INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO

El Instituto Católico de la Frontera Sur

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA LA SIMULACIÓN DE UN SEMÁFORO MEDIANTE EL USO DE PLC

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

Autores: Daniel Salvador Torres Carrión; Anthony Beltran Benavides Vega; Richard Andrés Benavides Vega; José Alexander Alejandro Jumbo.

Directores: Ing. Mauricio Andrés Cueva; Mgs. Esteban Andrés Gutiérrez Novillo.

CARIAMANGA

2022

Certificación Del Proyecto

Ing. Esteban Andrés Gutiérrez Novillo

Docente del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego

CERTIFICO

El desarrollo del trabajo de titulación denominado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA LA SIMULACIÓN DE UN SEMÁFORO MEDIANTE EL USO DE PLC, se encuentra bajo mi tutoría en la figura de director, el proyecto es realizado por los siguientes estudiantes:

- Daniel Salvador Torres Carrión.
- Anthony Beltrán Benavides Vega.
- Richard Andrés Benavides Vega.
- José Alexander Alejandro Jumbo.

Como resultado se obtiene el prototipo implementado y el informe técnico del trabajo de titulación **finalizado** según la normativa interna institucional.

Cariamanga 1 de noviembre del 2022

Ing. Esteban Andrés Gutiérrez Novillo

Director del Proyecto de Titulación

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Cariamanga, 31 de octubre, de 2022

Ingenieros

Mauricio Andrés Cueva Cueva; Mgs. Esteban Andrés Gutiérrez Novillo

Coordinadores del Trabajo de Fin de Titulación.

Ciudad. -

De nuestra consideración:

El presente Trabajo de Titulación denominado: “Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico para la Simulación de un Semáforo Mediante el Uso del PLC”, realizado por José Alexander Alejandro Jumbo, Daniel Salvador Torres Carrión, Richard Andrés Benavides Vega, Anthony Beltran Benavides Vega, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, damos fe que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunicamos para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firma del Director del Trabajo de Titulación	Firma del Director del Trabajo de Titulación
Mauricio Andrés Cueva Cueva	Esteban Andrés Gutiérrez Novillo
C.I.:	C.I.: 1104080047

Declaración de autoría y cesión de derechos

Nosotros, Richard Andrés Benavides Vega, Daniel Salvador Torres Carrión, Anthony Beltran Benavides Vega, José Alexander Alejandro Jumbo, declaramos y aceptamos en forma expresa lo siguiente:

- Ser autores del Trabajo de Titulación denominado: “Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico para la Simulación de un Semáforo Mediante el Uso del PLC”, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Generalidades de Automatización, Capítulo 2. Elementos de Maniobra y Control, Capítulo 3. Logo PLC, Capítulo 4. Conceptos Generales para la Semaforización, Capítulo 5. Diseño Metodológico, Capitulo 6. Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Mauricio Andrés Cueva Cueva y Esteban Andrés Gutiérrez Novillo, directores del presente trabajo; en tal virtud, eximo expresamente al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de nuestra exclusiva responsabilidad.

- Que esta obra, producto de nuestras actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico del ISTMS, que establece: “Forman parte del patrimonio del Instituto la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) del Instituto”.

- Autorizamos al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego para que pueda hacer uso de nuestra obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de nuestro completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: .....

Autor: Anthony Beltran Benavides Vega

C.I.:1105132102

Firma: .....

Autor: José Alexander Alejandro Jumbo

C.I.: 1150771994

Firma: .....

Autor: Richard Andrés Benavides Vega

C.I.:1104685324

Firma: .....

Autor: Daniel Salvador Torres Carrión.

C.I.:1103863377

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de Titulación a todas las personas involucradas durante nuestro proceso de formación, especialmente a nuestros padres, hermanos e hijos, que, con su apoyo incondicional y sabiduría, fueron un complemento esencial para alcanzar la presente meta, propiciándonos sabios consejos y valiosas enseñanzas para nuestro desarrollo académico y personal.

