel de complejidad.

En la cuarta unidad temática los estudiantes deben utilizar funciones analógicas, para esto, el PLC debe tener compatibilidad para procesar estas señales, y además de se debe tener a disposición sensores o actuadores que operen con variables continuas.

En la tabla II.4 se resumen las características técnicas con que debe contar un tablero didáctico de automatización que responda a las necesidades identificadas según el sílabo de la asignatura.

Unidad Temática	Descripción	Necesidades específicas para aprendizaje experimental
1	Introducción, álgebra de Boole y sistemas combinatoriales	Controlador lógico programable
		Sensores, actuadores y elementos de proceso
2	Sistemas secuenciales	PLC debe contar con suficientes salidas/entradas digitales
3	Estructuras lógicas	
4	Variables analógicas	PLC con capacidad de procesar señales analógicas
		Sensores o actuadores cuya operación o señal se encuentre en función de una variable continua

Tabla II.4 Resumen de características del tablero didáctico de automatización

CAPITULO III

3. ESTRUCTURA, ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO, SENSORES Y EQUIPOS DE PROCESO

3.1. Estructura del tablero

Una estructura es un conjunto de elementos ensamblados de manera tal que su unión y forma puedan mantenerse. Las estructuras diseñadas para soportar equipos y máquinas deben tener la capacidad de absorber las vibraciones provocadas por estos y transmitir las al suelo de manera tal que dichos equipos no sufran daño y puedan mantener sus condiciones de operación.

El tablero constituye entonces el corazón de comando del proceso, según Roldán (2008) en el tablero eléctrico “están reunidos todos los elementos de accionamiento y control de los receptores. Recibe las órdenes y señales procedentes de los elementos de maniobra y de los captosres y conduce la energía de la red eléctrica hacia los receptores para que realicen los cometidos que tienen encomendados”.¹

En el caso de este proyecto, el PLC será el encargado de recibir las señales y en base a la programación que se haya configurado, conducirá la energía eléctrica a los dispositivos indicados.

Entre las consideraciones que debe tenerse al elegir los materiales constructivos de un tablero está el ambiente del lugar en donde se vaya a encontrar operando; es decir, si la instalación es húmeda, con temperaturas elevadas, ambientes sin ventilación, etc. Una vez analizados estos factores se puede elegir el material constructivo adecuado, entre los que tenemos:

PVC o derivados: Para ambientes húmedos

Acero al carbono/galvanizado: Para ambientes secos y de aire limpio

Acero inoxidable: Para ambientes con alta exposición a agentes oxidantes

¹ Roldán J. (2008). *Automatismos industriales Electricidad y electrónica: Instalaciones eléctricas y automáticas*. España: Editorial Paraninfo.

3.1.1. Rieles de fijación y canaletas para cableado

Para sujetar dispositivos como PLC, interruptores, disyuntores, relés y demás se utilizan barras metálicas de 35 mm x 7.5 mm normalizadas por el Instituto Alemán de Normalización (DIN por sus siglas en alemán) en su norma DIN 46277-3. Estas barras están compuestas generalmente de acero laminado, aunque pueden encontrarse de aluminio, acero inoxidable, entre otros. La mayoría de dispositivos eléctricos de protección están moldeados para encajar en este riel, por lo que es considerado un estándar global.



Figura III.2 Elemento de protección montado en riel DIN

Por otro lado, las canaletas son estructuras cerradas compuestas generalmente de PVC que sirven como organizadores de cables sirviendo para canalizarlos y ocultarlos de la vista de los usuarios para ofrecer una vista más estética y segura a la instalación. Se las encuentra en diversas medidas y presentaciones, siendo en el ámbito industrial la canaleta de tipo ranurada la más utilizada, gracias a que sus ranuras permiten la salida de los cables para permitir interconexión con elementos de protección, control y mando.

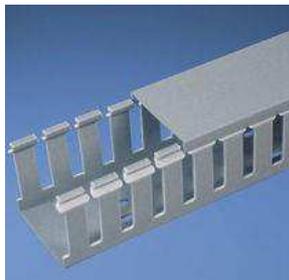


Figura III.3 Canaleta ranurada de PVC

3.2. Elementos de mando y señalización

Los elementos de mando son la interfaz mediante la cual se relaciona un usuario para controlar a través de acciones manuales un determinado proceso.

Según Flower (2007), los elementos de mando “son todos aquellos aparatos que actúan accionados directamente por un operario, para establecer el diálogo hombre-máquina.

La apertura y el cierre de sus contactos se realiza por apertura o ruptura lenta, porque la velocidad de desplazamiento del contacto móvil de estos aparatos, es igual o directamente proporcional a la velocidad de desplazamiento del órgano de mando”.²

Los elementos de señalización por otro lado tienen como finalidad informar a los usuarios u operarios si el estado de funcionamiento de un equipo, máquina o proceso, si se encuentra o no dentro de las condiciones establecidas. La señalización tiene gran utilidad como sistema de alarma o de monitoreo de condiciones de un proceso. Dentro de los elementos de señalización se puede encontrar:

Señalización acústica: Su funcionamiento se basa en emitir ondas sonoras que puedan ser recibidas por el oído del operador u operadores, como ejemplo se tiene a las sirenas, zumbadores, timbres, etc.

Señalización óptica: Su principio de funcionamiento está basado en la emisión de señales que puedan ser recibidas por la vista de los operadores, por esto se usan señales luminosas, generalmente de diversos colores.



Figura III.4 Luces piloto

² Flower L. (2007). *Controles y Automatismo Eléctricos: instalaciones eléctricas*. Colombia: Alfaomega.

3.2.1. Pulsadores

Son dispositivos de mando que contienen contactos que cambian de posición cuando una fuerza externa actúa sobre ellos provocando que el circuito del que forman parte se abra o se cierre. Una vez que la fuerza se deja de aplicar sobre el pulsador, el contacto vuelve a su posición original.

Se usan generalmente para acciones de puesta en marcha y paro de un actuador, máquina, equipo o proceso, así como también como elemento de mando de seguridad (parada de emergencia).

Por su apariencia pueden ser:

- **Rasantes:** El botón y la carcasa del pulsador se encuentran al mismo nivel para evitar pulsaciones involuntarias.
- **Salientes:** El botón sobresale de la carcasa para facilitar la pulsación.
- **De seta:** Es un pulsador con un botón generalmente rojo y de mayor tamaño, se lo conoce también como pulsador hongo debido a su forma. Son usados para ejecutar paros de emergencia, por lo tanto, el gran tamaño y color rojo tienen como objetivo que sea totalmente visible para que cualquier persona lo pueda pulsar en caso de una emergencia. Este tipo de pulsadores puede contar con un enclavamiento que mantiene el botón pulsado hasta que manualmente se desenchave.



Figura III.5 Tipos de pulsadores

Por la función que realizan son:

- **Normalmente cerrado (NC):** El contacto del pulsador se encuentra normalmente cerrado, de esta manera, cuando el botón es pulsado el contacto se vuelve abierto, abriendo también el circuito en el que se encuentra.
- **Normalmente abierto (NA o NO):** El contacto del pulsador se encuentra normalmente abierto, por lo tanto, cuando el botón es pulsado este contacto se cierra y permite cerrar el circuito en el que se encuentra.
- También existen pulsadores modulares que permiten agregar contactos adicionales, de esta manera con un mismo pulso se actúa sobre más de un contacto a la vez.

3.2.2. Selectores

Son interruptores de tipo giratorio que al ser accionados cambian la posición su contacto y la mantienen hasta que vuelva a ser accionado.

Existen en diversidad de modelos, el más común es el de 2 posiciones con sólo un contacto por accionar, sin embargo, pueden llegar a tener muchas más posiciones, cada una con su respectivo contacto. Uno de sus usos más extendidos es en el control de sistemas que disponen de modos de operación manual o automático, de manera que girando el selector se escoja uno u otro.

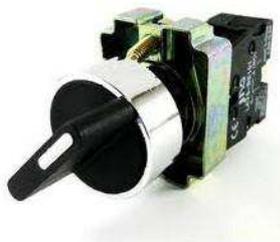


Figura III.6 Selector de 2 posiciones

3.2.3. Interruptor de posición o final de carrera

Según Flower (2007), el final de carrera puede considerarse como: “Aparato empleado en la etapa de detección y fabricado específicamente para indicar, informar y controlar la presencia, ausencia o posición de una máquina o parte de ella, siendo accionado por ellos mismos o mediante contacto físico (ataque).”³

Disponen de dos contactos (NA y NC) con la característica de que su apertura o ruptura se da de forma brusca, es decir que cuando el órgano de mando es activado, los contactos internos realizan su recorrido totalmente, a diferencia de los pulsadores cuyos contactos se mueven a la velocidad a la que son pulsados. El accionamiento o “ataque” de los finales de carrera es muy variado y de esto deriva su aplicación, entre los más reconocidos se encuentran:

- **De ataque frontal:** Poseen una cabeza cilíndrica, vástago de acero o botón que actúan como órgano de mando.
- **De ataque lateral unidireccional o bidireccional:** El órgano de mando posee una roldana o rueda que se acciona cuando un objeto pasa por encima de esta.
- **De ataque lateral multidireccional:** El órgano de mando de este tipo de interruptores está compuesto por una varilla flexible con un resorte en su interior, de esta manera puede ser accionado al ser empujado desde cualquier dirección.



De ataque frontal



De ataque lateral uni o bidireccional



De ataque multidireccional

Figura III.7 Finales de carrera

³ Flower L. (2007). *Controles y Automatismos Eléctricos: instalaciones eléctricas*. Colombia: Alfaomega.

3.2.4. Interruptores de nivel

El interruptor de nivel es un dispositivo que se usa instalado en recipientes o tanques que contienen generalmente líquidos (aunque también puede usarse para sólidos) para que pueda cambiar su estado cuando el líquido o material llega a un nivel determinado. Un buen ejemplo de estos interruptores son los flotadores de los retretes, que al alcanzar cierto nivel detienen el flujo de agua hacia el reservorio.

Existen interruptores de nivel que emiten una señal eléctrica cuando cambian su estado, estos funcionan con una parte mecánica que cierra o abre un contacto cuando el fluido alcanza el nivel deseado, enviando la correspondiente señal eléctrica, por lo tanto, pueden usarse para controlar el encendido o apagado de una bomba, el cierre o apertura de una válvula, alarmas, entre otros.



Figura III.8 Interruptor de nivel eléctrico

3.3. Actuadores

Un actuador puede definirse como un aparato o dispositivo que transforma una fuente de energía en otra (Creus, 2010).⁴

El objetivo de esta transformación de energía es proveer fuerza motriz para mover o “actuar” un dispositivo mecánico a fin de que influya sobre un determinado proceso. Esta fuerza puede provenir de tres fuentes: Presión hidráulica, presión neumática y fuerza motriz eléctrica, dependiendo del

⁴ Creus S. (2010). *Neumática e hidráulica*. España: Marcombo.

origen de su fuerza, el actuador recibirá su nombre, de manera que se conocen como actuadores neumáticos, hidráulicos o eléctricos.

Con los avances tecnológicos se logró automatizar la actuación o activación de dispositivos, por lo que en la mayoría de los casos estos se encuentran comandados por un controlador, un ejemplo sencillo de un actuador es un motor eléctrico o una válvula eléctrica.

3.3.1. Motores eléctricos de corriente continua (DC)

Un motor eléctrico de corriente continua es una máquina capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo mecánico, esto se logra mediante la acción de un campo magnético que provoca un movimiento rotatorio.

A pesar de que en la actualidad el motor de corriente alterna tiene un uso más extendido, el motor de corriente continua sigue siendo imprescindible en aplicaciones en las que la precisión y el control lo son todo. Este tipo de motores ofrece muchas facilidades para el control de posición, velocidad, inversión de giro, entre otros, y es por esto que tienen un amplio uso en robótica y procesos automatizados, debemos incluir además su extendido uso en electrodomésticos, juguetería, teleféricos, trolebuses, etc.

El principio de operación del motor de corriente continua está basado en la ley de inducción electromagnética (mejor conocida como ley de Faraday) para así aprovechar las fuerzas de repulsión que existen entre los polos magnéticos opuestos.



Figura III.9 Motor de corriente continua

El movimiento del motor de corriente continua se basa en la interacción de dos dipolos magnéticos, uno fijo y otro dispuesto sobre una pieza que

puede girar, denominada rotor. El dipolo móvil está alimentado por una corriente continua cuya polaridad se invierte a cada semiciclo de rotación por la acción de un conmutador.

El motor de corriente continua está conformado por las siguientes partes:

Carcasa: Es la parte externa del motor y se encarga de proteger al cableado interior de las condiciones ambientales a las que se expone, además su forma está diseñada para mejorar la disipación del calor generado por la operación del mismo.

Estator o inductor: Puede estar formado ya sea por un imán permanente o por un electroimán y conforma la parte fija del motor, de ahí que sea conocido como estator. Su función es la de mantener constantemente un campo magnético con polos opuestos a los que tendrá el rotor, de manera que las fuerzas de repulsión generen el movimiento deseado.

Rotor o inducido: Es la parte móvil de motor, por lo tanto, la que proporciona el torque a la carga que se pretende mover.

Está constituida por una barra de acero con un núcleo magnético que aloja a su alrededor al devanado. El devanado consta de bobinas que forman un electroimán conectado eléctricamente al colector de delgas, que gracias a su movimiento rotatorio cierra el circuito eléctrico momentáneamente y conmuta invirtiendo los polos magnéticos de manera que el movimiento sea continuo mientras el estator e inductor estén energizados.

Colector de delgas: Es la interfaz que permite la conexión eléctrica entre el devanado y la fuente de alimentación, es un anillo formado por láminas de cobre aisladas entre sí que al girar hacen contacto con las escobillas para cerrar el circuito eléctrico y energizarse.

Escobillas: Son piezas de grafito conectadas a la fuente de alimentación, al girar el rotor, estas piezas hacen contacto con el colector y energizan el devanado, de esta manera el movimiento del rotor se vuelve constante y se puede transmitir el torque a la carga deseada.

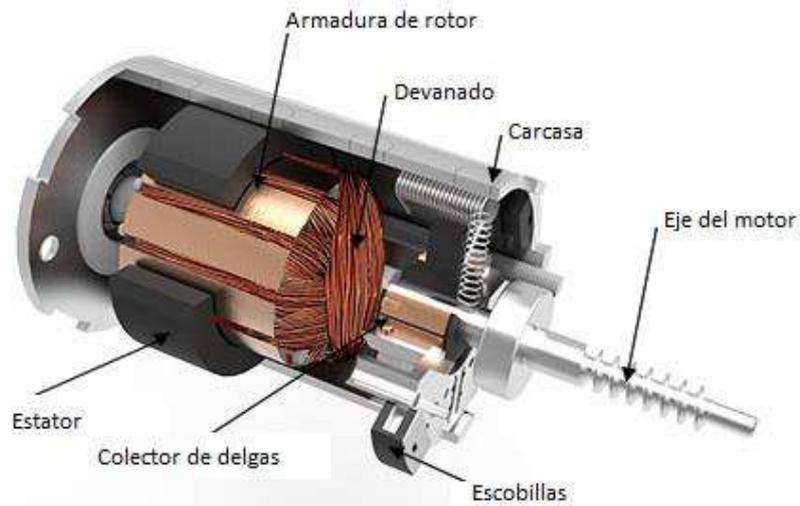


Figura III.10 Partes del motor de corriente continua

3.3.1.1. Inversión de sentido de giro del motor

Una de las grandes ventajas de los motores de corriente continua, es la facilidad con la que se puede lograr invertir el sentido de giro del rotor; esto permite expandir las aplicaciones y el control sobre determinados procesos.

El principio del cambio de sentido de giro está basado en la inversión del campo magnético del rotor o inducido que se logra invirtiendo la polaridad de la fuente alimentación.

Según Müller (1984): “Según la regla de la mano izquierda el sentido de la fuerza que actúa sobre un conductor recorrido por una corriente y situado en un campo magnético depende de los sentidos de campo y la corriente. Esto significa en el caso del motor de continua que su sentido de giro dependerá del sentido de la corriente que circula por el inductor y del de la corriente por el devanado de inducido, Cuando se desee invertir el sentido de giro deberá invertirse el sentido de una de estas dos corrientes.

Cuando deba cambiarse frecuentemente el sentido de giro de un motor de corriente continua se invertirá el sentido de la corriente de inducido,

con lo que se evitan las elevadas tensiones que aparecen por autoinducción cuando se conmuta el devanado de excitación.”⁵



Figura III.11 Sentido de giro de un motor de corriente continua

La corriente continua fluye siempre desde el polo negativo hacia el polo positivo de la fuente de suministro, sin embargo, por convención, se ha establecido como estándar que el flujo es de manera inversa, es decir desde el polo positivo hacia el polo negativo. Esto es importante ya que indicará la forma en que se debe conectar el motor.

En resumen, el esquema de conexión para cada sentido de giro de un motor de corriente continua es el siguiente:

Giro en sentido horario (en el sentido de las manecillas del reloj)

- 1) Se conecta el polo positivo de la fuente al polo positivo del motor
- 2) Se conecta el polo negativo de la fuente al polo negativo del motor

Giro en sentido anti-horario (en contra de las manecillas del reloj)

- 1) Se conecta el polo negativo de la fuente al polo positivo del motor
- 2) Se conecta el polo positivo de la fuente al polo negativo del motor

⁵ Müller, W. (1984). *Electrotécnia de potencia: Curso superior*. España: Reverté.

3.3.2. Relés

“Un relé es un interruptor mecánico accionado eléctricamente. Consta de dos o más contactos, correspondientes a uno o a varios circuitos independientes, y de un elemento que controla la conmutación. La corriente y tensión necesarias para el control es muy pequeña respecto a la potencia del circuito controlado, esto permite que el interruptor que cierra el circuito de control, sea de potencia muy inferior a la necesaria en un interruptor intercalado directamente en el circuito controlado”.⁶

Funcionan con un electroimán (una bobina) como elemento de control, cuando circula corriente por este, crea un campo magnético que atrae al o los contactos móviles hacia el contacto fijo cerrando un circuito (si el contacto es de tipo normalmente abierto), en el caso de que el contacto sea de tipo normalmente cerrado ocurre lo contrario, es decir, el contacto móvil se aleja del contacto fijo abriendo el circuito.

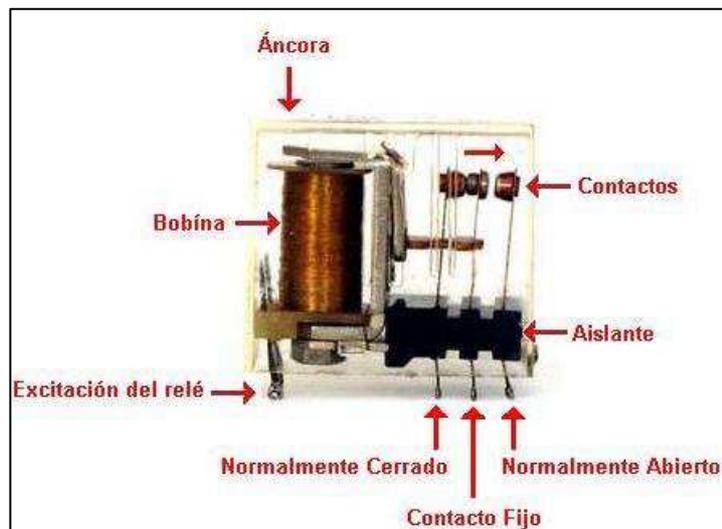


Figura III.12 Partes de un relé

La gran ventaja que ofrecen los relés electromagnéticos es que los circuitos de los contactos y el circuito del electroimán están totalmente separados, esto permite manejar voltajes y corrientes distintos para cada

⁶ 2. Pallás, R. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. España: Marcombo.

circuito. Por lo tanto, con pequeñas potencias en el electroimán es posible controlar circuitos de alta potencia conectados a los contactos del relé.

Existen diversos tipos de relé, clasificándose generalmente por su número y/o tipo de pines, lo que hace que puedan soportar más o menos corriente, así como mayor número de contactos. En circuitos de grandes potencias se debe usar una versión más grande y robusta del relé denominada contactor.



Figura III.13 Diferentes tipos de Relés

3.3.3. Solenoides

Un solenoide es un convertidor de energía eléctrica en energía mecánica por medio de un campo magnético. Está conformado por un circuito magnético y un elemento mecánico móvil. El circuito magnético está formado por una bobina mientras que el elemento mecánico móvil es un vástago también de material ferromagnético. Cuando una corriente circula por la bobina, se produce un campo magnético que induce polos magnéticos en el vástago, que de esta forma es atraído, lo que permite ejecutar las acciones deseadas, como puede ser una apertura o cierre del elemento. Los solenoides tienen un uso muy extendido como controladores de electroválvulas y cilindros.

3.3.3.1. Electroválvulas

Una electroválvula es un elemento electromecánico cuyo propósito es controlar el flujo de un fluido a través de una tubería o conducto. El mecanismo de apertura y/o cierre de este tipo de válvulas se realiza mediante una bobina solenoide, que generalmente sólo tiene 2 posiciones: totalmente abierta o totalmente cerrada.



Figura III.14 Electroválvula

3.4. Sensores

Los procesos industriales necesitan recibir información sobre el estado y evolución de las variables que intervienen en estos procesos. Este tipo de variables, en su mayoría no son eléctricas, como por ejemplo la presión, temperatura, distancia, velocidad, intensidad luminosa, etc. Por lo tanto, existen dispositivos especiales que además de captar estas variables físicas para conocer su magnitud, son capaces de convertir las variables no eléctricas en eléctricas, esto es lo que se conoce como un sensor.

En una definición básica, un sensor es un dispositivo que genera una señal de una forma física de interés convertida en una forma física diferente. Los elementos que constituyen el sensor y se encargan de la conversión de la señal se denominan transductores, sin embargo, el término "sensor" se utiliza de forma que abarque todo el conjunto de recepción, conversión y transmisión de señal.

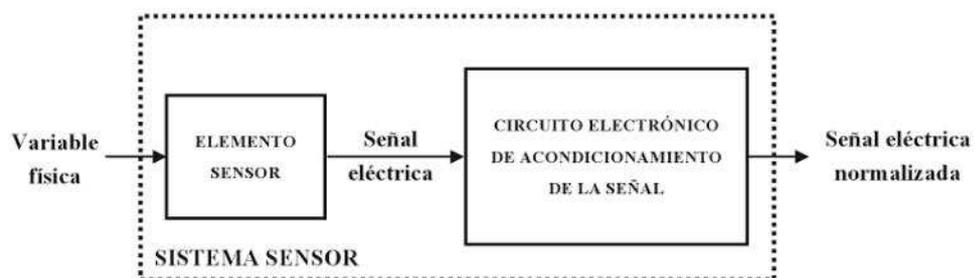


Figura III.15 Componentes de un sensor

Existe un sinnúmero de sensores y así mismo clasificaciones para estos, entre las más importantes tenemos su clasificación por el tipo de salida que ofrece y por la magnitud física que miden.

Según su señal de salida tenemos:

- Señal de salida Todo o nada
- Señal de salida Digital
- Señal de salida Analógica.

Según la magnitud física que miden, los más importantes son:

- Sensores de posición, distancia o desplazamiento
- Sensores de velocidad
- Sensores de aceleración
- Sensores de temperatura
- Sensores de presión
- Sensores de caudal
- Sensores de nivel
- Sensores de fuerza
- Sensores de humedad

3.4.1. Características estáticas de sistemas de medida

Las características estáticas de un sensor describen el comportamiento de este en condiciones de reposo, con variaciones muy lentas de la magnitud a medir, y en condiciones ambientales y de operación determinadas.

Estas características son de gran importancia al momento de seleccionar un sensor ya que pueden representar la diferencia entre la detección y no detección de la magnitud a medir, lo que influye directamente sobre el proceso que se pretenda controlar.

Las características estáticas de un sensor son intrínsecas y por lo general no se pueden modificar o ajustar. Entre las más importantes tenemos:

Exactitud: Es la diferencia entre el valor que el sensor ofrece de una medición y el valor real de la magnitud medida. La manera más común de determinar la exactitud de un sensor es utilizando muestras patrón de referencia con un valor conocido para comparar las diferencias con la medición que ofrece el sensor.

Precisión: Es la capacidad de un sensor para ofrecer el mismo resultado cuando se mide una magnitud varias veces sin variar ninguna de las condiciones ambientales ni de operación. Entre menor sea la diferencia existente entre los resultados de cada medición, la precisión será mayor, por lo tanto, entre mayores sean estas diferencias, menos preciso será el sensor.

Reproducibilidad: Es la cualidad de un sensor para ofrecer el mismo resultado cuando se utiliza el mismo método de medición, pero en condiciones ligeramente diferentes, como por ejemplo que la medición la realice otro operario o en otro laboratorio.

Mínimo valor medible o umbral: Es el cambio más pequeño de la magnitud medida que puede ser detectado por el sensor.

Resolución: Es la medida más que pequeña de variación que se puede detectar en la magnitud medida. Por lo tanto, es el valor de cambio más pequeño que puede encontrarse en la señal de salida.

Sensibilidad: La sensibilidad de un sensor representa la relación entre la variación de la señal de salida por cada unidad de variación en la magnitud medida. Es decir, es la razón de cambio de la salida frente a los cambios en la entrada. Por esta razón, la sensibilidad es la que determina la pendiente para la curva de calibración de los sensores.

3.4.2. Sensores con señal de salida Todo o nada

La señal de salida en estos sensores sólo posee dos estados posibles, por ejemplo: encendido o apagado, 1 o 0, detecta o no detecta. Su

funcionamiento está basado en detectar si la magnitud de la variable de entrada está por encima o por debajo de un valor determinado.

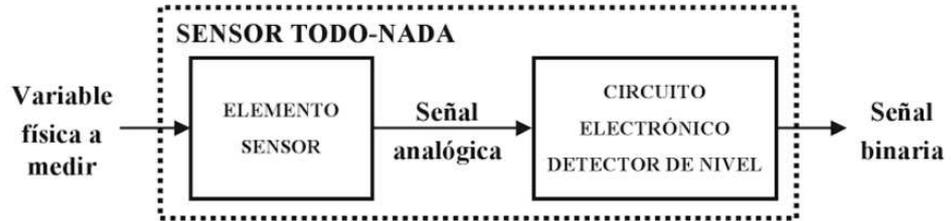


Figura III.16 Esquema de funcionamiento de un sensor todo o nada

Este tipo de sensores puede estar diseñado para funcionar como un contacto, es decir, normalmente abierto o normalmente cerrado y también en versiones NPN y PNP, la diferencia entre estos últimos se encuentra básicamente en si la salida a la carga es positiva (PNP) o negativa (NPN) (Figura III.19).

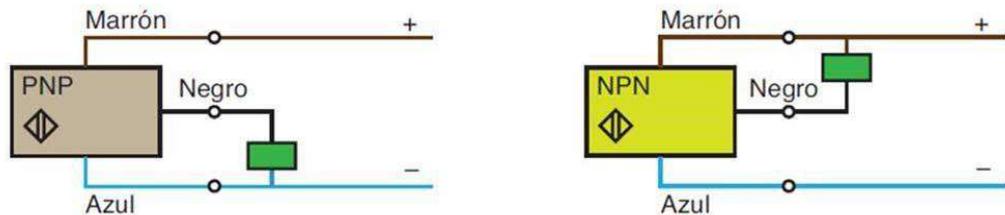


Figura III.17 Sensores NPN y PNP

3.4.3. Sensores con señal de salida digital

En este tipo de sensores la señal de salida varía en valores discretos como por ejemplo en valores binarios, esto hace la transmisión de su salida más fácil ya que no se necesita convertir la señal, sin embargo, la mayoría de magnitudes físicas de interés carecen de modelos digitales, o resultan complejos.

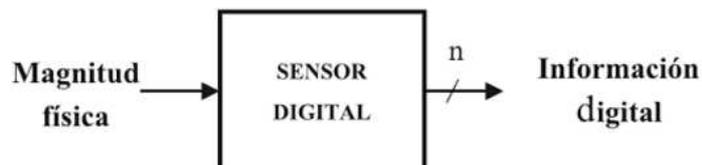


Figura III.18 Esquema de funcionamiento de un sensor digital

3.4.4. Sensores con señal de salida analógica

Los sensores que ofrecen este tipo de señales son capaces de ofrecer resultados de la medición de magnitudes físicas con valores continuos. De esta manera, se puede conocer por ejemplo el valor de presión o temperatura de un fluido en base a la medición de este tipo de sensores.



Figura III.19 Esquema de funcionamiento de un sensor analógico

Los sensores de salida analógica deben proporcionar señales normalizadas para que puedan ser interpretadas por demás instrumentos o procesadores como por ejemplo un PLC. El parámetro de salida de estas señales normalizadas pueden ser tensión o corriente, siendo la más usada la señal de corriente ya que es menos susceptible a interferencias o ruido de origen eléctrico. Los rangos de tensión y corrientes de salida más comunes se encuentran en la tabla III.5

Parámetro eléctrico	Márgenes de magnitud
Corriente mA = mili Amperios	- 20 a + 20 mA
	+ 4 a + 20 mA
	0 a + 20 mA
Tensión (Voltaje) V= Voltios	0 a + 10 V
	+ 1 a + 5 V
	- 5 a + 5 V
	- 10 a + 10 V

Tabla III.5 Márgenes de medida de salidas analógicas normalizadas

Entre estos márgenes de medida, el más utilizado es el de corriente de 4 hasta los 20 mA, dentro de este rango se encuentran todos los valores que el sensor es capaz de medir, es decir, 4 mA representan 0% de la señal medida y 20 mA el 100% de la señal medida. Por ejemplo, para un sensor de presión cuyo rango de medición va de 0 a 30 bares, 4 miliamperios representarán 0 bar y 20 miliamperios representarán 30 bares. Los valores intermedios de presión se encontrarán entonces comprendidos dentro del rango de corriente antes descrito.

Este tipo de señales también resulta útil para transmitir señales de control, como por ejemplo el control de posición de una válvula.

3.4.5. Sensores de temperatura

En la gran mayoría de procesos industriales, la medición de temperatura se encuentra entre las más variables físicas de mayor importancia, ya que se encuentra relacionada con la mayoría de los fenómenos físicos, por lo que, conociéndose esta magnitud se puede calcular el valor de otras variables del proceso, entre ellas tenemos:

- a) Variaciones de volumen o cambios de fase de fluidos y gases
- b) Variación de la resistencia de un conductor eléctrico
- c) Intensidad de radiación emitida por un cuerpo

Existe un gran número de tipos de sensores para medir temperatura, cada uno con un método diferente.

3.4.5.1. Termopares

Los termopares (mejor conocidos como termocuplas) son sensores que basan su funcionamiento en el efecto Seebeck, quien descubrió en 1822 que, en un circuito de dos metales distintos homogéneos, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica. Es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica (Pallas, 2004).⁷ Por lo tanto, cuando aumenta la temperatura en el

⁷ Pallás R. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. España: Marcombo.

extremo soldado del termopar (Figura III.21), se genera voltaje entre los terminales, y, conociendo que el voltaje es una función de la temperatura, esta puede calcularse.

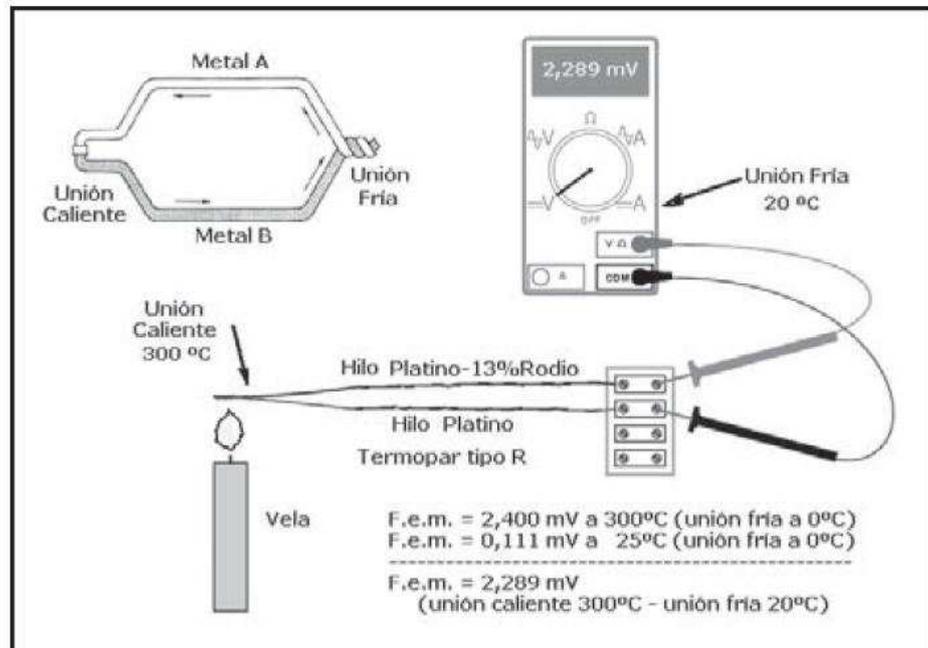


Figura III.20 Termopar

La relación entre temperatura y voltaje no es lineal, por lo tanto, el sensor debe realizar la corrección de la señal de salida. Existen además valores tabulados para el voltaje a determinadas temperaturas, estas tablas generalmente son hechas por los fabricantes de sensores para cada modelo específico.

Los termopares son el sensor de temperatura más usado en instrumentación industrial ya que pueden medir rangos amplios de temperatura (en conjunto desde los -270°C hasta +3000°C)⁸, tienen un bajo costo en comparación con otros sensores, rápida velocidad de respuesta (en el orden de los milisegundos) y además simplicidad, robustez y flexibilidad de utilización.

⁸ Pallás R. (2004). Sensores y acondicionadores de señal (pp, 277). España: Marcombo.

Como limitante de los termopares se encuentra su poca exactitud, ya que su señal de salida es sensible a efectos del ruido eléctrico. Otro inconveniente es que los componentes metálicos del termopar son sensibles a la corrosión, por lo tanto, cualquier efecto en el metal va a alterar la lectura.



Figura III.21 Termopares industriales

3.4.5.2. Termómetros de resistencia (RTD)

Los termómetros basados en la variación de una resistencia eléctrica, denominados RTD por sus siglas en inglés (Resistance Temperature Detector), funcionan bajo el principio de la variación de la resistencia de un conductor eléctrico con la temperatura.

El elemento consiste, usualmente, en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura específico de cada, la variación de la resistencia en ohmios. El conductor más usado para este tipo de sensores es el platino porque ofrece mayor exactitud, un rango más amplio de medición y una relación mucho más lineal que el níquel y cobre, que también son usados en este tipo de sensores.

Las termo resistencias son aproximadamente 10 veces más sensibles que los termopares, tienen además alta repetibilidad y estabilidad a

largo plazo. Por esto, son los más recomendados en aplicaciones en las que se requiere exactitud de las medidas.

Entre sus desventajas encontramos su mayor precio con respecto a los termopares, son también más frágiles ante vibraciones y golpes. Su velocidad de respuesta es menor que la del termopar y pueden presentar auto calentamiento.

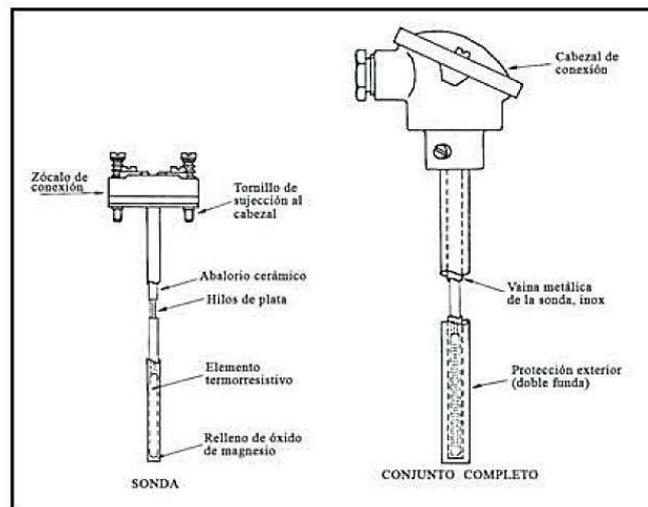


Figura III.22 Partes de una termoresistencia

En el campo industrial, el tipo más extendido de RTD es el denominado PRT (Platinum Resistance Thermometer) o termómetro resistivo de platino en su versión conocida como Pt100, ya que el valor de su resistencia a una temperatura de 0 °C es de 100 Ω (ohmios). “Tiene un intervalo útil de temperaturas que va desde los -260°C hasta los 850°C” (Creus,2011).⁹

Esta sonda ofrece una medida tan estable y exacta que se utiliza como patrón en mediciones de temperatura desde -182,96°C y 630,74°C.

Sus aplicaciones son muy extendidas desde múltiples procesos industriales hasta automóviles, electrodomésticos y edificios.

⁹ Creus A. (2011). *Instrumentación industrial Octava Edición*. México: Alfaomega.

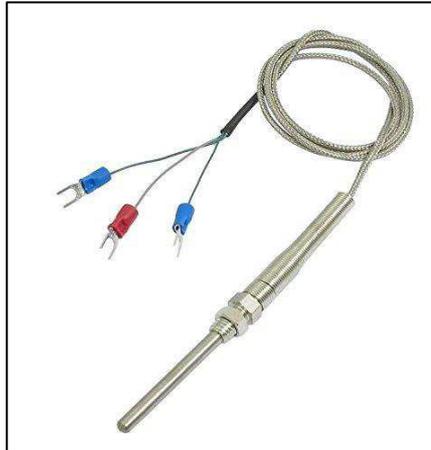


Figura 3.23 Sonda Pt100

3.4.6. Sensores detectores

Son dispositivos electrónicos que transmiten información sobre presencia, ausencia, paso, fin de recorrido, conteo, posición, con la particularidad de que no necesitan entrar en contacto físico con elemento a detectar.

Su uso es muy amplio a nivel industrial gracias a sus ventajas:

- No entran en contacto físico con el o los objetos que se detectan
- No tienen piezas móviles, por lo tanto, no presentan desgaste mecánico.
- El rango de objetos que puede detectar es muy amplio
- Compatible con automatismos electrónicos como PLC's.

La detección de la presencia de un objeto depende de algunos factores importantes como la velocidad del objeto, la distancia a la que éste debe encontrarse y el material de la superficie del objeto.

De acuerdo a su principio de funcionamiento, podemos clasificar a los sensores detectores en capacitivos, inductivos y fotoeléctricos.

3.4.6.1. Detectores Inductivos

Los sensores inductivos son detectores cuyo principio de funcionamiento se sustenta en la variación de un campo

electromagnético, al acercarse un objeto metálico a la cara sensible del sensor, ese campo sufre una variación y por lo tanto el sensor detecta el objeto. Este tipo de sensor ignora totalmente objetos no metálicos.

Están compuestos esencialmente por un oscilador, en el cual un bobinado que se encuentra en la cara sensible del detector, crea un campo magnético alterno con una amplitud conocida, cuando un objeto metálico se acerca al sensor, se generan en éste corrientes, por lo tanto, existe una transferencia de energía, esto reduce la amplitud de oscilación que el circuito detecta y conmuta el estado de salida del sensor. Una vez que el objeto se retira del sensor estas corrientes cesan y por lo tanto la amplitud de oscilación retoma su valor normal y la salida del sensor vuelve a conmutar su estado (Figura III.25). Su salida puede ser de tipo normalmente abierta (NA), normalmente cerrada (NC) o de tipo NPN/PNP.

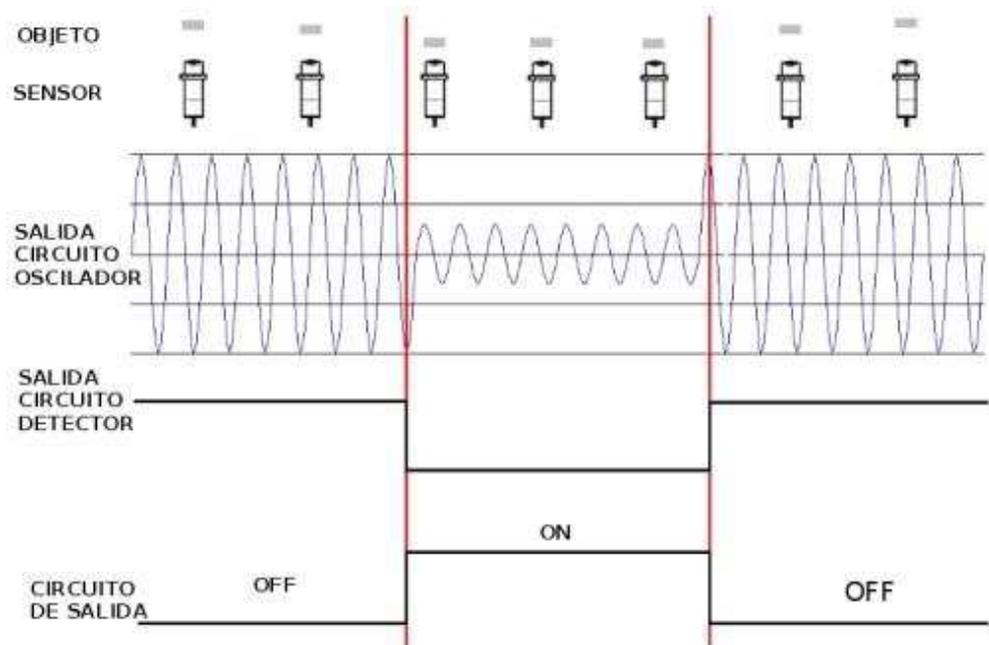


Figura III.24 Estados de un sensor inductivo

Los sensores inductivos tienen un amplio uso en la industria para aplicaciones de presencia/ausencia, posicionamiento y conteo de objetos. Además, no poseen partes móviles por lo que no presentan desgaste mecánico.

Los limitantes de estos sensores son la baja distancia de detección que ofrecen (hasta alrededor de 60mm) y, además, sólo funciona con objetos metálicos.



Figura III.25 Sensor inductivo

3.4.6.2. Detectores Capacitivos

Los detectores capacitivos son sensores que basan su funcionamiento en la variación de un campo electrostático generado por un oscilador conformado por condensadores ubicados en la cara sensible del sensor. Al igual que los sensores inductivos, no necesitan entrar en contacto con un objeto para detectarlo.

Cuando un objeto se acerca al sensor, se introduce a la vez en el campo electrostático modificando así la capacidad o capacitancia del campo electrostático, el sensor detecta este cambio y conmuta el estado de la salida.

Poseen prácticamente las mismas características y ventajas que los sensores inductivos, a diferencia que estos pueden detectar objetos metálicos y no metálicos, por lo que sus aplicaciones son mucho más amplias. Sin embargo, la distancia a la que pueden detectar un objeto es la misma que en los sensores inductivos.

Entre sus usos en la industria encontramos la detección de posición, conteo, y gracias a su capacidad de detectar no metales se los usa para la detección de nivel de líquidos o sólidos, como sensor de humedad e inclusive en pantallas táctiles como en las de los teléfonos móviles.



Figura III.26 Sensor de nivel capacitivo

3.4.6.3. Detectores Fotoeléctricos

Los detectores fotoeléctricos son sensores que basan su funcionamiento en la acción de un haz de luz y un elemento fotosensible.

Estos sensores conmutan su salida por la detección de cambios en la intensidad de la luz. Para su funcionamiento constan de dos elementos imprescindibles:

Emisor: Es el encargado de producir la luz, para esto hacen uso de diodos LED para esta emisión. Generalmente se usa la luz infrarroja (no visible al ojo humano) ya que es inmune a la luz natural o artificial y permite grandes distancias de detección. El color rojo también es usado y permite una mayor facilidad a la hora de alinear la luz de emisión con el receptor ya que es visible. Para aplicaciones de detección de color o marcas de registro como etiquetas, se usan luces de colores siendo la luz verde la más utilizada.