Agradecimiento

Al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego y a su planta docente, por su contribución para formar profesionales de calidad, formados en valores éticos y morales.

A nuestros directores de Trabajo de Titulación, Ing. Mauricio Andrés Cueva Cueva, y Mgs. Esteban Andrés Gutiérrez Novillo, por su apoyo incondicional y el compartir sus conocimiento y experiencia, siendo guías para el desarrollo de nuestro tema.

Índice de Contenido

Certificación Del Proyecto II

Aprobación del director del Trabajo de Titulación III

Declaración de autoría y cesión de derechos IV

Dedicatoria VI

Agradecimiento VII

Índice de Contenido VIII

Resumen 1

Abstract 2

Introducción 3

OBJETIVOS 5

Objetivo general: 5

Objetivos específicos: 5

Capítulo I 6

GENERALIDADES DE AUTOMATIZACIÓN 6

1.1 Compuertas lógicas básicas. 6

1.1.1 Compuerta OR 7

1.1.2 Compuerta AND 7

1.1.3 Compuerta NOT 8

1.2 Temporizadores 8

1.2.1 Temporizador de retardo a la conexión 9

1.2.2 Temporizador de retardo a la desconexión 10

1.3 Relé 10

1.3.1 Relé térmico 11

1.3.2 Relé de pulsos 12

1.4 Automatismos 12

1.4.1 Lógica cableada 12

1.4.2 Lógica programada 13

Capítulo II 14

ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL 14

2.1 Contactor 14

2.1.1 Entradas y salidas de un contactor. 14

2.1.2 Contactos Auxiliares 15

2.2 Sensor 16

2.3 Luces piloto 16

2.3.1 Luz verde 17

2.3.2 Luz amarilla 17

2.3.3 Luz roja 18

2.4 Disyuntor 18

2.4.1 Disyuntor térmico. 19

2.4.2 Disyuntor magnético 19

2.5 Protecciones para automatización 20

2.6 Conectores 20

2.7 Pulsador 20

2.7.1 Pulsador normalmente abierto. 20

2.7.2 Pulsador normalmente cerrado. 21

Capítulo III 22

LOGO PLC 22

3.1 ¿Qué es el PLC? 22

3.2 Tipos de autómatas programables (PLC) 22

3.3 Componentes del LOGO PLC 26

3.4 Bloques internos del PLC 27

3.4.1 La sección de entradas 27

3.4.2 Unidad central de procesos (CPU) 27

3.4.3 La sección de salidas 27

3.5 Entradas y salidas del PLC 28

3.5.1 Entrada digital 29

3.5.2 Entrada analógica 29

3.5.3 Salida analógica 30

3.6 Protecciones para PLC 30

3.7 Programación de PLC 30

3.7.1 Borne 30

3.7.2 Bloque 31

3.8 Entradas del PLC 31

3.9 Salidas del PLC 31

3.10 Marcas 32

3.11 Funciones básicas del PLC 32

3.11.1 Funciones especiales 33

3.11.2 Reposicionamiento o reset (R) 34

3.11.3 Retardo a la conexión 34

3.11.4 Retardo a la Desconexión 35

3.11.5 Relé de impulsos 36

3.11.6 Relé auto enclavador o de parada automática (RS) 37

3.11.7 Retardo a la conexión con memoria 38

3.11.8 Relé disipador – Salida de impulsos 38

3.12 LOGO!Soft Comfort 39

Capítulo IV 40

CONCEPTOS GENERALES PARA LA SEMAFORIZACIÓN 40

4.1 Automatización 40

4.2 Tablero didáctico 40

4.3 Semáforo 40

4.3.1 Clasificación 41

4.3.2 Elementos que componen un semáforo 41

4.4 Circuito eléctrico 43

Capítulo V 45

MATERIALES Y METODOS 45

5.1 Materiales 45

5.2 Métodos 47

5.2.1 Diseño mediante el software ingenieril Logo Soft Comfort V8.3 47

5.2.2 Método para el dimensionamiento del circuito eléctrico. 47

5.3 Ley de ohm 48

5.3.1 Voltaje 48

5.3.2 Corriente 48

5.3.3 Resistencia 49

5.4 Potencia 49

5.5 Consumo mensual 50

5.6 Álgebra de Boole 50

5.6.1 Adición. 50

5.6.2 Producto. 51

5.6.3 Complementación. 51

5.6.4 Dimensionamiento del circuito eléctrico 51

5.6.5 Programación del Siemens LOGO 8 – 230RC. 52

5.6.6 Pruebas de simulación. 53

5.6.7 Montaje del tablero didáctico de semaforización. 53

Capítulo VI 54

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54

6.1 Resultados obtenidos 54

6.1.1 Diseño mediante el software LOGO Soft Comfort V8.3 54

6.1.2 Programación del LOGO 62

6.1.3 Pruebas de simulación 65

6.1.4 Dimensionamiento del sistema 66

6.1.5 Implementación del tablero didáctico de semaforización 67

6.2 Discusión de resultados 70

6.3 Presupuesto para el desarrollo del proyecto 72

Conclusiones 77

Recomendaciones 80

Referencias 82

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de valor de relé auto enclavador. 37