Receptor: Es el elemento encargado de recibir la luz generada por el emisor, por lo tanto, es el elemento encargado de detectar los cambios en la intensidad de luz para en base a esto conmutar el estado de la salida del sensor. Básicamente la salida se activará ya sea cada vez que el receptor reciba el haz de luz, o cada vez que deje de recibirla según esté configurado. El receptor puede estar conformado por un fototransistor por su alta sensibilidad y velocidad de respuesta, aunque también pueden usarse fotorresistencias y fotocélulas en aplicaciones de menor sensibilidad.

La forma en la que estén dispuestos el emisor y receptor determinará el modo de operación de estos sensores, con ventajas y limitaciones para cada caso. En base a esto, existen tres sistemas de disposición:

Sistema de Barrera: En este sistema de detección, el emisor y el receptor se encuentran ubicados de manera separada y deben colocarse uno al frente de otro de forma precisa para asegurar que la luz sea emitida directamente hasta el receptor. La detección del objeto se da por el bloqueo de la luz que el receptor recibe.

Este sistema tiene como ventaja las grandes distancias de detección que llegan hasta los 60 metros, son aptos para ambientes contaminados de polvo y humo, además pueden detectar objetos independientemente de su color, textura, color o brillo.

Entre sus desventajas se encuentra la imposibilidad de detectar objetos transparentes, la perfecta alineación que deben tener emisor y receptor, y además al estar separados sus componentes se debe realizar el cableado por separado para ambos dispositivos.

Sistema de reflexión con espejo: En este sistema, el emisor y el receptor se encuentran en el mismo dispositivo, por lo tanto, necesitan un reflector o espejo para que luz generada por el emisor puede ser captada por el receptor. El reflector debe ubicarse en frente del sensor y debe ser capaz de reflejar todo rayo de luz en la misma dirección y forma paralela. Entre más distancia exista entre el sensor y el reflector,

más grande deberá ser este último. La detección de objetos se realiza, al igual que en el sistema de barrera, por bloqueo.

Como ventajas se destaca su constitución de un solo elemento que debe ser cableado ya que el reflector no necesita de energía para funcionar, por lo tanto, su instalación es mucho más sencilla. Entre sus limitantes encontramos que al igual que los sistemas de barrera, la alineación entre detector y espejo debe ser precisa, la distancia de detección es menor en estos sistemas (alrededor de 15 metros) y su uso no es recomendable en ambientes contaminados.

Sistema de reflexión sobre objeto: En estos sensores, el emisor y receptor se encuentran también en el mismo dispositivo y el elemento de reflexión de la luz es el mismo objeto a detectar, por lo tanto, no se necesita espejo. La detección se da por la reflexión de la luz en lugar de bloqueo como en los anteriores sistemas.

Su mayor ventaja radica en su diseño compacto, ya que todos sus elementos se encuentran en el mismo dispositivo, por lo tanto, su instalación es mucho más sencilla que el sistema de barrera y espejo; además, es apropiado para objetos lisos, translúcidos e inclusive transparentes. Entre sus desventajas se encuentran las bajas distancias de detección (generalmente menores a un metro), no puede detectar objetos de color negro ya que absorben la luz sin reflejarla y no se recomienda su uso en ambientes contaminados.



Figura III.27 Esquema de funcionamiento de sensores fotoeléctricos

3.4.7. Equipos de proceso

Los procesos industriales son muy amplios, y están compuestos de diversas operaciones que se encargan de la transformación de los insumos y materia prima en productos terminados.

La mayoría de estas operaciones se encargan de producir cambios físicos en la materia como por ejemplo mediante transferencia de calor, cambios de estado o fase, compresión, separación, mezcla, molienda, etc., o cambios químicos como oxidación, reducción, entre otras. Existen además operaciones auxiliares que se encargan del movimiento de los insumos a través de los procesos de transformación, estas operaciones son conocidas como transporte. Para llevar a cabo estas operaciones se diseñan equipos que se ajusten a la aplicación específica de cada proceso.

Entre los equipos más importantes usados en las industrias podemos encontrar:

3.4.7.1. Bandas transportadoras

Son sistemas de transporte continuo, constituidos por una banda sinfín que se mueve a través de tambores ubicados a los extremos del recorrido. La banda sinfín se mueve por arrastre de la fricción de los tambores, mientras que un motor se encarga de dar torque al tambor principal que inicia el movimiento de toda la banda. A lo largo de la banda se ubican rodillos que facilitan su movimiento a la vez que la soportan. Por su diseño sinfín, la banda gira y da la vuelta en sentido contrario, por esto se debe diseñar un sistema de descarga de los objetos transportados en su superficie para evitar que estos caigan (a menos que ese sea el objetivo).

Existe una amplia variedad de bandas transportadoras, entre las que se incluyen transportadores de tornillo, transportadores de rodillos, o bandas elevadoras variando entre ellas su modo de funcionamiento y dirección de transporte. Pueden estar hechas en distintos materiales,

desde metálicos a polímeros, de acuerdo al tipo de objetos que se desean transportar.

Las bandas son los aparatos de transporte más utilizados en la industria, y en todo tipo de actividades relacionadas a la distribución y almacenaje ya que permite transportar de manera rápida grandes volúmenes de material haciendo uso eficiente de los espacios y reduciendo costos de mano de obra. Como ventaja adicional, sus partes y articulaciones son componentes que no presentan rápido desgaste debido a la naturaleza de su funcionamiento.

En los sistemas automatizados se usan ampliamente para la alimentación de material a las etapas de un proceso o una línea de ensamble, así como para la distribución y almacenamiento del producto terminado.

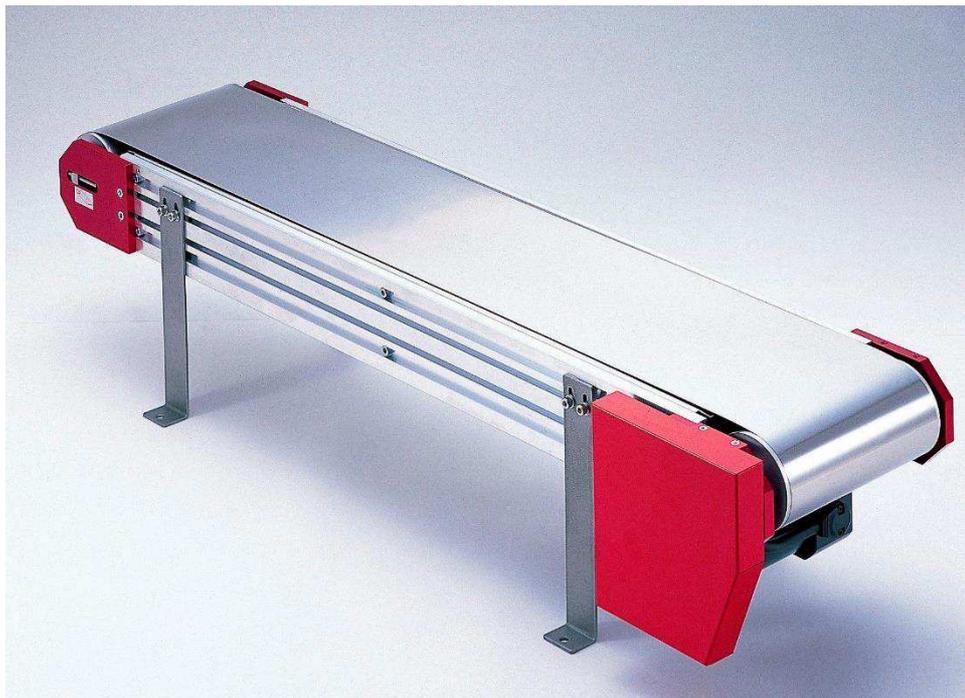


Figura III.28 Banda transportadora de acero inoxidable

3.4.7.2. Calentadores

Las operaciones de transferencia de calor en las industrias son las más comunes, ya sea para acondicionar materia prima o para producir una transformación significativa de la misma. Por esto, existe un sinnúmero de procesos en los que es necesario aportar o extraer calor.

Para la adición de calor, lo primero que se debe tener en cuenta es la fuente que aportará la energía, por lo general en la industria alimentaria se combustiona combustibles fósiles para generar vapor de agua, y este se distribuye hacia las etapas del proceso en que se necesita calor.

Existen también hornos industriales de combustión que calientan el aire, es muy común en operaciones de secado.

Los calentadores basados en electricidad suelen ser más escasos ya que para los volúmenes industriales, el vapor es más conveniente. Sin embargo, existen aplicaciones a pequeña escala, como en autoclaves de laboratorio o marmitas (ollas de presión industriales) que se calientan con resistencias eléctricas.



Figura III.29 Marmita eléctrica industrial

CAPITULO IV

4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

La automatización industrial tuvo sus inicios en la revolución industrial del siglo XIX y desde entonces ha avanzado a pasos agigantados gracias al desarrollo de los microprocesadores, elementos que al día de hoy evolucionaron en la forma de autómatas programables que permiten tener procesos funcionando de manera automática, en donde las tareas humanas pasan a ser de supervisión en lugar de operación.

4.1. Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable o PLC por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es un dispositivo electrónico capaz de procesar información sobre variables de entrada de un proceso para entregar una nueva información en las variables de salida que se desea controlar.

El PLC sustituye elementos electromecánicos utilizados como automatismos por funciones programables y modificables de acuerdo a las necesidades específicas de cada operación o proceso. Esta programación puede realizarse directamente en el panel de control del PLC o mediante software.

Se diferencian de las computadoras de propósito general, ya que un PLC está diseñado específicamente para entornos industriales, es decir amplios rangos de temperatura, resistencia a vibraciones e impacto, operación continua, etc.

Se los encuentra en presentaciones compactas (sin posibilidad de ampliación de capacidad), o modulares, que permiten expandir la capacidad de entradas/salidas del PLC, agregar paneles táctiles y añadir funciones especiales como la supervisión y control remoto por redes inalámbricas.

Un PLC cuenta con numerosas ventajas entre las que se destacan el ahorro de espacio y cableado de automatismos electromecánicos como temporizadores, relés auxiliares, memorias, etc. Permiten reducir costos de mano de obra al necesitarse menor número de operarios, puede controlar procesos desde los más sencillos hasta los más complejos. Tienen además

flexibilidad ante los cambios ya que sólo es necesario modificar las instrucciones del programa, lo que facilita el desarrollo de proyectos.

Una de las desventajas de un PLC es que son dispositivos sofisticados y complejos, por lo tanto, se necesita de personal técnico calificado para la programación del mismo, lo que a su vez implica un costo por encima del de un operario normal.

4.1.1. Estructura de un PLC

Un PLC está conformado por:

Procesador: Es la unidad central de proceso, constituida por un microprocesador que se usa para el tratamiento de la información o instrucciones que se han programado.

Memoria: Es el elemento en el que se almacenan los programas del PLC.

Entradas: Se encargan de recibir señales eléctricas procedentes de elementos de control y mando como sensores, interruptores, pulsadores, y convertirlas en señales que el PLC pueda interpretar. El número de entradas es una medida de la capacidad de un PLC, a mayor número de entradas, se podrán programar procesos más complejos.

Salidas: Son los elementos finales a través de los cuales se transmiten las órdenes e instrucciones que el programa ha procesado y que permite controlar los actuadores del proceso, como válvulas, luces, bobinas de relés que accionan motores, etc. El número de salidas que tiene un PLC determina la cantidad de equipos o actuadores que se puede controlar.

4.1.2. PLC LOGO! ® Siemens®

El PLC LOGO! ® fabricado por la multinacional Siemens®, es un controlador lógico programable de gama básica, se lo conoce también como relé lógico programable para diferenciarlo de las versiones más potentes, sus diferencias se encuentran en el costo, tamaño y capacidad. Posee un tamaño pequeño y bajo costo en comparación con las gamas altas, sin embargo, ofrecen una gran potencia de procesamiento que le hace posible controlar máquinas y procesos industriales como bombas o

instalaciones de filtrado, bandas transportadoras, controles de iluminación, etc.

Existen versiones con pantalla y sin ella, sin embargo, su clasificación más importante se da según la tensión de alimentación a la que trabaja. Estas versiones son:

LOGO! ® 12/24RC: Tensión de alimentación de 12 a 24 VDC (Voltios a corriente continua).

LOGO! ® 230RC: Tensión de alimentación de 110 a 220 VAC (Voltios a corriente alterna).

El LOGO! ® Siemens® es un PLC de tipo modular, cuenta inicialmente con 8 entradas digitales y 4 salidas digitales que pueden aumentar gracias a los módulos de expansión que pueden adicionarse, existiendo la posibilidad de añadir entradas y salidas analógicas.



Figura IV.30 PLC LOGO!® Versión 8

4.1.3. Módulos de expansión

La constitución modular del LOGO! ® permite adicionar módulos de expansión para ampliar la capacidad del controlador, para la última versión de este PLC (versión 8) es posible añadir hasta siete módulos digitales y tres analógicos.

4.1.3.1. Módulos de Expansión de entradas/salidas digitales

Los módulos de expansión digitales permiten incluir un mayor número tanto de entradas como de salidas al LOGO!®, por lo tanto, aumenta la capacidad del módulo para controlar más equipos de un proceso. Para cada tensión de alimentación existen dos modelos de estos módulos:

LOGO!® DM8: 4 entradas digitales + 4 salidas digitales

LOGO!® DM16: 8 entradas digitales + 8 salidas digitales



Figura IV.31 Módulo de expansión LOGO!® DM8 12/24R

4.1.3.2. Módulo de Expansión de entradas/salidas analógicas

Los módulos de expansión para entradas y salidas analógicas permiten al LOGO!® ampliar su gama de posibilidades, ya que, con ello puede medir cuantitativamente variables físicas y utilizar ese valor para un control preciso sobre elementos actuadores no discretos, como por ejemplo variar la velocidad de un motor, controlar el porcentaje de apertura de una válvula de posición, etc.

Existen tres diferentes modelos de este módulo, en este caso todos ellos se alimentan con tensiones a corriente continua.

LOGO!® AM2: 2 entradas analógicas de tipo 0-10V, 0-20 mA

LOGO!® AM2 RTD: 2 entradas analógicas de tipo Pt-100 o Pt-1000 (Para leer directamente señales de Termopares resistencias con un rango de temperatura de -50°C...+200°C)

LOGO! ® AM2 AQ: 2 salidas analógicas de tipo 0-10V, 0-20 m A



Figura V.32 LOGO! ® AM2 RTD

4.1.3.3. Fuente de poder LOGO! ® Power

La línea LOGO! ® cuenta con una fuente de poder que sirve para dar servicio a los elementos de control que trabajen con voltajes en corriente continua; estos pueden ser relés, PLC con tensión DC, sensores, luces piloto, etc. Son ampliamente usados ya que su construcción está diseñada para soportar las condiciones de operación industriales.

Este dispositivo transforma un voltaje de corriente alterna desde 110/220 VAC a 24 VDC con una corriente máxima de 2,5 amperios de capacidad.



Figura IV.33 Fuente de alimentación LOGO! ® Power

4.1.4. LOGO SOFT Comfort

LOGO! ® Soft Comfort es el software de programación para los controladores LOGO! ®, permite crear, probar, simular, modificar, guardar, transferencia de archivos desde o hacia el LOGO! ®, contiene además manuales de ayuda para la programación.

Es la forma más sencilla y cómoda de realizar un programa para el controlador, ya que posee una interfaz intuitiva a nivel gráfico y de control.

Cuenta con dos lenguajes de programación, esquema de contactos (KOP), o por bloques de funciones (FUP), ambos tienen la misma funcionalidad, por lo tanto, depende de las preferencias de los usuarios.

Entre sus funciones principales se pueden mencionar las siguientes:

- Creación gráfica de un programa offline
- Simulación de programas en el ordenador
- Simulación de valores analógicos de variables
- Generación e impresión de un esquema general del programa.
- Almacenamiento de datos del programa en el disco duro o disco extraíble.
- Transferencia de programas desde LOGO! ® a la PC, de PC a LOGO! ®
- Contador de horas de funcionamiento.
- Ajuste de la hora.
- Prueba online del módulo: Indicación de estados y valores actuales de LOGO! ® en modo RUN (Funcionando o corriendo programa)
- Interrupción del procesamiento del programa desde el PC (STOP).
- Protección contra copia y edición programas por contraseña

4.1.4.1. Interfaz de programación

Al abrir el modo de programa de LOGO! ® Soft Comfort aparece un esquema de conexiones vacío. La mayor parte de la pantalla la ocupa el área dedicada a la creación de programas. Esta área se denomina

interfaz de programación. En ella se disponen los botones y las combinaciones lógicas del programa. (Figura IV.34)

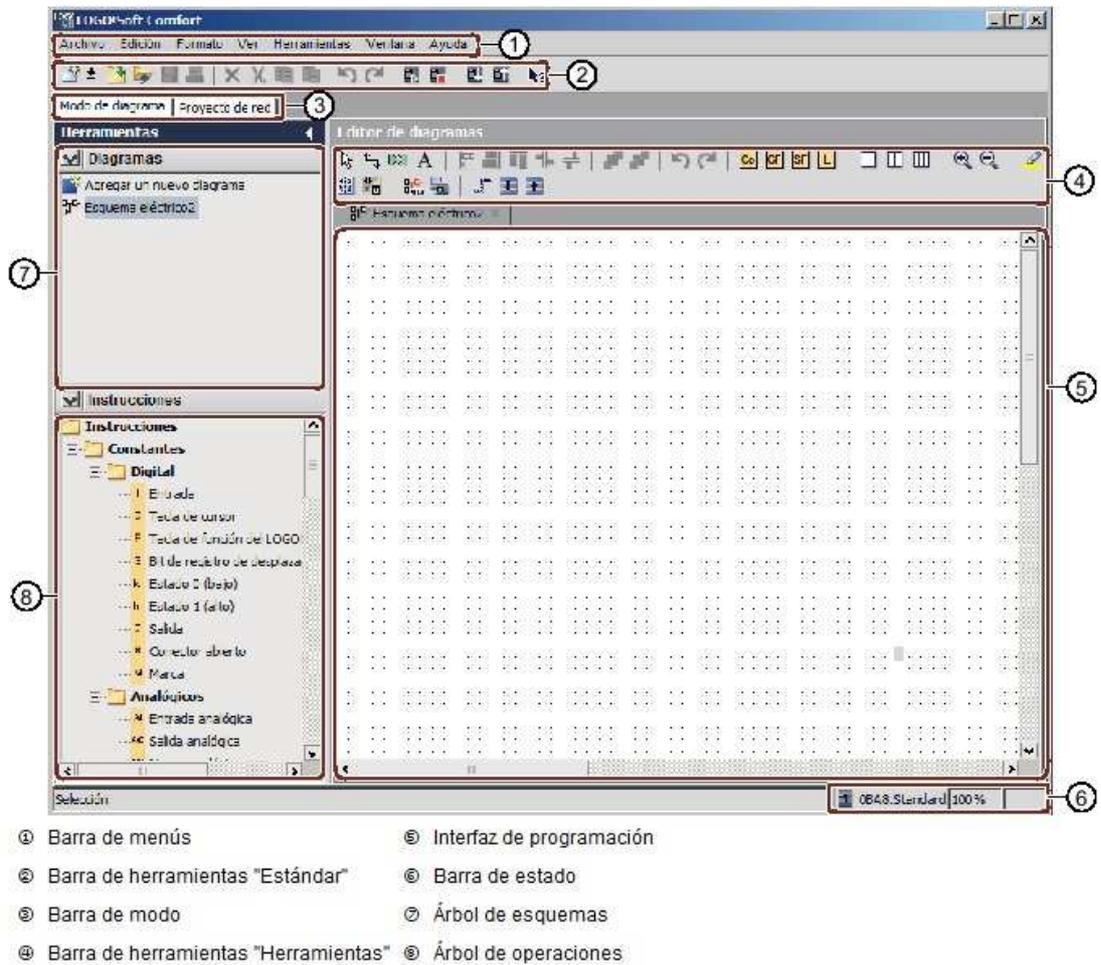


Figura IV.34 Interfaz de programación de LOGO!® Soft Comfort

Para no perder la vista de conjunto, especialmente en el caso de programas grandes, en los extremos inferior y derecho de la interfaz de programación se dispone de barras de desplazamiento que permiten mover el programa en sentido horizontal y vertical (Siemens AG ®, 2014).

CAPITULO V

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TABLERO DIDÁCTICO

5.1. Estructura de soporte y panel frontal

Habiendo identificado que para cubrir las necesidades de la asignatura de Automatización de Operaciones es necesario contar con un controlador lógico programable, elementos de control y mando, sensores y actuadores, la estructura del tablero debe contar con un gabinete que pueda albergar estos dispositivos, y de la misma manera debe contar con un panel en donde se encuentren los elementos de control como botones, interruptores, y que se encuentren al alcance de los usuarios que deben interactuar en la operación.

Tomando en consideración que el proyecto tiene fines didácticos, el diseño estará apegado a proveer las facilidades para este fin. Además, el tablero se encontrará en aulas académicas de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM, que poseen un ambiente seco y a temperatura moderada, se elige el acero al carbono como material para el montaje de los dispositivos que se utilizarán por sus buenas propiedades mecánicas.

Para el soporte en donde se montará el PLC y demás elementos de protección y control se utilizó una plancha de acero laminado en caliente de 2 mm de espesor y dimensiones de 120 cm de altura x 55 cm de ancho (Figura V.35). Pensando en la comodidad de los usuarios que interactúan con el tablero, el soporte se diseñó en forma de mesa con un panel frontal, de esta manera en la mesa se pueden colocar elementos con qué interactuar mientras que el panel puede albergar los elementos de control. Para la superficie de la mesa su usará el mismo de tipo de plancha y en las mismas dimensiones.

Los pilares de soporte de esta estructura están hechos con tubos cuadrados de acero galvanizado de 1 ½ pulgada soldados entre sí para mantener su unión (Figura V.36). Este conjunto constituye estructura suficiente para el soporte de los elementos.