Tabla 2. Calibres y características de conductores eléctricos 52

Tabla 3. Cargas totales de los componentes del sistema de semaforización. 66

Tabla 4. Presupuesto para el proyecto, costo de componentes de la estructura. 73

Tabla 5. Costo de las Luces del Semáforo..... 74

Tabla 6. Costo de Componentes para el tablero didáctico 75

Índice de Figuras

Figura 1. Compuerta OR 7

Figura 2. Compuerta AND 8

Figura 3. Compuerta NOT 8

Figura 4. Temporizadores electromecánicos / electrónicos 9

Figura 5. *Esquema de temporizador de retardo a la conexión* 9

Figura 6. Simbología y diagrama de temporizador de retardo a la desconexión 10

Figura 7. Estructura interna de un relé 11

Figura 8. Estructura interna del relé térmico**.** 11

Figura 9. Simbología de relé generador de pulsos. 12

Figura 10. Simbología del contactor. 14

Figura 11. Simbología del contacto auxiliar NA. 15

Figura 12. Simbología del contacto auxiliar NC. 16

Figura 13. Simbología de luz piloto. 16

Figura 14. Luz piloto Verde 17

Figura 15. Luz piloto amarillo 17

Figura 16. *Luz piloto Rojo* 18

Figura 17. Simbología del Disyuntor 18

Figura 18. Disyuntor bipolar 19

Figura 19. *Pulsador tecla resaltante* 20

Figura 20. Pulsador normalmente abierto 21

Figura 21. Pulsador normalmente cerrado 21

Figura 22. PLC Zelio Logic Compacto 22

Figura 23. PLC TWIDO 23

Figura 24. *PLC OMRON* 24

Figura 25. *Partes del SIEMENS S7-200* 25

Figura 26. *PLC Siemens LOGO! 230RC* 26

Figura 27. *Estructura de LOGO!* 26

Figura 28. *Estructura de bloque en LOGO.* 28

Figura 29. Entradas y salidas del PLC 29

Figura 30. Funciones básicas 32

Figura 31. *Funciones Especiales* 33

Figura 32. Funciones Especiales. 34

Figura 33. Retardo a la conexión 35

Figura 34. Retardo a la Desconexión 36

Figura 35. Relé de impulsos 36

Figura 36. Relé Auto enclavador 37

Figura 37. Retardo a la conexión con memoria 38

Figura 38. Relé disipador 39

Figura 39. Módulo Semafórico 42

Figura 40. Partes de un circuito básico 44

Figura 41. Bloques de programación en LOGO Soft Comfort V8.3 47

Figura 42. Representación lógica mediante contacto "OR" 50

Figura 43. Representación lógica mediante contacto "AND" 51

Figura 44. Representación lógica mediante contacto "NOT" 51

Figura 45. Diagrama Multifilar y Croquis del tablero de semaforización 53

Figura 46. Entradas Digitales en Logo SOFT Comfort V8.3 54

Figura 47. Programación de la luz roja 55

Figura 48. Prueba de programación de la luz roja 56

Figura 49. Prueba de programación de la luz verde 57

Figura 50. Programación de las 3 ramas 58

Figura 51. Primera compilación del programa, encendido Q1 58

Figura 52. Primera compilación del programa, encendido Q2 59

Figura 53. Primera compilación del programa, encendido Q3 59

Figura 54. Programación del bucle de ciclos para el programa. 60

Figura 55. Programa final del semáforo. 62