Figura V.35 Plancha de acero al carbono



Figura V.36 Tubos cuadrados de acero galvanizado

El diseño de la estructura se realizó mediante el software AutoCAD® Electrical 2017 (Figura V.37).

Los elementos de control se montarán sobre riel de 35mm DIN y será organizado y canalizado a través de canaletas ranuradas de 30mm x 30mm.

Para el panel frontal del tablero se optó por una plancha de acero galvanizado de 120 cm de altura x 55 cm de ancho y 1 mm de espesor, esta plancha servirá como una tapa para evitar que los usuarios tengan contacto con el cableado eléctrico, además de mejorar el aspecto estético del tablero. No soportará cargas de peso significativo, pues sólo contendrá conectores y botones.

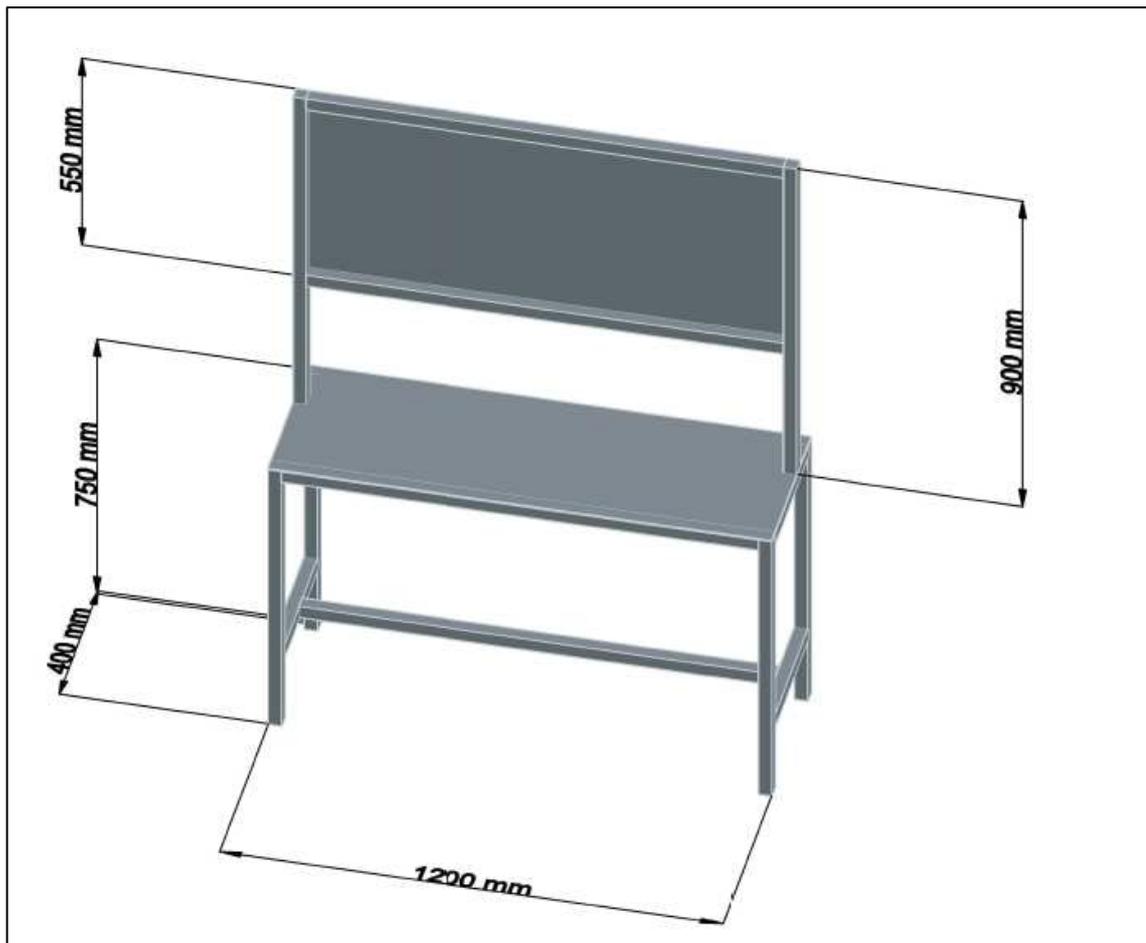


Figura V.37 Diseño de estructura de soporte

Una vez diseñado, se procedió con la construcción de la estructura, la unión de las partes se realizó con soldadura eléctrica para asegurar que el conjunto se mantenga (Figura V.38 y Figura V.39).



Figura V.38 Estructura de tablero sin panel de soporte



Figura V.39 Estructura de tablero con panel de soporte

5.2. Transportador de tornillo sin fin

Se diseñó un sistema que reemplace a una banda transportadora de manera sencilla, para esto se ideó una plataforma móvil que contiene bocines laterales que le permiten deslizarse a través de dos barras de acero inoxidable de 1/2" de diámetro que sirven de guía para la trayectoria y estabilidad de la plataforma.

El tornillo sin fin tiene sus ejes soportados en rodamientos montados (mejor conocidos como chumaceras), de esta manera puede mantenerse girando continuamente.

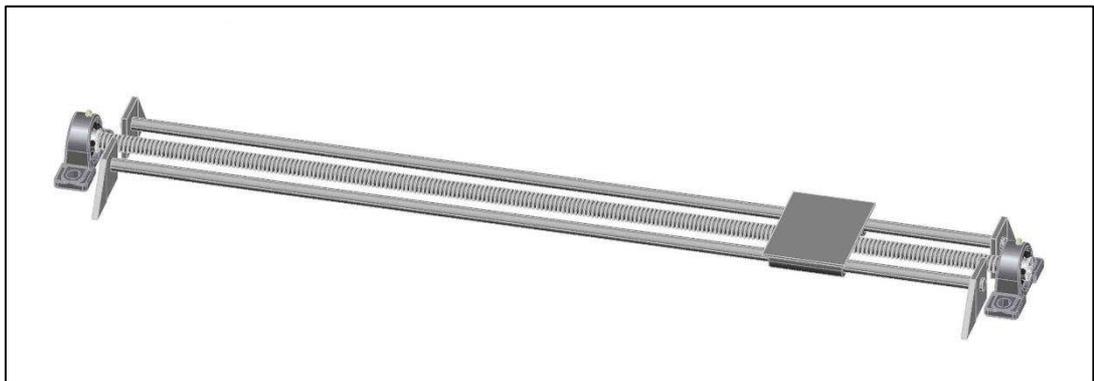


Figura V.40 Transportador de tornillo sin fin diseñado

El elemento que hace que la plataforma se desplace es un tornillo sin fin de acero galvanizado de 3/4" de diámetro cuyo eje gira por la acción de un motor de corriente continua con inversión de giro, este motor tiene una tensión de alimentación de 12VDC. La inversión de giro por parte del motor hace posible que la plataforma pueda desplazarse de derecha a izquierda a través del tornillo haciendo función transportadora. La transmisión de torque desde el eje del motor hacia el eje del tornillo sin fin se logra mediante una polea.

El mecanismo de movimiento se logra gracias a una tuerca que se encuentra enroscada en el tornillo sin fin, y a la vez, soldada en el centro de la plataforma, por lo tanto, esta tuerca es fija y sin capacidad de rotación. Cuando el tornillo sin fin gira, el movimiento que se produce entre los hilos

roscados de este y de la tuerca fija provoca un desplazamiento del conjunto tuerca-plataforma.

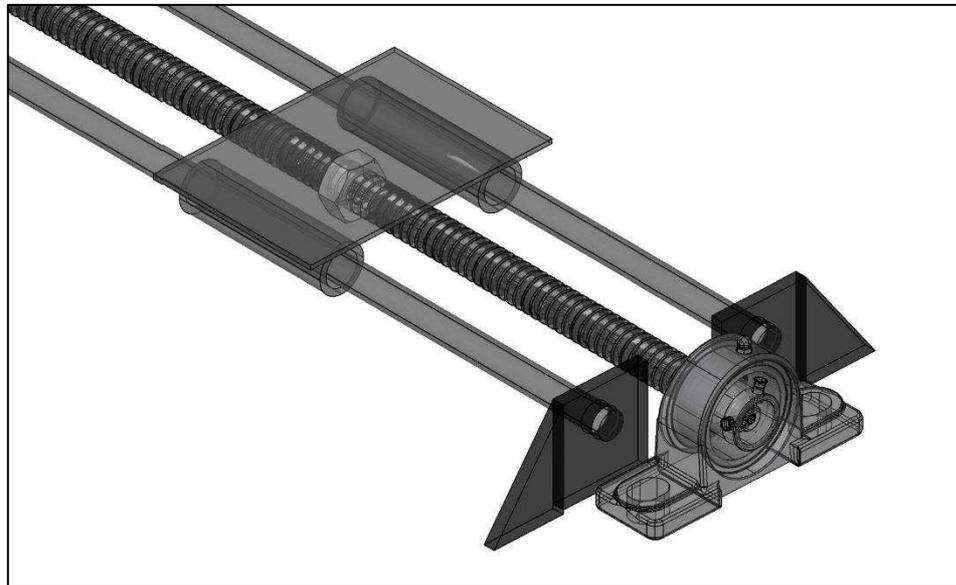


Figura V.41 Representación gráfica de conjunto tuerca-plataforma-tornillo

La longitud del tornillo sin fin y de las barras de soporte es de 80 cm, mientras que las dimensiones de la plataforma son de 16 cm de ancho por 18cm de profundidad. Por lo tanto, la longitud máxima de desplazamiento de la plataforma en un mismo sentido, partiendo desde uno de los extremos, es igual a la longitud total del tornillo menos la longitud de la plataforma.

$$\textit{Desplazamiento máximo} = \textit{Long. de tornillo} - \textit{Long. de plataforma}$$

$$\textit{Desplazamiento máximo} = (80 - 16) \cdot \textit{cm}$$

$$\textit{Desplazamiento máximo} = 64 \textit{ cm}$$

El motor será alimentado por una fuente de poder de 200 Vatios de potencia con tensión de entrada de 110 VAC y salida de 12 VDC.

Para lograr la inversión de giro, se debe invertir la polaridad de la fuente de alimentación en los terminales del motor.

Como el proceso de este cambio debe ser automático para que pueda ser controlado con una salida del PLC, se utilizaron dos relés de tipo universal de 8 pines redondos y voltaje de control de la bobina a 110VAC; la construcción

de este tipo de relés es más robusta que las versiones de 11 y 14 pines, lo que lo hace ideal para el control del motor.



Figura V.42 Fuente de poder de 200 W

Los contactos de los relés estarán alimentados por la fuente de poder de 12 VDC y la salida de estos conectadas directamente a los terminales del motor. Cada relé alimentará el motor con una polaridad diferente en la conexión del motor; por lo tanto, para controlar el sentido de giro, el PLC deberá energizar la bobina que corresponda.



Figura V.43 Relé de 8 pines redondos

Se asignará un código para cada bobina de relé, de manera que pueda identificarse qué sentido controla cada uno:

KA1: Giro de tornillo sin fin anti-horario / desplazamiento de plataforma hacia la izquierda o reversa

KA2: Giro de tornillo sin fin horario / desplazamiento de plataforma hacia la derecha o adelante

La dirección de desplazamiento de la plataforma que se encuentra montada en el tornillo estará controlada entonces de la siguiente

5.2.1. Posicionamiento

En ciertas aplicaciones industriales, es de mucha utilidad conocer la posición en la que se encuentra un objeto que está siendo transportado, como por ejemplo en los sistemas de llenado de envases. La información de esta posición puede servir también para activar una alarma o evolucionar una secuencia de un programa automático.

Para el transportador de tornillo sin fin se utilizará finales de carrera que se accionarán con el paso de la plataforma.

El final de carrera escogido es de tipo resorte, que permite un accionamiento por ataque multidireccional; ya que de esta manera será activado sin importar el sentido de desplazamiento de la plataforma. El contacto de este final de carrera es de tipo normalmente abierto.



Figura V.44 Final de carrera tipo resorte

Para el accionamiento se soldó a la plataforma, en dirección perpendicular a esta, una pequeña barra que será la que accione el resorte del final de carrera durante el desplazamiento.

Se instalaron tres finales de carrera, dos en los extremos del recorrido del transportador, y uno en posición intermedia. Los finales de carrera de los extremos se han ubicado en esa posición para evitar daños mecánicos del sistema transportador, es decir, indican la posición final del recorrido de la plataforma y evitan que choque contra los soportes de las barras de guía.

Estos sensores se han codificado en orden ascendente según su ubicación:

Final de carrera #1: Situado a 15 cm del extremo izquierdo, visto desde en frente, del tornillo sin fin.

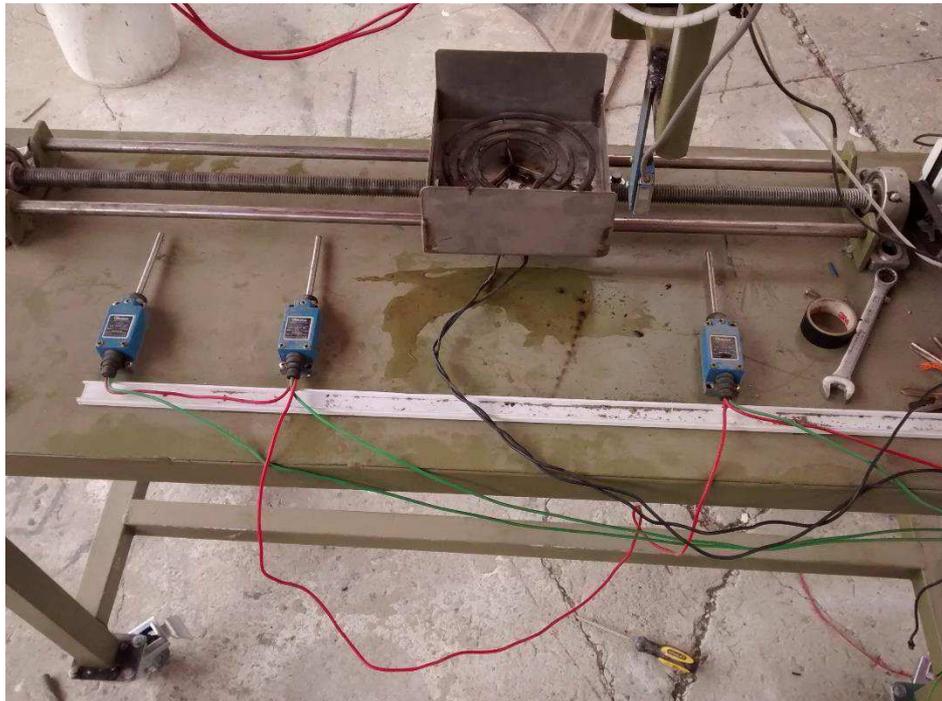


Figura V.45 Montaje de finales de carrera.

5.3. Sistema de dosificación de líquido

Los sistemas de dosificación de líquido se utilizan ampliamente en la industria, ejemplo de ello son las líneas de envasado de aceite, agua purificada y demás productos embotellados. Por esto, se diseñó un sistema que ofrezca a los alumnos la oportunidad de controlar la dosificación de un líquido.

El sistema propuesto está conformado de un reservorio de 6 litros de capacidad situado en la parte posterior del panel de control, de esta manera, quedará oculto para los usuarios desde la parte frontal. Las dimensiones del reservorio son de 30 cm de ancho por 15 cm de altura y profundidad.

El reservorio cuenta en su interior con un interruptor que se acciona cuando el líquido se agota a fin de indicar que este debe reabastecerse si se desea usar. El llenado del reservorio debe hacerse de manera manual por el usuario y cuenta con una válvula que permite purgar todo el líquido contenido. Se recomienda realizar esta purga al finalizar cada práctica.



Figura V.46 Montaje de reservorio

El reservorio se conecta mediante una tubería de cobre de 1/2" de diámetro a una electroválvula industrial que se acciona mediante un solenoide.

Esta electroválvula es de tipo normalmente cerrada, por lo tanto, cuando se energiza el solenoide permite el flujo de líquido que se encuentra en el reservorio.

La bobina del solenoide de esta electroválvula funciona con una tensión de alimentación de 220 VAC, sin embargo; el tablero está diseñado para utilizarse en salones académicos en donde la tensión de alimentación disponible es de 110 VAC, por lo tanto, es necesario transformar el voltaje para su operación.

Características técnicas de electroválvula	
Marca	ODE
Presión de operación	0 - 16 bar
Potencia	8 vatios
Temperatura de operación	- 10°C... + 60°C
Diámetro	1/2"
Grado de protección	IP 65
Tensión de alimentación de bobina	220 VAC
Material constructivo de cuerpo	Latón
Material constructivo de tubo	Acero inoxidable
Fluidos soportados	Agua, y aceites
Temperatura de fluido soportada	- 10°C... + 140°C

Tabla V.6 Características técnicas de electroválvula

Se usó un transformador de 100 vatios que transforma el voltaje de 110 VAC a 220 VAC; con esto se logra alimentar al solenoide de la electroválvula.

El accionamiento del solenoide se realizará usando los contactos de un relé de 11 pines planos con bobina a 110 VAC; esta bobina podrá ser accionada por el PLC para controlarla de forma automática. Este relé se codificará como KA3.



Figura V.47 Transformador de voltaje

La electroválvula está soportada al panel de control gracias a unas platinas y se ha ubicado de manera que la salida de líquido caiga encima de la plataforma móvil del transportador sin fin cuando esta se encuentre debajo; así puede usarse un envase para ser llenado automáticamente. (Figura V.48)



Figura V.48 Montaje de electroválvula

Para posicionar la plataforma de manera que el centro geométrico de esta se ubique justo debajo de la salida de la electroválvula, es necesario usar un sensor inductivo, ya que se necesita una ubicación precisa sin importar el sentido en que se está desplazando; esto no puede lograrse con los finales de carrera de resorte, ya que la posición en la que el contacto se cierra es diferente cuando la plataforma se desplaza de izquierda a derecha a la posición cuando se desplaza desde la derecha hacia la izquierda. Las características técnicas del sensor se encuentran en la tabla V.7.

El sensor inductivo estará alimentado de la fuente LOGO! ® Power, sin embargo, para homologar las señales a 110 VAC, por lo que se usó un relé de 11 pines planos con bobina a 24 VDC.

Características técnicas del sensor inductivo	
Marca	Hanyoung Nux
Modelo	UP12RD-4PA
Alcance	4 mm +/- 10%
Diámetro	12 mm
Tensión de alimentación	10-30 VDC
Grado de protección	IP 65
Salida de control	PNP NA
Material constructivo de cuerpo	Metal

Tabla V.7 Características técnicas del sensor inductivo

Cuando el sensor inductivo conmuta su salida, energiza la bobina del relé a 24 VDC que cierra sus contactos, estos estarán alimentados a 110 VAC y de esa manera se obtiene la señal que será enviada a la entrada del PLC. Este relé recibe el código KA6.



Figura V.49 Montaje de sensor inductivo

Para evitar derrames por la apertura de la válvula cuando no existe ningún recipiente, se instaló un sensor que detecte la presencia/ausencia de objetos debajo de la salida del líquido.

Debido al corto alcance de los sensores capacitivos e inductivos se colocó un sensor fotoeléctrico con reflexión sobre objeto, ya que el espacio no permite la utilización de emisor/receptor separado o espejo.

Características técnicas del sensor fotoeléctrico	
Marca	SICK
Modelo	WT170-P112
Alcance	90 mm
Tipo de luz	Luz roja visible
Fuente de luz	LED
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad)	12mm x 37mm x 28,6 mm
Tensión de alimentación	10-30 VDC
Grado de protección	IP 67
Salida de control	PNP
Material constructivo de cuerpo	Acero inoxidable
Temperatura de operación	- 25°C.. + 55°C

Tabla V.8 Características técnicas del sensor fotoeléctrico

Este sensor también estará alimentado por la fuente LOGO! ® Power y contará con un relé de 24 VDC para emitir la señal en 110 VAC. El código de este relé es el KA5.

El sensor fue ubicado debajo de la electroválvula y dirigido hacia el frente del tablero de manera que pueda detectar la ausencia o presencia de un objeto o recipiente.



Figura V.50 Montaje de sensor fotoeléctrico

5.4. Calentador de resistencia eléctrica

Como complemento al dosificar de líquido, se instaló una resistencia eléctrica en la superficie de la plataforma móvil, de manera que pueda transferir calor por conducción al recipiente y calentar su contenido.

Con esta resistencia, los alumnos podrán controlar de forma automática un proceso térmico que se podrá usar conjuntamente con el transportador de

tornillo sin fin o con el dosificador de líquido; es decir podrán poner en marcha más de un proceso de manera simultánea.

La resistencia que se eligió tiene una tensión de alimentación de 110 VAC y una potencia de 726 Vatios. Para su activación se tendrá un relé de 11 pines planos a 110 VAC cuya bobina será controlada por el PLC. El código asignado a este relé es KA4.

Esta resistencia está conformada por un alambre enrollado, adoptando la forma de un círculo con un diámetro de 15 cm, por lo tanto, las dimensiones de la plataforma, deben ampliarse para proteger a los usuarios de quemaduras por contactos directos.



Figura V.51 Resistencia eléctrica

La nueva plataforma se elaboró en acero inoxidable con unas dimensiones de 16 cm de ancho por 18 cm de profundidad, y cuenta con paredes frontales de 8 cm de altura, de esta manera se restringe el contacto directo con la resistencia eléctrica.

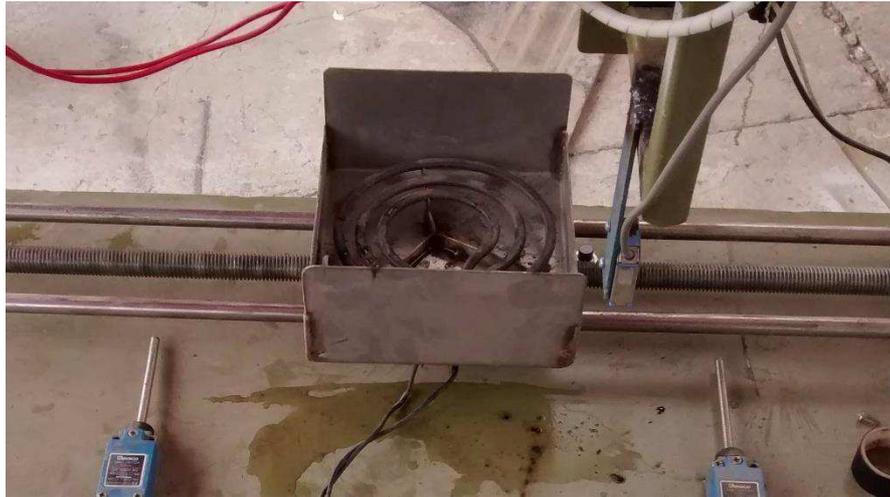


Figura V.52 Plataforma móvil modificada

5.4.1. Medición de temperatura

Para controlar el proceso de transferencia de calor mediante la resistencia térmica, se cuenta con un sensor de temperatura Pt-100.

Las características técnicas del sensor se encuentran en la tabla V.9.

Características técnicas del sensor Pt-100	
Marca	DONG YANG
Modelo	DS-4130
Rango de temperatura medible	- 100°C.. + 250°C
Tolerancia	$\pm(0.3 + 0.005 t^*)$
Material constructivo	Acero inoxidable
Longitud de bulbo	100 mm

* t= temperatura medida

Tabla V.9 Características técnicas de sensor Pt-100

Este sensor permitirá a los alumnos manejar una variable analógica, ya que su señal de salida es de este tipo y en base a su magnitud se podrán controlar los distintos elementos que el tablero didáctico tiene a disposición.

El montaje del sensor Pt-100 se lo realizó sobre unas platinas fijadas a un costado del tornillo sin fin, de esta manera cuando no esté en uso podrá usarse como soporte.

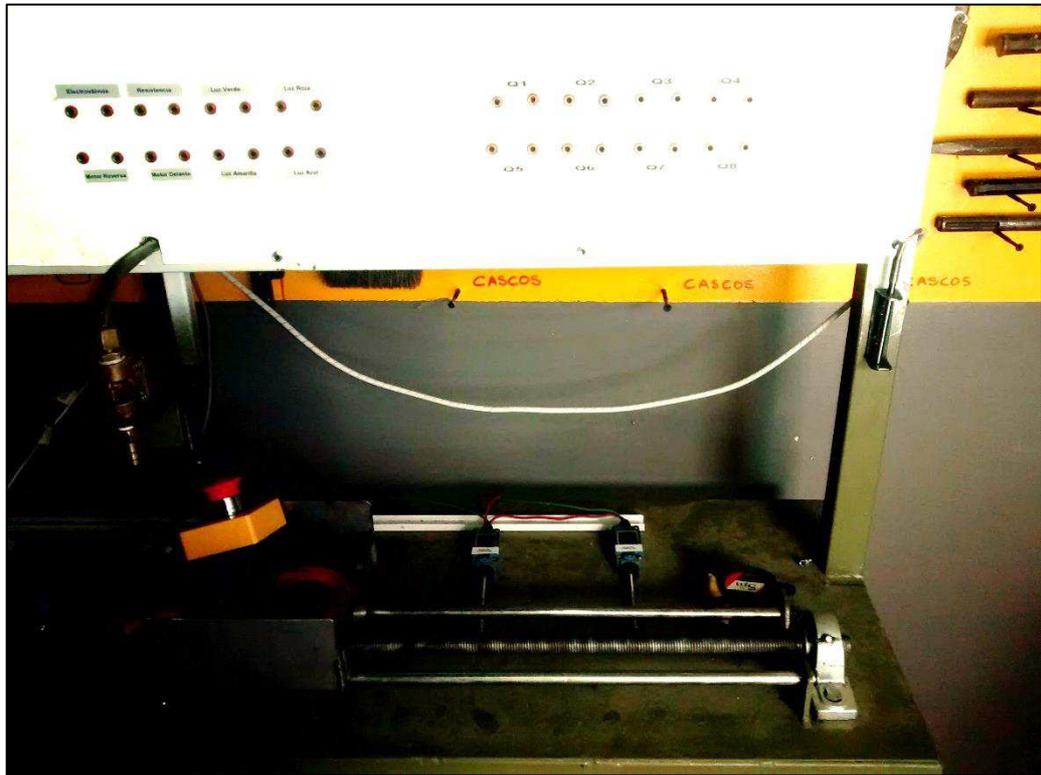


Figura V.53 Sensor Pt-100 montado

Para usar este sensor, se ha diseñado un envase al que se ha adaptado un anillo, en el cual, el usuario debe insertar manualmente la Pt-100 para que pueda realizar su función de medición. Este sistema está diseñado de manera que puede usarse aun cuando la plataforma está en movimiento.

5.5. Control y mando

Tomando en consideración los criterios determinados en capítulo II sobre las necesidades didácticas que deben satisfacerse con el presente diseño, el tablero didáctico debe contener:

- a) Controlador Lógico Programable (PLC)
- b) Sensores, actuadores y elementos de proceso
- c) Suficiente número de entradas y salidas digitales
- d) Procesamiento de señales analógicas
- e) Sensores analógicos

Con el transportador de tornillo sin fin, el sistema de dosificación de líquido y el calentador de resistencia eléctrica se logra cubrir las necesidades de sensores analógicos, actuadores y elemento de proceso, por lo tanto, es necesario determinar los elementos faltantes para completar con los requerimientos.

5.5.1. Listado de elementos

PLC: Uno de los elementos necesarios para el tablero didáctico es un controlador lógico programable, por lo tanto, se escogió un LOGO! ® 230RC (Versión 8) debido a su versatilidad y fácil programación, adaptándose a las necesidades didácticas.

Módulo de expansión digital: Para la puesta en marcha de sistemas combinatoriales complejos se necesitan más entradas y salidas que las que incluye el LOGO! ® 230RC, por lo tanto, se agregó un módulo de expansión DM8 230R, de esta manera se podrá disponer de 12 entradas digitales y 8 salidas digitales, ampliando la capacidad de control.

Módulo de expansión analógico: Con el módulo AM2 RTD el PLC puede procesar dos señales analógicas de sensores Pt-100. Una de estas señales es la del sensor de temperatura usado en el calentador de resistencia eléctrica.

Este módulo necesita una fuente de alimentación que suministre voltaje a 24 voltios en corriente continua, por lo tanto, se usará la fuente de poder LOGO! ® Power para su funcionamiento.

Pulsadores: Para la interfaz de control de los usuarios con el proceso, se utilizará 3 pulsadores rasantes de tipo NA, de colores verde, rojo y negro ya que son los más comunes en las aplicaciones industriales.

Pulsador de Emergencia: Se agregó un pulsador de emergencia con retención a la pulsación y desenclavamiento por giro, de esta manera los usuarios pueden programarlo como botón de emergencia para detener procesos. Es de tipo NC.

Selector: Se escogió un selector de tres posiciones mantenidas, sus contactos son de tipo NA.

Luces Piloto: El módulo dispondrá de cuatro luces piloto de color verde, rojo, amarillo y azul para disponer de una variada visualización ya sea de operación, falla o estados de los procesos simulados. Estas luces tienen una tensión de alimentación de 110 VAC.

5.5.2. Panel de control

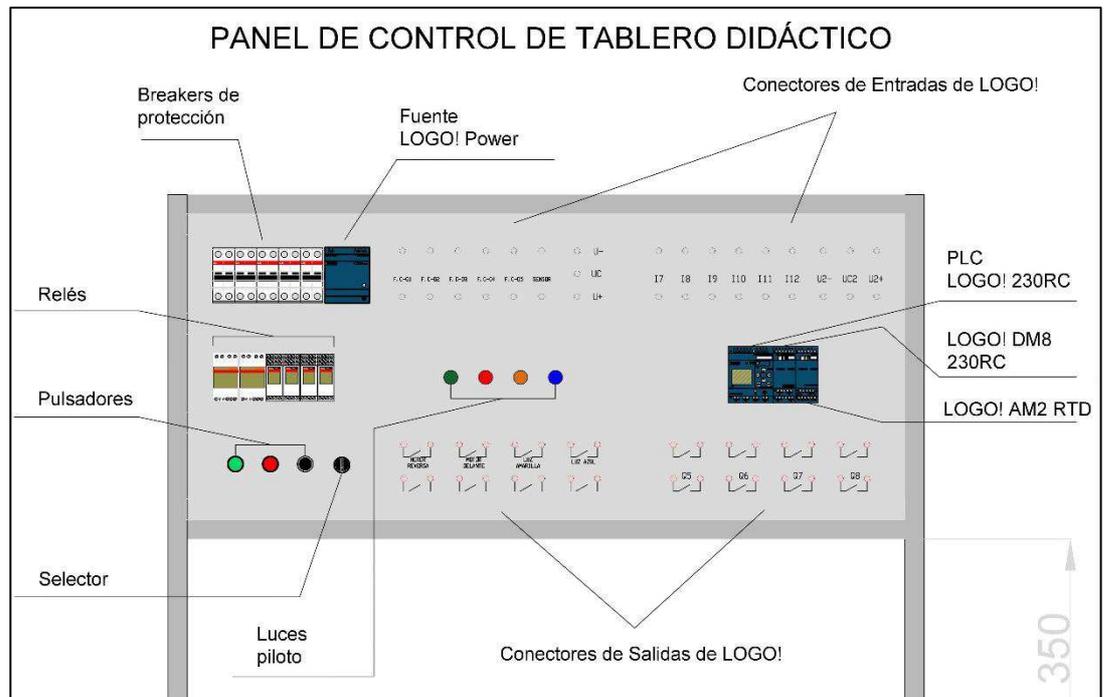


Figura V.54 Diseño de panel de control

Una vez que se definió todos los elementos necesarios para el tablero didáctico, se diseñó el panel de control en el que se encontrarán montados los controladores, pulsadores y demás elementos.

El diseño fue realizado mediante el software AutoCAD® Electrical 2017. (Figura V.54)

Para la tapa del panel de control se utilizará una plancha de acero galvanizado de 1 mm de espesor y mismas dimensiones que el panel de soporte. Esta tapa cubrirá todo el cableado para que los usuarios que usen el tablero no puedan acceder a él, sin embargo, contará con calados para poder visualizar los elementos de control y protección.

Se fijó canaletas ranuradas de 33x33 mm sobre el panel de soporte para organización y canalización de los cables. (Figura V.55).



Figura V.55 Montaje de canaletas

Para el montaje de los elementos de control se utilizó riel acerado DIN de 35 mm.



Figura V.56 Montaje de riel DIN



Figura V.57 Montaje de LOGO!® y módulos de expansión

Para el cableado eléctrico se usó conductores de cobre flexible calibre # 18 AWG THHN, ya que su capacidad de conducción de corriente es de 10 amperios y, por lo tanto, puede soportar las cargas eléctricas de los equipos del tablero. Se encontrará mayores detalles en el diagrama eléctrico en el capítulo V, sección 5.6 de este trabajo.

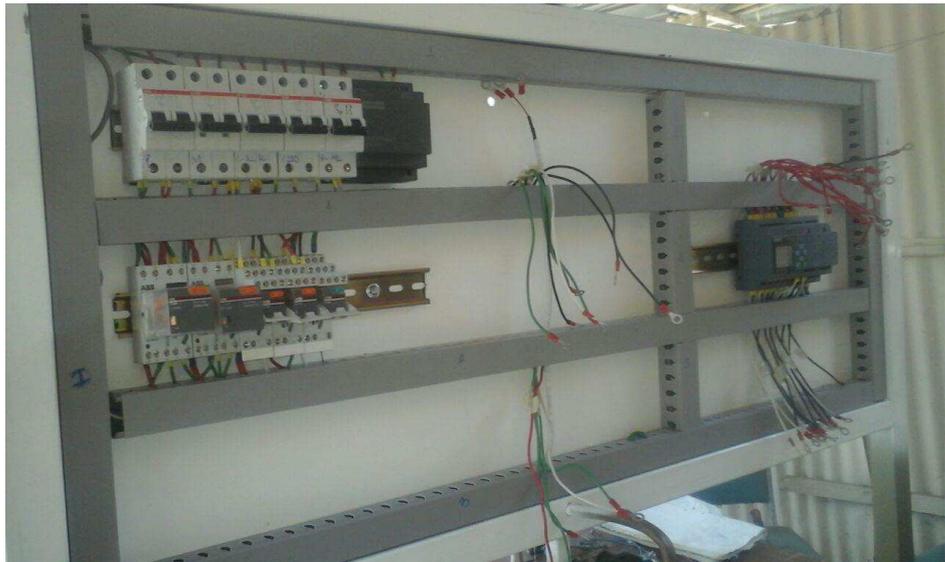


Figura V.58 Cableado organizado en las canaletas

En la tapa del panel de control se fijaron los pulsadores, selector, luces piloto y conectores banana hembra que servirán de interfaz entre las entradas/salidas del LOGO! ® y los elementos de mando y actuadores.



Figura V.59 Montaje de elementos de mando, señalización y control

El panel frontal se recubrió con vinilo adhesivo de color blanco; este color permite que los elementos de mando, control y visualización sean fácilmente identificables.



Figura V.60 Panel de control

5.5.2.1. Interfaz de conexión de entradas/salidas del PLC

Considerando que el tablero tiene fines didácticos, las entradas y salidas no tendrán señales asignadas de manera fija.

Se usaron conectores de tipo banana de tipo hembra cableados directamente a las entradas y salidas del LOGO!®, esto permite que con conectores banana tipo macho, se pueda usar cualquier entrada o salida disponible en el PLC.



Figura V.61 Conectores banana hembra

Esta interfaz es de extrema sencillez, pues la conexión se basa en insertar el conector macho dentro del conector hembra, de esta manera se cierra el circuito entre el elemento que se esté usando y la entrada o salida del LOGO! ®.



Figura V.62 Conectores banana macho

La interfaz de conectores banana ofrece la flexibilidad de usar el PLC para futuras funciones que no se encuentren instaladas en el tablero.

El PLC LOGO! ® más los módulos de expansión ofrecen un total de doce entradas digitales y dos entradas analógicas de tipo Pt-100/Pt-1000; todas estas entradas se han cableado directamente desde los bornes de conexión del LOGO! ® hacia su respectivo conector banana hembra. Las ocho salidas digitales de las que dispone el PLC más el módulo de expansión también serán cableadas hacia sus conectores banana hembra, sin embargo, debe considerarse que para cada salida se debe utilizar dos conectores, uno para el cable de la fase y otro para el neutro y así se puede cerrar el circuito que energiza las respectivas bobinas de los relés que controlan los actuadores.

A excepción de las luces piloto, cuyo amperaje es mínimo; los elementos de proceso que se pueden utilizar como salida del PLC (motor, resistencia eléctrica y electroválvula) están controlados por el accionamiento de un relé, por lo tanto, se cableó las bobinas de estos hacia los conectores banana hembra.

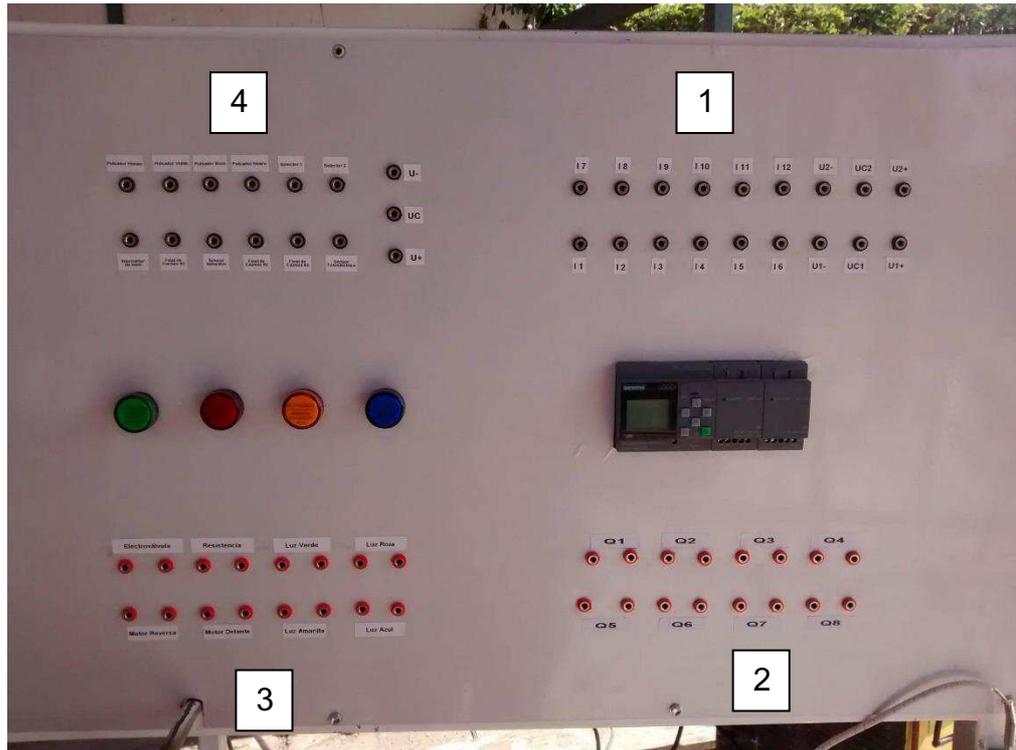


Figura V.63 Interfaz de conectores banana

La distribución de los conectores se realizó atendiendo al diseño del LOGO! ®, en donde las bornes de conexión para las entradas se encuentran en la parte de arriba del módulo y las salidas en la parte de abajo. En la figura V.63 se puede apreciar la distribución; misma que se detalla a continuación:

- 1:** Conectores de entradas digitales y analógicas de LOGO! ®
- 2:** Conectores de salidas digitales de LOGO! ®
- 3:** Conectores de actuadores, elementos de proceso y luces piloto
- 4:** Conectores de señales de entrada digitales y analógicas

Cada conector se encuentra rotulado para conocer a qué elemento o entrada/salida corresponde.

Las entradas del LOGO! ® se han codificado con la misma nomenclatura que utiliza el software de programación, es decir, que se

enlistan en orden secuencial con el sufijo “I” de INPUT que significa entrada en inglés.

Las entradas analógicas del módulo LOGO! ® AM2 RTD se encuentran con la misma nomenclatura que los terminales de conexión del módulo, que son tres, uno para cada cable del sensor Pt-100; sin embargo, para la programación en el software se entenderá el conjunto de los tres conectores como AI de “Analog Input” que significa entrada analógica en inglés. De la misma manera se encuentran numeradas en orden secuencial.

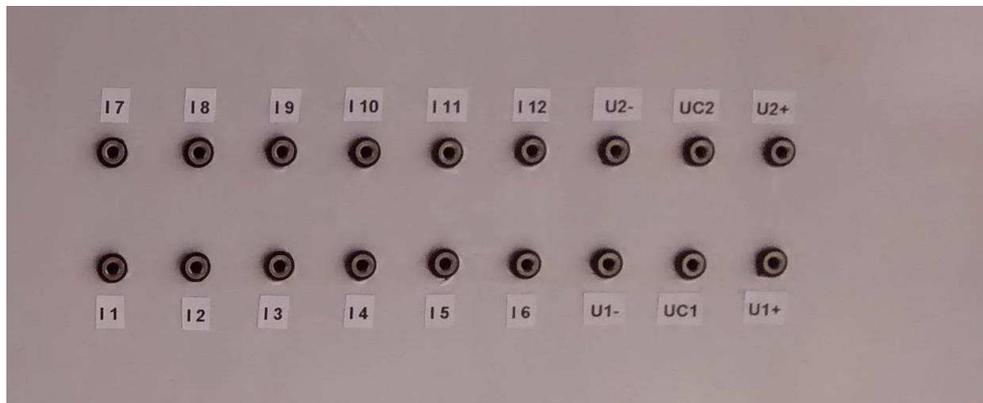


Figura V.64 Rotulado de conectores de entradas LOGO! ®

Las salidas digitales en LOGO! ® poseen la nomenclatura de la letra Q más una cifra en orden secuencial, por lo tanto, de esta misma manera se rotuló los conectores.

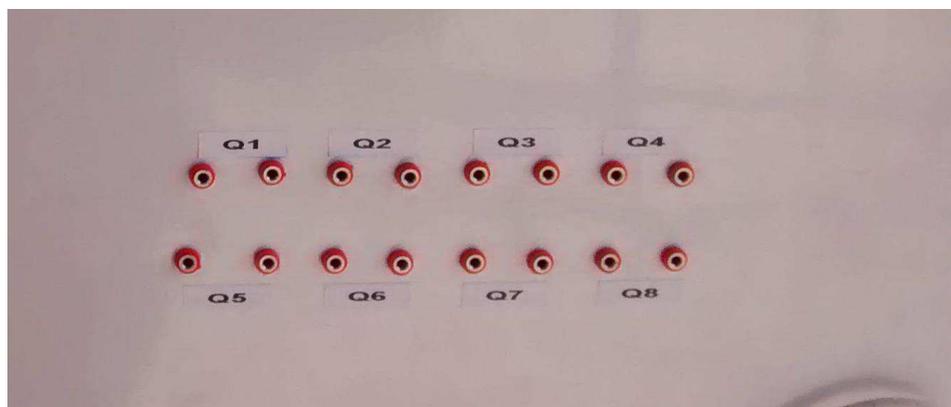


Figura V.65 Rotulado de conectores de salidas LOGO! ®

Los conectores de los elementos de mando, proceso y señalización se rotularon según el nombre del equipo o señal a que corresponde.

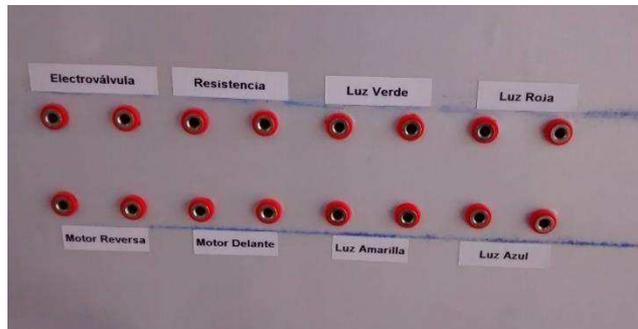


Figura V.66 Rotulado de conectores de actuadores y luces

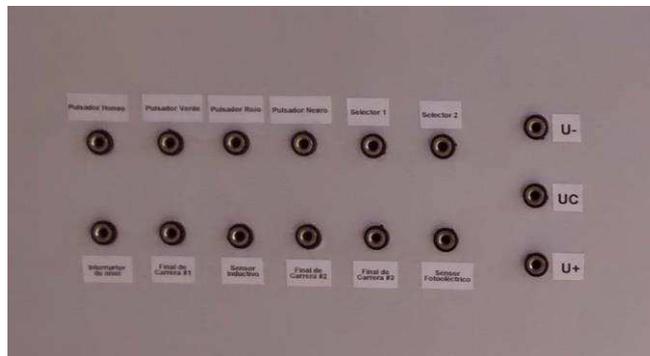


Figura V.67 Rotulado de pulsadores, interruptores y sensores

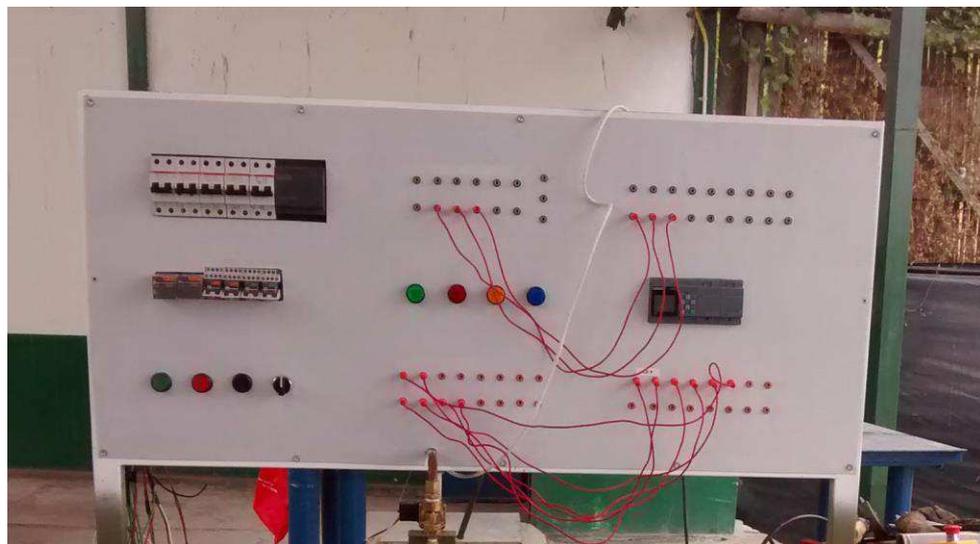


Figura V.68 Entradas y salidas cableadas con conectores banana

Para la interconexión de los elementos se utilizará cables que tienen en ambos extremos conectores banana macho. Por ejemplo, para

conectar el pulsador verde a la entrada I1 del LOGO! ®, se insertará un extremo del cable en el conector del pulsador y el otro extremo en el conector de I1. El mismo método se aplica para todos los demás conectores. Para evitar confusión en la conexión de entradas y salidas; los conectores que corresponden a las entradas son de color negro, mientras que los que corresponden a las salidas son de color rojo.

5.5.3. Resumen de Entradas/Salidas de PLC del Tablero

En la tabla a continuación, se resumen los elementos de entrada y salida de los que dispone el tablero didáctico:

ENTRADAS Y SALIDAS DE TABLERO		
No.	Entradas	Tipo de señal
1	Pulsador Hongo de emergencia NC	Digital
2	Pulsador Verde NA	Digital
3	Pulsador Rojo NA	Digital
4	Pulsador Negro NA	Digital
5	Selector - Posición 1 NA	Digital
6	Selector - Posición 2 NA	Digital
7	Interruptor de Nivel NA	Digital
8	Final de carrera #1 NA	Digital
9	Final de carrera #2 NA	Digital
10	Final de carrera #3 NA	Digital
11	Sensor inductivo NA	Digital
12	Sensor fotoeléctrico NA	Digital
13	Sensor Pt-100	Analógica
No.	Salidas	Tipo de señal
1	Electroválvula	Digital
2	Resistencia eléctrica	Digital
3	Motor giro hacia delante (derecha)	Digital
4	Motor giro reversa (izquierda)	Digital
5	Luz LED color verde	Digital
6	Luz LED color rojo	Digital
7	Luz LED color amarilla	Digital
8	Luz LED color azul	Digital

Tabla V.10 Entradas y salidas disponibles en el tablero

El tablero didáctico tiene a disposición de los usuarios doce entradas digitales y una entrada analógica, además de ocho salidas digitales.

Por otro lado, el controlador LOGO!® más los módulos de expansión suman una capacidad de procesamiento de doce entradas digitales, dos entradas analógicas y ocho salidas digitales; esta capacidad permite utilizar de manera simultánea todos los recursos del tablero para la simulación y puesta en marcha de operaciones automatizadas.

5.6. Diseño y diagrama eléctrico

La fuente de energía principal que alimenta al tablero es la electricidad de la red pública con una tensión de 110 VAC; ya que este tipo de tensión se encuentra en todos los tomacorrientes de los salones de clase de la facultad, y, por lo tanto, permitirá trasladar el tablero al lugar más conveniente para las prácticas de los alumnos.

A pesar de que la alimentación del tablero sea a una tensión de 110 VAC, esta deberá transformarse a distintos voltajes a corriente continua para permitir la operación de equipos como la electroválvula, sensores y motor

Equipo	Voltaje de operación
LOGO!® 230 RC	110 VAC
Módulo LOGO!® DM8	
Relés Bobina 110 VAC	
Resistencia eléctrica	
Luces piloto	
Módulo LOGO!® AM2 RTD	24 VDC
Sensor inductivo	
Sensor fotoeléctrico	
Relés Bobina 24 VDC	
Motor de corriente continua	12 VDC
Electroválvula	220 VAC

Tabla V.11 Voltajes de operación de equipos de tablero

En la tabla V.11 puede observarse que dentro del tablero existen cuatro distintos voltajes de operación; estos se consiguen gracias a las fuentes de poder y transformador que logran convertir la tensión y corriente a los valores necesarios para cada equipo.

Para protección de los equipos del tablero se utilizaron cinco interruptores magneto térmicos, mejor conocidos como breakers. Estos dispositivos están diseñados para abrir un circuito eléctrico, es decir, impedir el flujo de corriente cuando esta sobrepasa un valor determinado; de esta manera, protegen los equipos contra cortocircuitos y sobrecargas. El valor de corriente (amperaje) que un breaker soporta antes de que abra el circuito determina su capacidad.

Para dimensionar la capacidad de los breakers, se revisó la corriente nominal de los equipos del tablero en sus respectivas especificaciones o fichas técnicas. En el caso del motor DC y la resistencia eléctrica, se usó un amperímetro; de esta manera, se pudo medir la corriente consumida por los equipos durante su operación.

En el caso de la resistencia eléctrica, la corriente medida fue de 6.6 Amperios a un voltaje de 110 VAC; por lo tanto, usando la ecuación de potencia eléctrica tenemos:

$$P = V \cdot I$$

Donde P es la potencia eléctrica, V es la tensión de alimentación del circuito e I es la intensidad (corriente). Resolviendo, tenemos:

$$P_{Resistencia} = 110V \cdot 6.6A$$

$$P_{Resistencia} = 726 W$$

En el caso del motor, las mediciones fueron de 7,5 Amperios a un voltaje de 12 VDC, por lo tanto:

$$P_{Motor} = 12V \cdot 7,5A$$

$$P_{Motor} = 90 W$$

Además de ser dispositivos de protección, los breakers ayudan a distribuir las cargas, independizando los circuitos eléctricos.

En la tabla V.12 se puede encontrar la capacidad de los breakers que se seleccionó y los circuitos en que se dividieron las cargas eléctricas del tablero.

Descripción	Capacidad en amperios (A)	Se alimenta de	Distribuye a
Breaker Principal	25	Red pública (Toma corrientes de facultad) 110VAC	Fuente de poder 12 VDC
			Resistencia eléctrica
Breaker de Motor	10	Fuente de poder 12 VDC	Motor DC
Breaker De control	4	Breaker principal 110 VAC	PLC LOGO!® 230RC
			Módulo LOGO!® DM8
			Fuente LOGO!® Power
			Relés 110 VAC
			Elementos de mando y señalización
Breaker 220 VAC	2	Breaker principal 110 VAC	Transformador 220 VAC (Electroválvula)
Breaker 24VDC	3	Fuente LOGO!® Power	Sensor fotoeléctrico
			Sensor inductivo
			Módulo LOGO!® AM2 RTD

Tabla V.12 Distribución de cargas eléctricas del tablero

El diagrama unifilar de las conexiones eléctricas se encuentra en el anexo No. 2.

5.7. Costos del tablero didáctico

Los costos totales de la construcción del tablero didáctico de Automatización de Operaciones se detallan en la tabla V.13.

Concepto	Costo Total
PLC + Módulos de expansión + Software	360,00
Estructura metálica	300,00
Sensores	100,00
Elementos de mando y señalización	84,00
Relés	74,00
Electroválvula	70,00
Breakers	65,00
Motor	50,00
Transportador de tornillo sin fin	50,00
Transporte	50,00
Conectores tipo banana	42,00
Cables y accesorios	40,00
Resistencia eléctrica	30,00
Accesorios varios	20,00
Impresiones	15,00
TOTAL	\$ 1.350,00

Tabla V.13 Costo total de tablero didáctico

5.8. Pruebas de funcionamiento

Una vez construido el tablero, se realizaron las pruebas de funcionamiento eléctricas, mecánicas y de comunicación con el PLC LOGO! ®.

Para realizar los programas de prueba del PLC, se utilizó una licencia del software LOGO! ®Soft Comfort y se estableció comunicación mediante un cable Ethernet (mejor conocidos como “cable de red”).

En primer lugar, se procedió con las pruebas mecánicas del transportador de tornillo sin fin realizando un control mediante pulsadores.

Para esta prueba se programó el LOGO! ® para que con el pulsador verde y rojo se controle el giro del motor hacia izquierda y derecha respectivamente, por otro lado, las salidas corresponden a Q1 para el desplazamiento en reversa y Q2 para el desplazamiento hacia delante.

Se usaron los conectores banana para realizar la conexión cableada según se indicó y se procedió con la prueba, misma que fue satisfactoria y se comprobó que el sistema funciona como se había diseñado.



Figura V.69 Conexión para pruebas

De la misma manera, con los conectores banana, se realizó pruebas de sensores, pulsadores, finales de carrera cambiando simplemente el elemento a usar sin tener que cambiar el programa del LOGO!, el método en este caso fue el de encender las luces piloto cuando un sensor o pulsador se activaba.

Se continuó con pruebas de apertura y cierre de electroválvula, comprobando que todo estaba correcto, así mismo se determinó que el interruptor de nivel con que cuenta el reservorio activa una señal de nivel bajo de agua cuando en este quedan 2,5 litros.

Por último, se realizó pruebas de calentamiento y control de temperatura usando la resistencia eléctrica y sensor Pt-100.

Se instaló el sensor dentro de un recipiente que contenía agua mientras la resistencia eléctrica estaba encendida, para la prueba se realizó y cargó un programa en el LOGO! ® que mantenía la luz azul activada siempre y cuando la temperatura medida no sobrepasara los 35°C, después de esto, la luz se apagaría y encendería la luz amarilla, tratando de visualizar con los colores el estado de frío y caliente.

Los resultados de esta prueba fueron exitosos comprobándose las lecturas de temperatura en la pantalla del LOGO! ®.

Tras las pruebas, se demostró que todos los elementos y sistemas del tablero están funcionales en un 100%, quedando disponible para realizar y cargar en el LOGO! ® los programas de automatización que combinen estos recursos de la manera deseada.



Figura V.70 Carga de programa de PC a LOGO! ® mediante cable Ethernet

CONCLUSIONES

- Los procesos automatizados son cada vez más complejos y requieren cada vez menor intervención humana para su operación, por ende, es necesario que los alumnos de Ingeniería Industrial tengan el conocimiento y experiencia suficiente para poder afrontar estos retos profesionales.
- El tablero didáctico que se construyó en el presente proyecto, satisface las necesidades prácticas fundamentales de la asignatura de Automatización de Operaciones que la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM oferta, puesto que provee los elementos básicos para controlar procesos mediante un PLC.
- Los componentes utilizados en el tablero didáctico son, en su mayoría, elementos de grado industrial, esto, además de garantizar durabilidad, permite a los alumnos familiarizarse con lo que a futuro encontrarán en el campo laboral.
- La construcción del tablero didáctico se ha hecho con estructura metálica que aporta robustez y el soporte adecuado a los elementos, en especial a las vibraciones provocadas por el funcionamiento del transportador de tornillo.
- La interfaz de conexión de entradas/salidas del proceso permite a los alumnos utilizar de manera sencilla todos los dispositivos que el tablero tiene a disposición.
- El PLC LOGO! ® que se instaló en el tablero permite diseñar y poner en marcha sistemas secuenciales y combinacionales, adaptándose a las necesidades de la asignatura de Automatización de Operaciones.
- Las pruebas de funcionamiento demostraron que todos los sistemas del tablero se encuentran operativos y en correcto estado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar el tablero didáctico siempre con la supervisión del encargado de la cátedra de Automatización de Operaciones.
- Dar mantenimiento periódico a las partes mecánicas del tornillo sin fin, especialmente cuando se note falta de lubricación.
- Cualquier control que se desee hacer a través del PLC debe realizarse a través de los conectores banana, evitar modificar el cableado existente.
- Purgar el reservorio de líquido al igual que la tubería una vez concluidas las prácticas.
- Es recomendable mantener el tablero didáctico cubierto cuando no vaya a ser usado.
- Cualquier intervención del sistema eléctrico y mecánico del tablero debe hacerse por personal autorizado y especialista en electricidad y control.
- El líquido con que se llena el reservorio debe estar libre de partículas grandes de sólidos ya que pueden obstruir la electroválvula y provocar el daño de la misma.
- Se recomienda no usar el calentador de resistencia térmica cuando el transportador está en movimiento y contiene líquido caliente para evitar derrames que puedan ocasionar quemaduras a los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Roldán J. (2008). *Automatismos industriales Electricidad y electrónica: Instalaciones eléctricas y automáticas*. España: Editorial Paraninfo.
- Flower L. (2007). *Controles y Automatismo Eléctricos: instalaciones eléctricas*. Colombia: Alfaomega.
- Creus S. (2010). *Neumática e hidráulica*. España: Marcombo.
- Müller, W. (1984). *Electrotécnia de potencia: Curso superior*. España: Reverté.
- Pallás, R. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. España: Marcombo.
- Pallás R. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. España: Marcombo.
- Creus A. (2011). *Instrumentación industrial Octava Edición*. México: Alfaomega.
- Cembranos F. (2008). *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos 5 ed.* España: Editorial Paraninfo.
- Roldán, J. (2014). *Motores de corriente continua*. España: Paraninfo.
- Moreno, S., Romera, J., & Lorite, J. (1994). *Automatización: Problemas Resueltos con Automatas Programables*. España: Editorial Paraninfo
- Benavides L. & Espinoza J. (2012). *Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para el Control y Monitoreo de Sistemas Electroneumáticos por Medio de PLC*.
- Miravete, A. & Larrodé E. (1996). *Transportadores y elevadores*. España: Editorial Reverté.

Obtenido de <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1947>

- Nuñez C. & Jácome M. (2011). *Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Controlar una Prensa Neumática con Sistema de Carga - Descarga Automática, Utilizando PLC, para la EIE – CRI*.

Obtenido de <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1143>

- Casignia B.& Gavilánez H. (2012). *Diseño, Implementación de un Módulo Didáctico para la Simulación de Procesos Industriales en una Banda Transportadora por medio de PLC.*

Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1717>

- Nuñez M. & Sisa L. (2011). *Diseño e Implementación de un Modulo Didáctico para Simular y Controlar el Proceso de Empacado de Sólidos Granulados para el Laboratorio de la EIE – CRI.*

Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1162>

- Gavilema E. (2012). *Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico de Control de Caudal para el Laboratorio de Control de la EIE-CRI de la ESPOCH.*

Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1951>

-

ANEXOS

ANEXO 1: Proceso de Construcción



Cables de conexión, terminales, elementos de control y mando utilizados



Licencia LOGO! @Soft Comfort



Montaje de elementos



Prueba de comunicación Pt-100 con LOGO! ®



Pruebas de comunicación PC con LOGO! ®

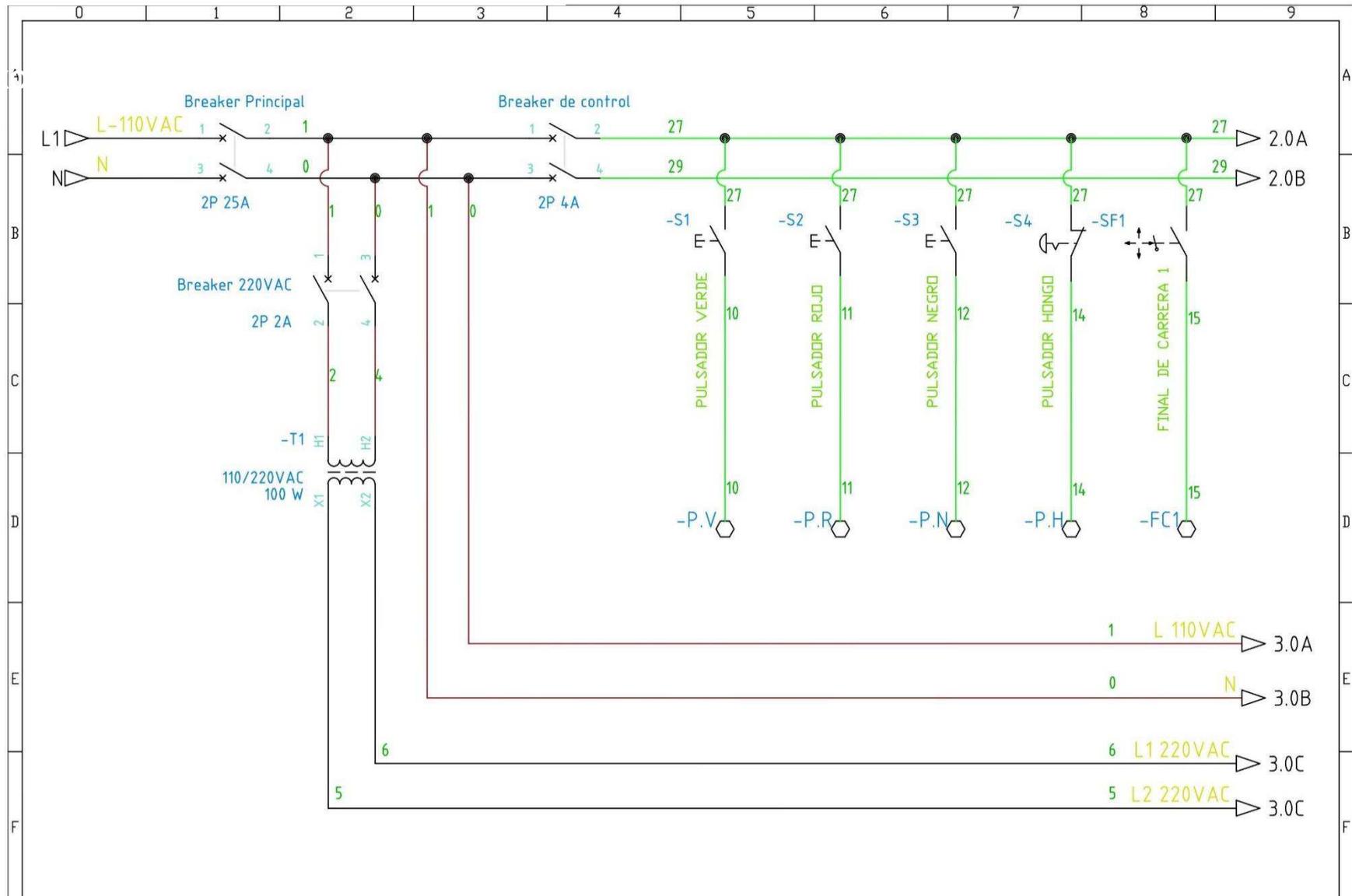






Prueba Final

ANEXO 2: Diagrama Unifilar

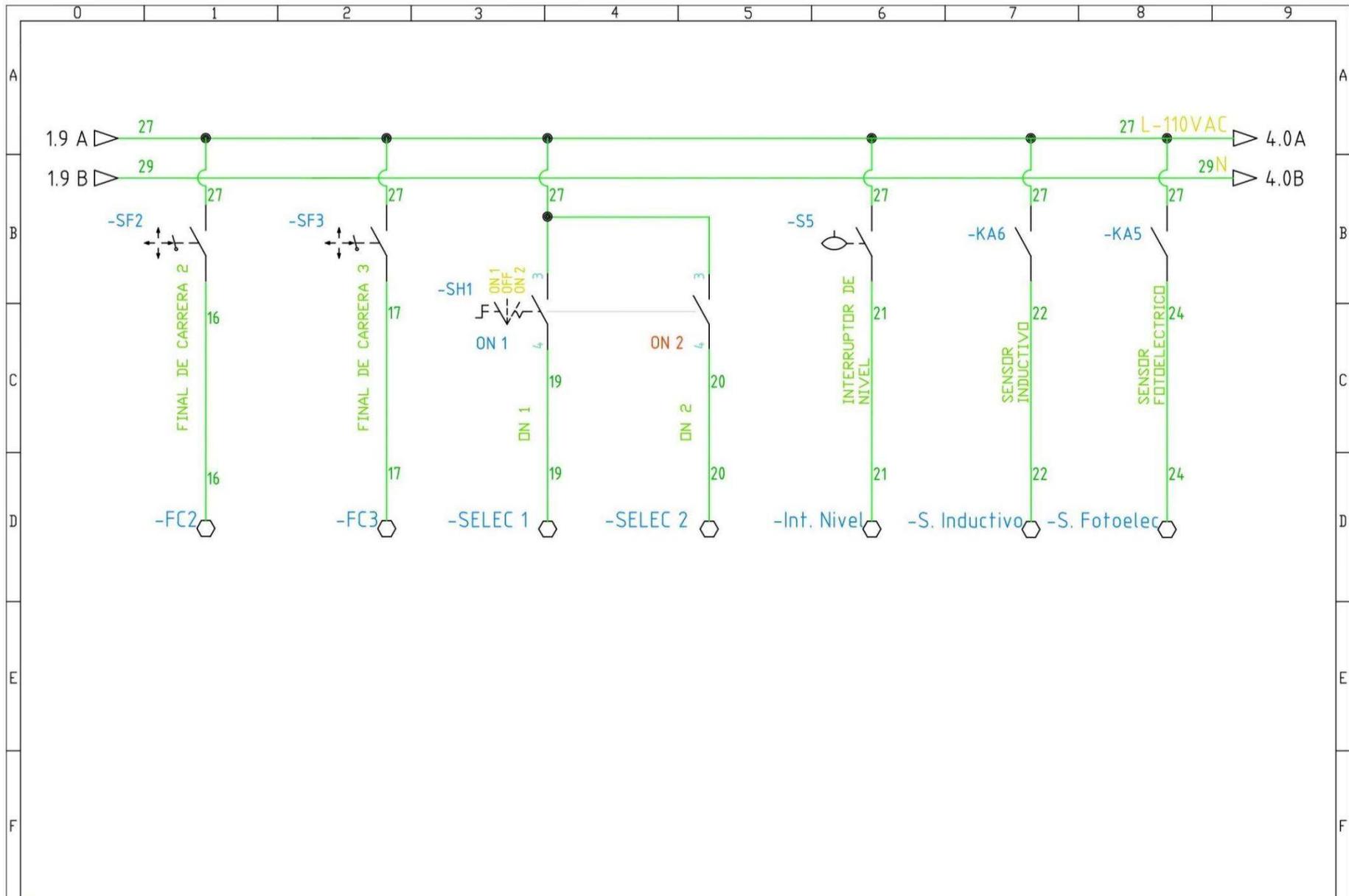


UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI
 FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
 TRABAJO DE TITULACION

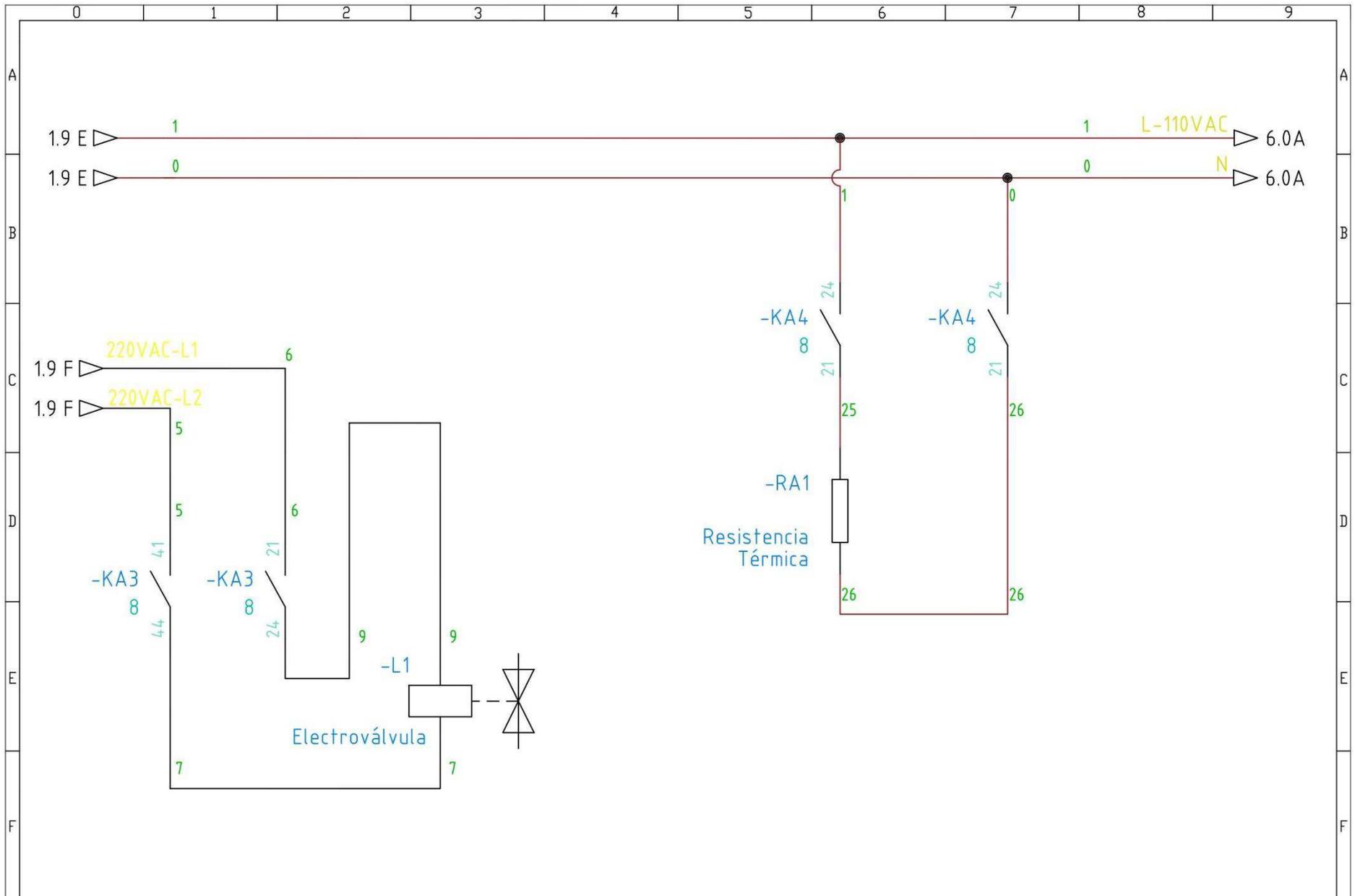
TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico
 Distribución Principal/Trafo 220VAC / Entradas

Autores : ALAVA PICO DIEGO JESUS
 MOREIRA LUCAS BRYAN RENE
 Fecha: OCT-2016

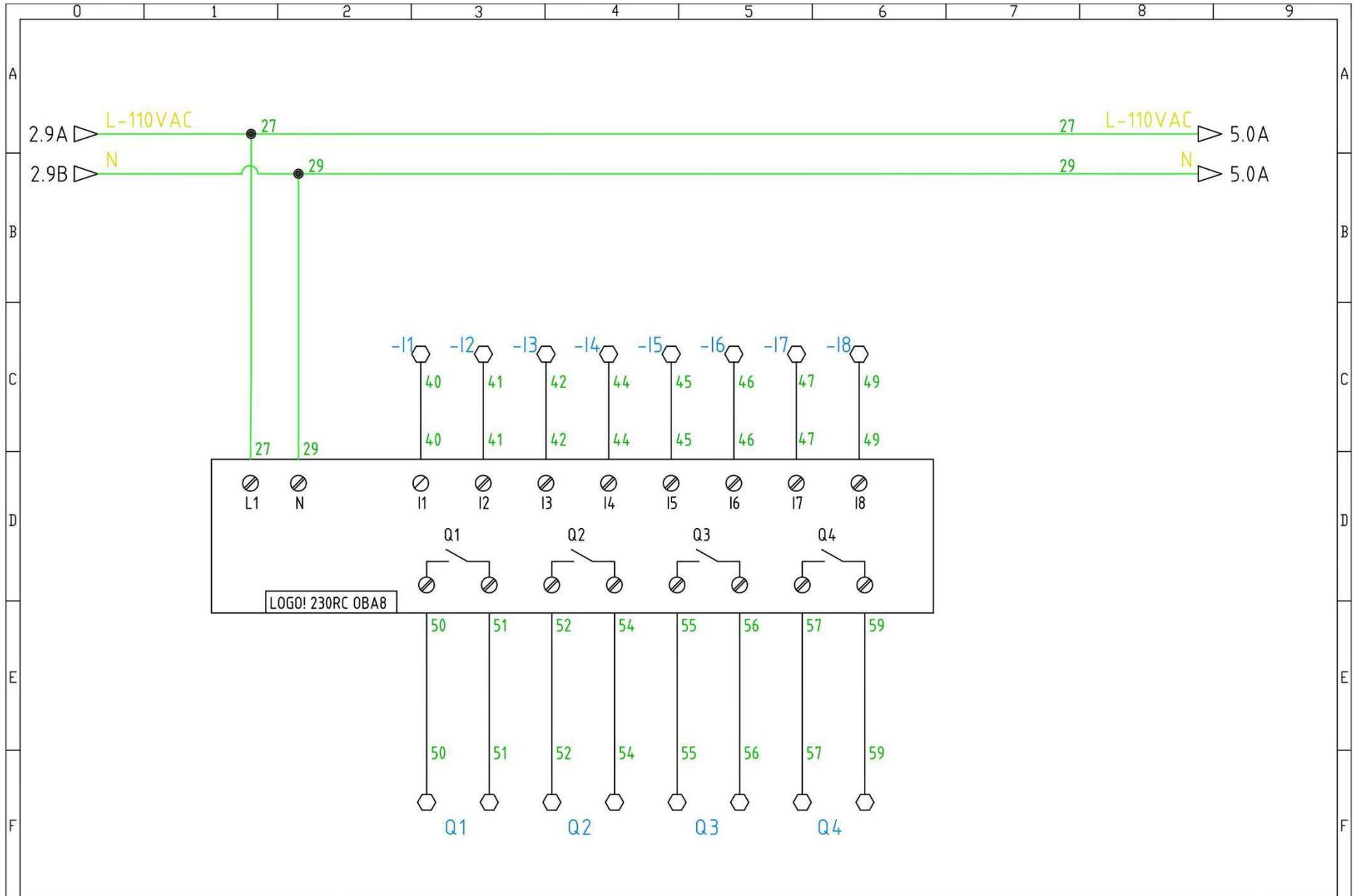
Revisión	01	Hojas 01
Próxima Hoja	02	
Total de Hojas	09	



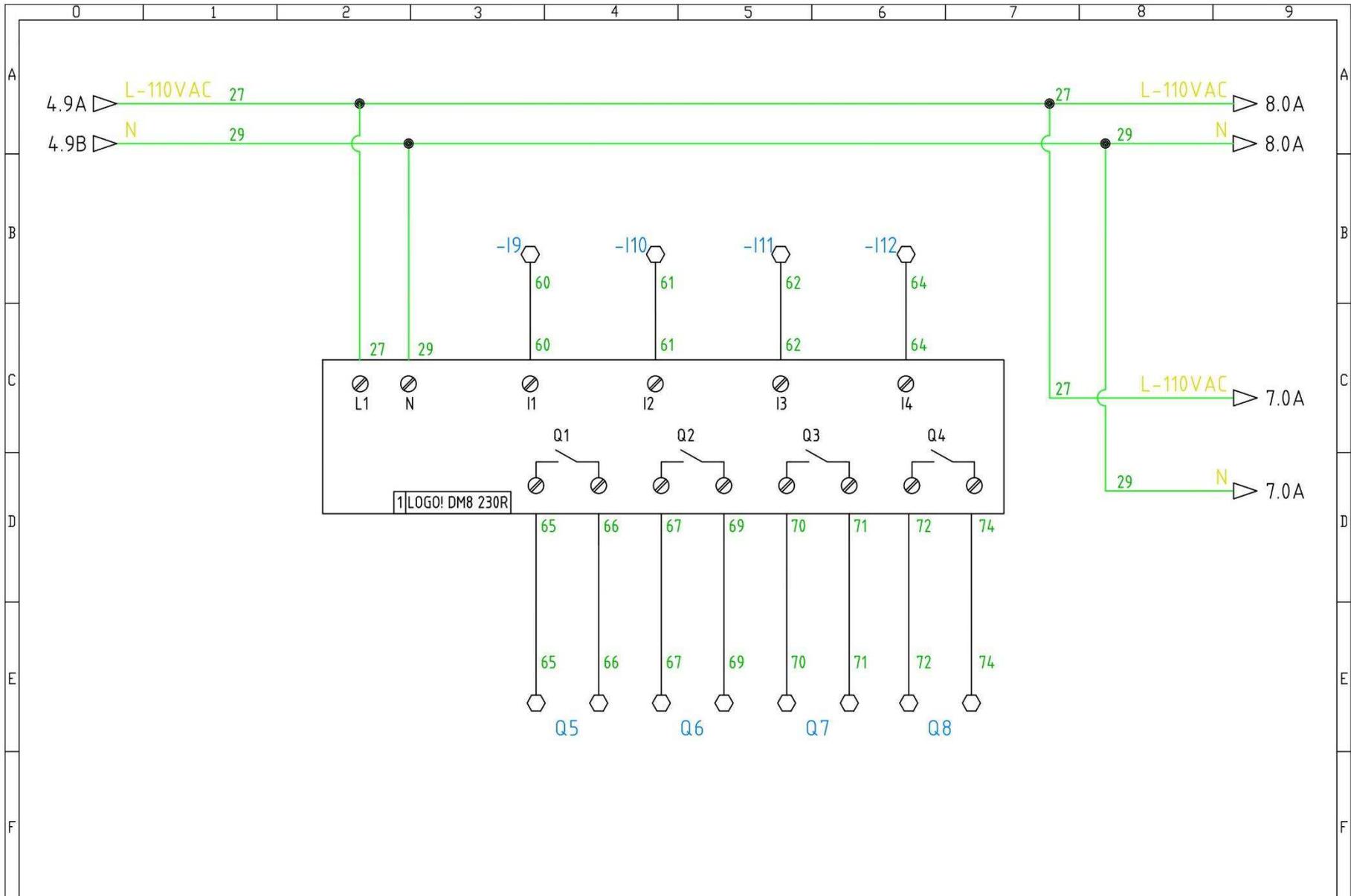
	UNIVERSIDAD LAICA "ELDY ALFARO" DE MANABI	TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES	Diagrama Eléctrico	Autores :	ALAVA PICO DIEGO JESUS	Revisión	01	Hojas
	FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL	Entradas Digitales		Fecha:	MOREIRA LUCAS BRYAN RENE	Próxima Hoja:	03	
	TRABAJO DE TITULACION	Finales de carrera, selector y sensores		OCT-2016		Total de Hojas	09	



	UNIVERSIDAD LAICA "ELDY ALFARO" DE MANABI	TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico	Autores :	ALAVA PICO DIEGO JESUS	Revisión	01	Hojas 03
	FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL	Electroválvula y Resistencia Térmica	Fecha:	MOREIRA LUCAS BRYAN RENE	Próxima Hoja:	04	
	TRABAJO DE TITULACION		OCT-2016	Total de Hojas:	09		



	UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ	TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico MODULO LOGO! 230RC Conectores banana de Entradas/Salidas	Autores:	ALAVA PICO DIEGO JESUS	Revisión:	01	Hoja 04
	FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL		Fecha:	MOREIRA LUCAS BRYAN RENE	Próxima Hoja:	05	
	TRABAJO DE TITULACION		OCT-2016	Total de Hojas:	09		



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
 FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
 TRABAJO DE TITULACION

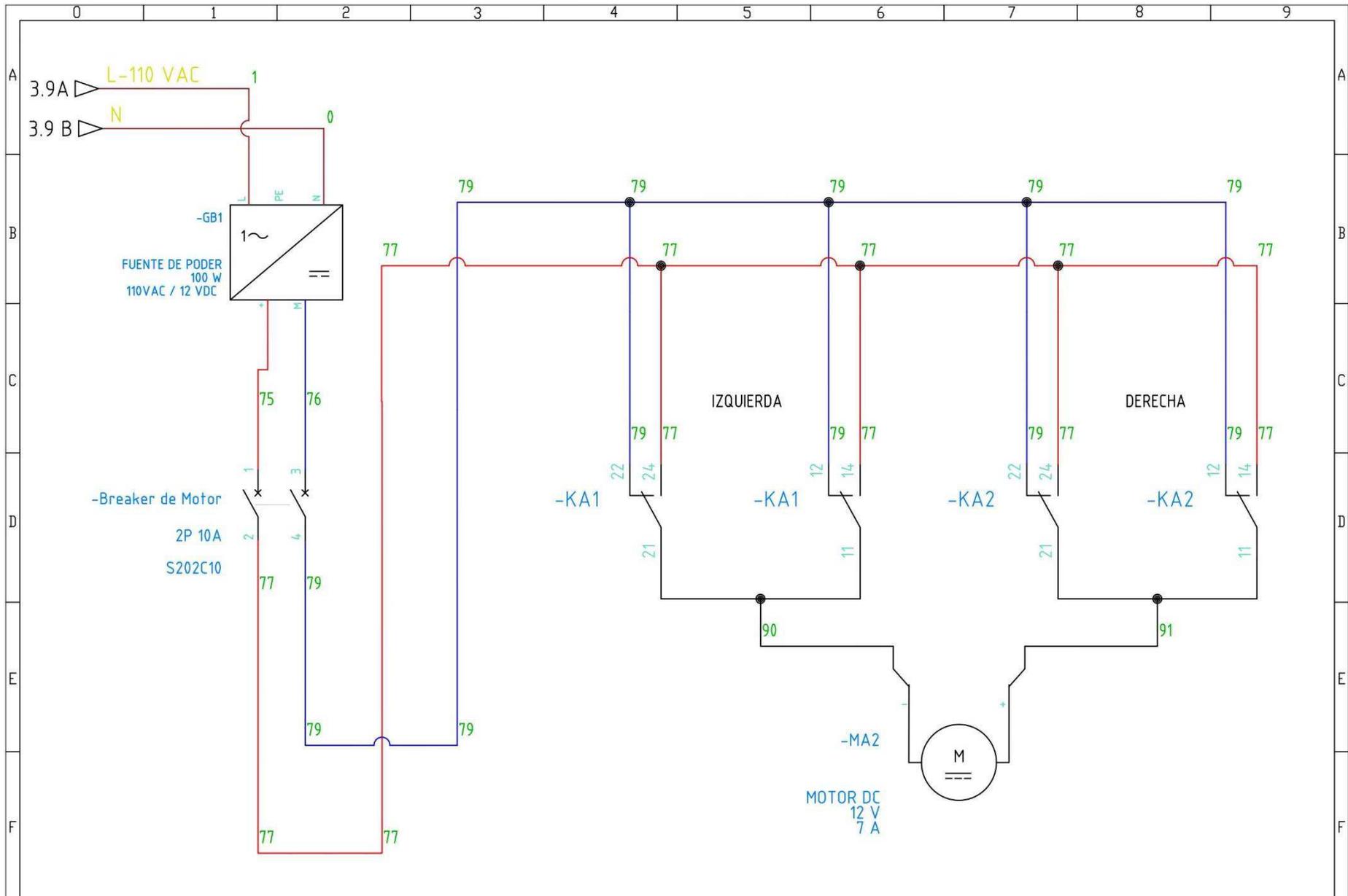
TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico
 Módulo de Expansión Entradas/Salidas Digitales
 Conectores banana de Entradas/Salidas

Autores :
 Fecha:
 OCT-2016

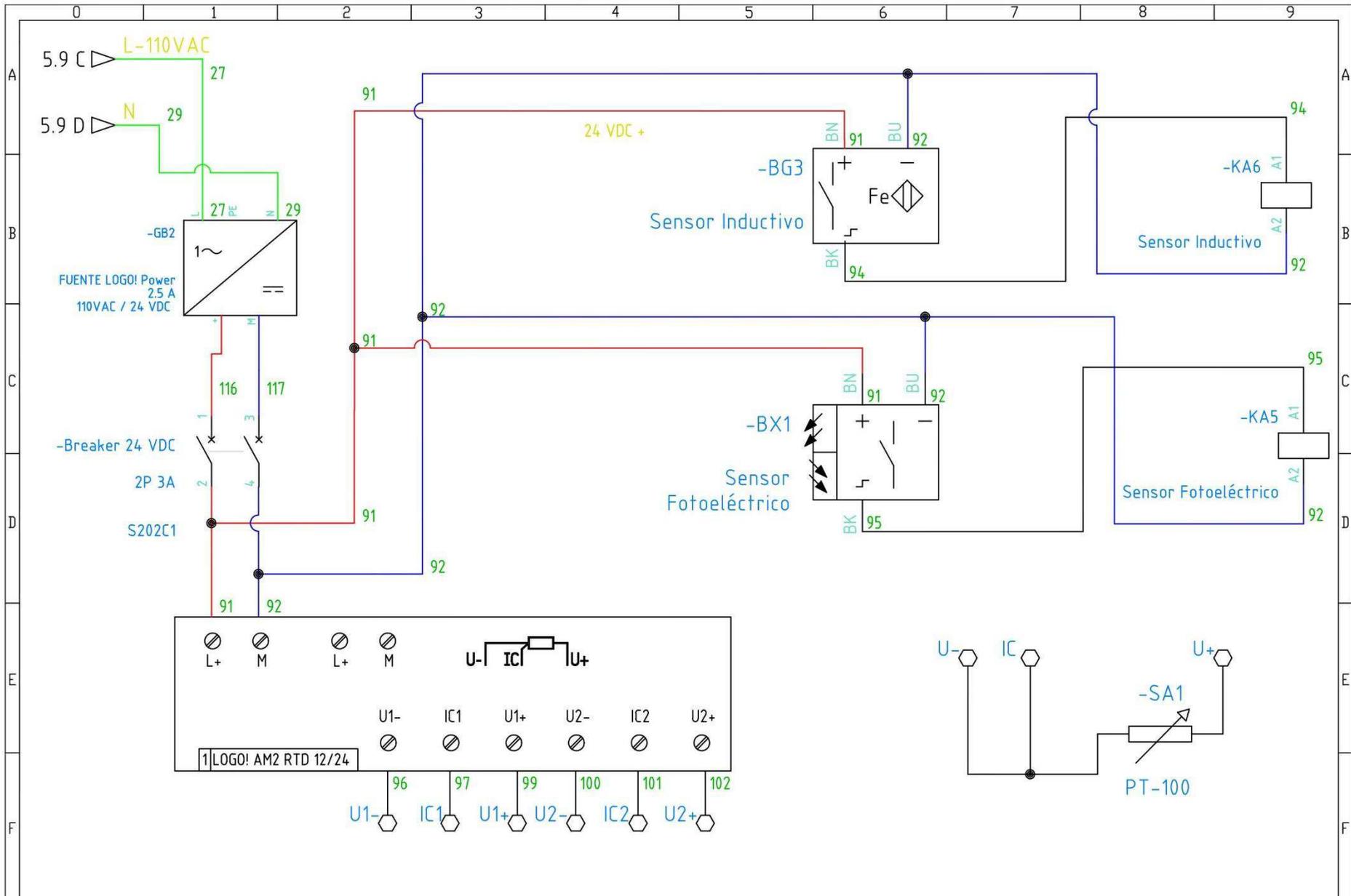
ALAVA PICO DIEGO JESUS
 MOREIRA LUCAS BRYAN RENE

Revisión	01
Próxima Hoja	06
Total de Hojas	09

Hoja
 05



	UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ	TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico Motor Eléctrico 12 VDC Alimentación y control de inversión de giro	Autores :	ALAVA PICO DIEGO JESUS	Revisión	01	Hojas
	FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL		Fecha:	MOREIRA LUCAS BRYAN RENE	Próxima Hoja:	07	
	TRABAJO DE TITULACION		OCT-2016	Total de Hojas:	09		



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI
 FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
 TRABAJO DE TITULACION

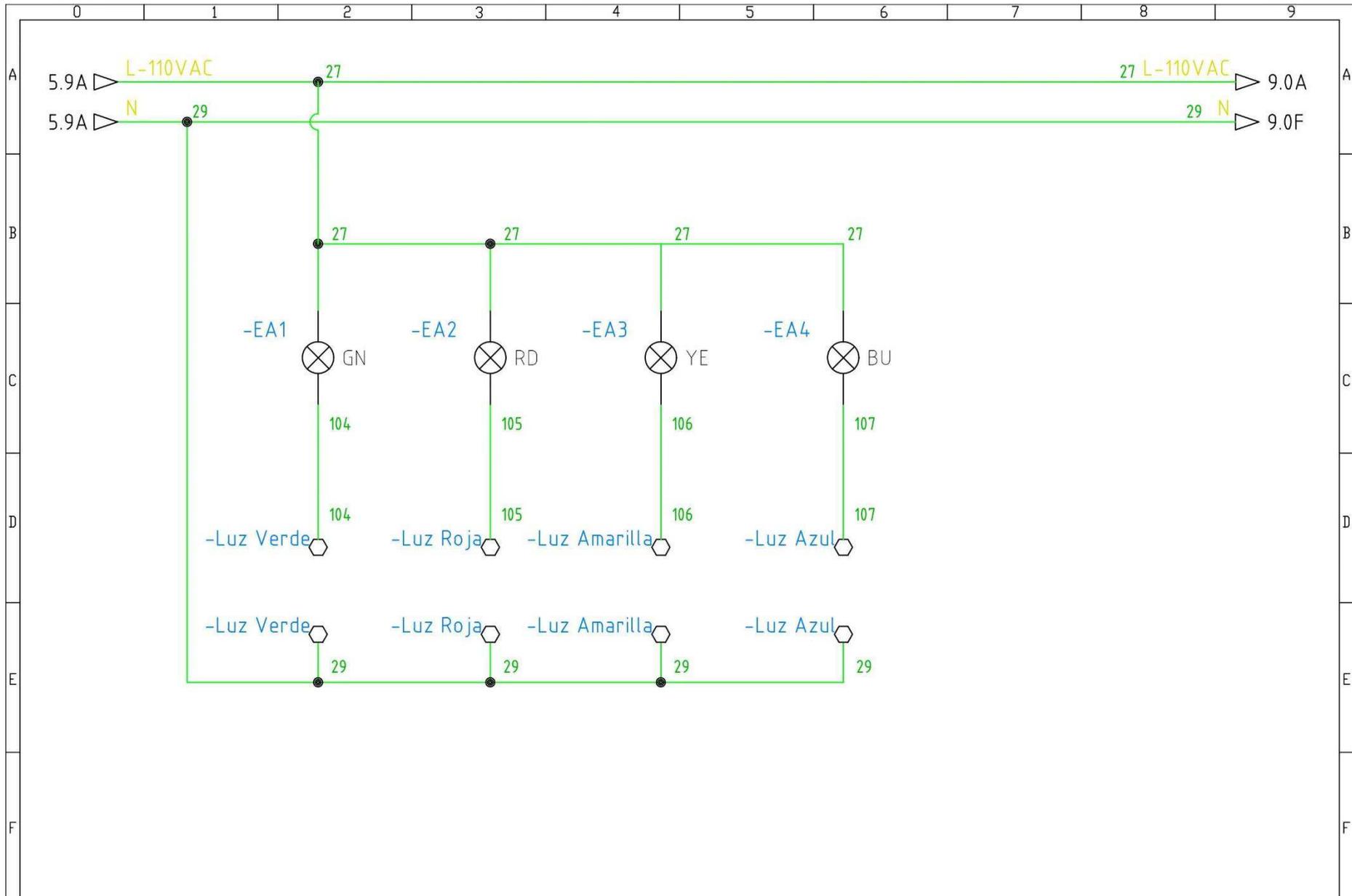
TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico
 Módulo de expansión Entradas Analógicas
 Detectores/Sensor de temperatura Pt-100

Autores :
 Fecha:
 OCT-2016

ALAVA PICO DIEGO JESUS
 MOREIRA LUCAS BRYAN RENE

Revisión 01
 Próxima Hoja 08
 Total de Hojas 09

Hoja 07



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI
 FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
 TRABAJO DE TITULACION

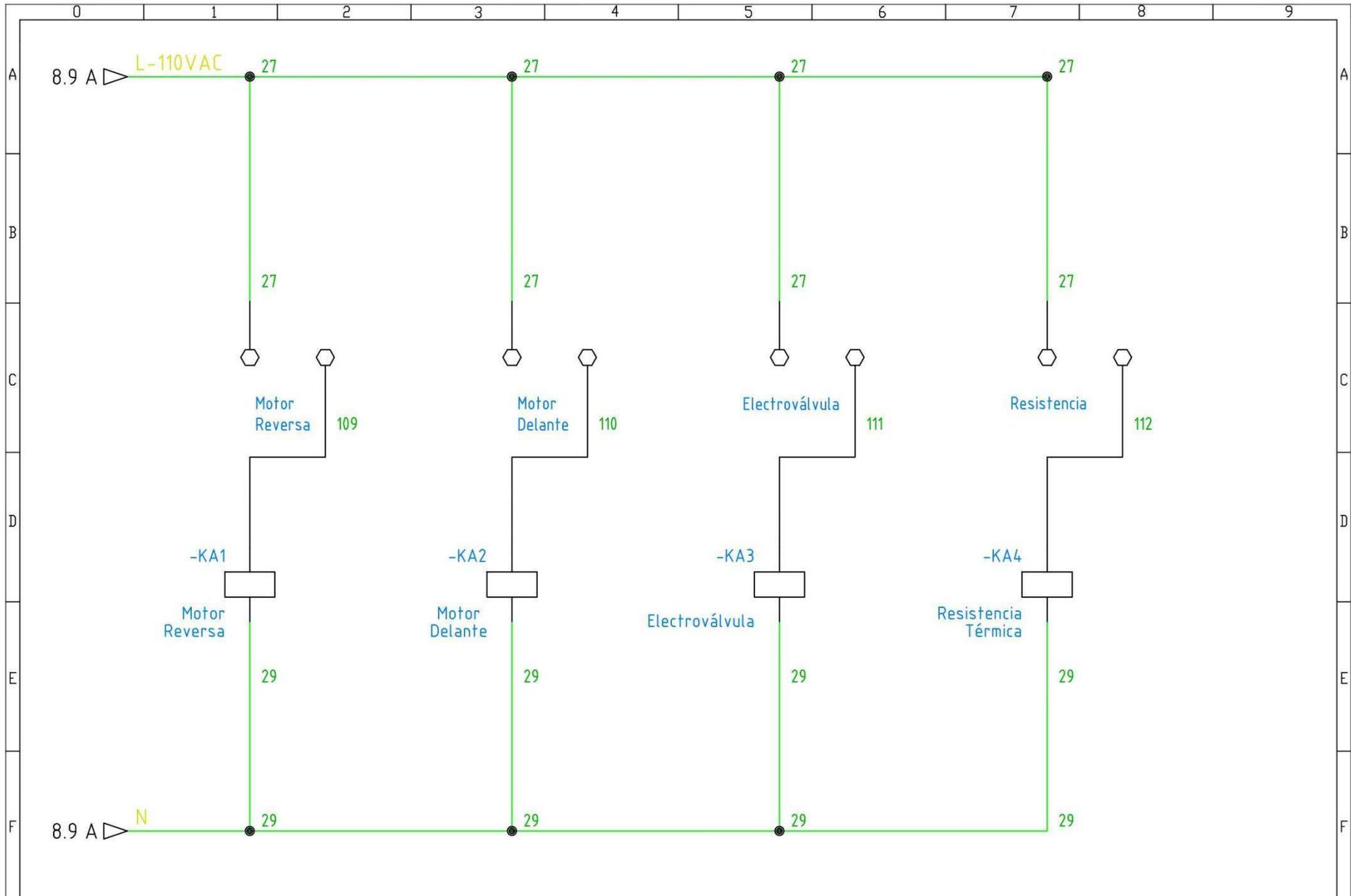
TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES: Diagrama Eléctrico
 Cableado a conectores Banana:
 Luces piloto

Autores:
 Fecha:
 OCT-2016

ALAVA PICO DIEGO JESUS
 MOREIRA LUCAS BRYAN RENE

Revisión	01
Próxima Hoja	09
Total de Hojas	09

Hoja
 08



	UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ	TABLERO DIDACTICO DE AUTOMATIZACION DE OPERACIONES Diagrama Eléctrico	Autores :	ALAVA PICO DIEGO JESUS	Revisión	01	Hojas
	FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL	Bobinas de Relés de control	Fecha:	MOREIRA LUCAS BRYAN RENE	Próxima Hoja	--	
	TRABAJO DE TITULACION		OCT-2016		Total de Hojas	09	

ANEXO 3: Fichas técnicas

SIEMENS

Datasheet

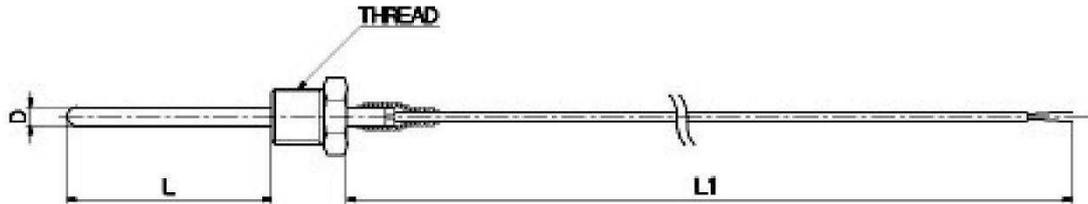
6ED1052-1FB00-0BA8



LOGO!230RCE, LOGIC MODULE, DISPL. PU/I/O:
115V/230V/RELAY, 8 DI (4AI)/4 DO; MEM 400 BLOCKS
EXPANDABLE, ETHERNET BUILT IN WEB-SERVER, DATALOG
STANDARD MICRO SD CARD FOR LOGO! SOFT COMFORT V8
PREVIOUS PROJECT USABEL

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
115 V DC	Yes
230 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	100 V
permissible range, upper limit (DC)	253 V
115 V AC	Yes
230 V AC	Yes
Time of day	
Time switching clocks	
• Number	8
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B)	Yes

Degree and class of protection	
IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
acc. to VDE 0631	Yes
Marine approval	
• Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Operating temperature	
• min.	0 °C
• max.	55 °C
Dimensions	
Width	71.5 mm
Height	90 mm
Depth	60 mm
last modified:	21.08.2014



MODEL: DS-4130

INPUT: PT100

ELEMENT PAIR: SINGLE

CLASS: B

RANGE: -100 TO 250°C

TOLERANCE: $\pm (0.3 + 0.005 t)$

t = measured temperature

TUBE MATERIAL: SUS304

OUT DIAMETER (D): 6.4mm

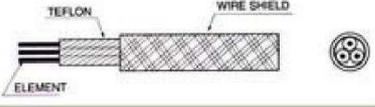
LENGTH (L): 100mm

LEAD WIRE: CX-4

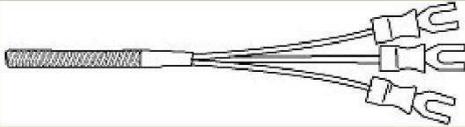
TERMINAL: R2

THREAD: PT1/8"

LEAD WIRE:

Symbol	Compensation Cable Type	Conductor size	Specification
CX-4	Heat-resistant exterior shield Teflon wire	20/Ø 0.12 ×3P	

TERMINAL:

Symbol	Type	DRAW
R2	"Y" Terminal Type	

TEL : (02)2107-7710 FAX :(02)2107-7716
 URL : <http://www.tempsensor.co.kr>
 E-mail : oriental@tempsensor.co.kr



Solenoid valve 2/2 way N.C. Combined operation

21H11K0V120
+
21H14K0V250-S

PRESENTATION:

Combined operation S.V. for interception of fluids compatible with the construction materials.
Minimum operational pressure is not required.
The materials used and the tests undertaken ensure maximum reliability and duration.

USE: Automation
Heating

PIPES: G 3/8 - G 1

COILS: 8W - Ø 13
BDA -BDS - BSA 155°C (class F)
BDP 160°C (high temperature)
BDF 180°C (class H)
SDH 155°C (class F)
12W - Ø 13
UDA 155°C (class F)
14W - Ø 13
GDH 180°C (class H)

MOULDING AND BOBBIN ARE MADE BY 100% VIRGIN MATERIAL.

Max. allowable pressure (PS)

G 3/8 - G 1/2 20 bar
G 3/4 - G 1 16 bar

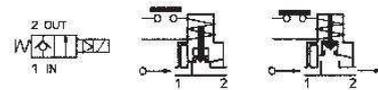
Environment temperature:

with class F or high temperature coils - 10°C + 60°C
with class H coil - 10°C + 80°C



Gaskets	Temperature		Medium
	- 10°C	+140°C	
V=FKM (fluoroelastomer)	- 10°C	+140°C	Mineral oils (2°E), gasoline gas oil
B=NBR (nitrile rubber)	- 10°C	+ 90°C	Air, inert gas, water
E=EPDM (ethylene-propylene)	- 10°C	+140°C	Water, low pressure steam

For seals other than FKM replace the letter "V" with the ones corresponding to the other seals. E.I. 21H11K0**B**120.

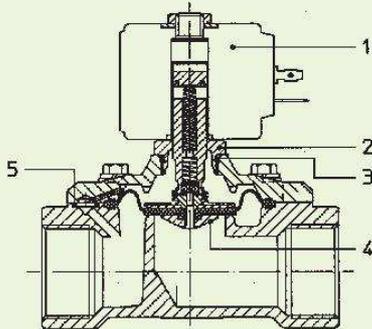
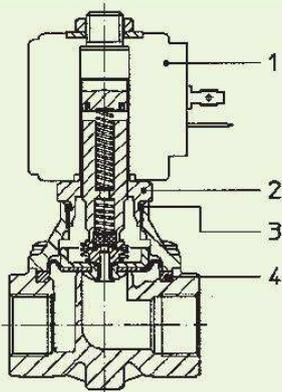


Pipe ISO 228/1	Code	Max viscosity		Ø mm	Kv (l/mn)	Power (watt)	Pressure			
		cSt	°E				min bar	M.O.P.D.		
								AC bar	DC bar	
G 3/8	21H11K0V120	12	~ 2	12	28	8	0	16	1.5	
						12		6		
						14		15		
G 1/2	21H12K0V120				19	70		8	5	-
								12	12	-
								14	15	-
G 3/4	21H13K0V190			25	95	8	5	-		
	*21H13K0V190-S					12	-	1.5		
						14	-	6		
G 1		21H14K0V250	105			8	5	-		
	12					12	-			
	14					15	-			
*21H14K0V250-S	95	12	-	1						
		14	-	6						

Note

* For DC only.

The "ODE" reserves the right to carry out technical and aesthetic modifications without prior notification.



MATERIALS:

Body Brass - UNI EN 12165 CW617N
Welded armature tube Stainless steel AISI series 300
Fixed core Stainless steel AISI series 400
Plunger Stainless steel AISI series 400
Phase displacement ring Copper - Cu 99,9%
Spring Stainless steel AISI series 300
Seal Standard: V=FKM
 On request: B=NBR E=EPDM
Orifice Brass - UNI EN 12165 CW617

On request:
Connector Pg 9 or Pg 11
Connector conformity ISO 4400

FEATURES:

Electrical conformity IEC 335
Protection degree IP 65 EN 60529 (DIN 40050)
 with coil fitted by connector.

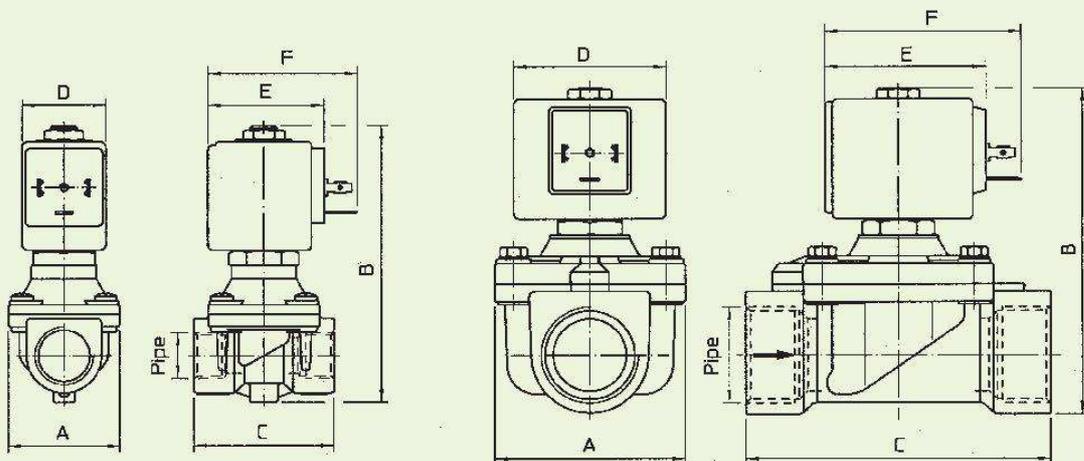
SPARE PARTS:

- 1. **Coil:**
See coils list
- 2. **Complete armature tube without gasket:**
Code R450603
- 3. **Gasket O-Ring:**
Code R990000/V
- 4. **Complete diaphragm with plunger:**
G 3/8 -G 1/2 Code R452127/V
G 3/4 -G 1 Code R452128/V
- 5. **Gasket O-Ring:**
G 3/4-G 1 Code R990002/V

MAINTENANCE KIT:

- G 3/8+G 1/2
KTGH11K0V12=4
G 3/4+G 1
KTGH13K0V19=4+5

DIMENSIONS:



Type	Pipe ISO 228/1	A mm	B mm	C mm
21H11K0V120	G 3/8	40	100	50
21H12K0V120	G 1/2			
21H13K0V190	G 3/4	65	105	104
21H14K0V250	G 1			

COIL W ---	POWER ABSORPTION		TYPE	DIMENSIONS		
	Inrush VA ~	Hold VA ~		D mm	E mm	F mm
8 W	25	14,5	B	30	42	54
			S	32		
12 W	35	25	U	36	48	60
14 W	43	27	G	52	55	67



WT170-P112

PRODUCT PORTFOLIO

SICK
Sensor Intelligence.



Illustration may differ



Ordering information

Type	Part no.
WT170-P112	6010193

Other models and accessories → www.sick.com/

Detailed technical data

Features

Sensor/detection principle	Photoelectric proximity sensor, Background suppression
Dimensions (W x H x D)	12 mm x 37 mm x 28.6 mm
Housing design (light emission)	Rectangular
Sensing range max.	10 mm ... 100 mm ¹⁾
Sensing range	10 mm ... 90 mm ¹⁾
Type of light	Visible red light
Light source	LED

¹⁾ Object with 90 % reflectance (referred to standard white, DIN 5033)

Mechanics/electronics

Supply voltage	10 V DC ... 30 V DC
Ripple	± 10 %
Power consumption	≤ 30 mA ¹⁾
Output type	PNP
Switching mode	Light/dark switching
Switching mode selector	Selectable via L/D control cable
Response time	≤ 0.7 ms ²⁾
Connection type	Cable, 2 m ³⁾
Cable material	PVC
Conductor cross-section	0.18 mm ²
Housing material	Stainless steel/ABSStainless steel
Optics material	Plastic, PC
Enclosure rating	IP 67

¹⁾ Without load.

²⁾ Signal transit time with resistive load.

³⁾ Do not bend below 0 °C.

Ambient operating temperature	-25 °C ... +55 °C
Ambient storage temperature	-40 °C ... +70 °C
UL File No.	NRNT2.E128350 & NRNT8.E128350

- 1) Without load.
- 2) Signal transit time with resistive load.
- 3) Do not bend below 0 °C.

Adjustments possible



- ② Mounting hole, Ø 3 mm with integrated M3 thread
- ⑤ Sensitivity control (potentiometer, 270°)

Connection diagram