Figura 56. Pestaña de carga de PC-LOGO! 63

Figura 57. Ventana de emparejamiento de PC-LOGO mediante IP. 63

Figura 58. Verificación de correcta compatibilidad. 64

Figura 59. Subida del archivo a PLC. 64

Figura 60. Conexión de entradas del PLC 84

Figura 61. Conexión de salidas del PLC 84

Figura 62. Prueba de simulación con luces piloto 85

Figura 63. Prueba de simulación con luces piloto 85

Figura 64. Medidas de los tubos. 86

Figura 65. Soldada de los tubos 86

Figura 66. Armazón del marco. 87

Figura 67. Estructura del tablero terminada. 87

Figura 68. Medición y corte de los tubos. 88

Figura 69. Soldada de los tubos 88

Figura 70. Armado de la estructura. 89

Figura 71. Poste del semáforo finalizado. 89

Figura 72. Inicio del pintado del toll agujerado. 90

Figura 73. Toll agujerado pintado. 90

Figura 74. Montado de los componentes sobre el toll agujerado. 91

Figura 75. Tablero de semaforización montado. 91

Figura 76. Inicio del cableado del tablero. 92

Figura 77. Finalización del cableado para el tablero didáctico. 92

Figura 78. Instalación del semáforo al tablero didáctico. 93

Figura 79. Tablero didáctico de semaforización terminado. 93

Resumen

Teniendo en cuenta el avance tecnológico para el control de tránsito vehicular, se diseña e implementa un prototipo de control automatizado, que permite programar los tiempos de encendido y apagado del semáforo, con la finalidad de investigar y desarrollar un sistema de semaforización, permitiendo interactuar con dispositivos físicos mediante un tablero didáctico.

Este sistema está constituido por un PLC Siemens LOGO 230RC (AC/DC 115 V - 240 V, INPUT: 8 x AC/DC, OUTPUT: 4 x RELAY/ 10 A), accionado mediante tres pulsadores que son las variables de entrada, el primer pulsador realiza el inicio del PLC, el segundo pulsador permite detener el PLC y el tercer pulsador permite habilitar el paso peatonal cuando el operador lo necesite. La programación del controlador está diseñada en el software ingenieril LOGO!Soft Comfort V8.3, mediante diagrama de bloques, donde se utiliza constantes digitales (entradas, salidas y marcas), funciones generales (compuertas lógicas) y funciones especiales (temporizadores y otros). Realizada la programación digital, se inicia el proceso de ensamblaje de los dispositivos en el tablero didáctico, a continuación, se efectúa las pruebas pertinentes según sea cada caso, obteniendo como resultado un sistema funcional base, siendo una herramienta óptima para el aprendizaje y desarrollo académico.

*Palabras claves***:** PLC, programación, semáforo, automatización, control, peatón, vehicular.

Abstract

Considering the technological advance for vehicular traffic control, it has been designed and implemented an automated control prototype, which allows programming the duration times in the process of turning on and off the traffic light, to investigate and develop a traffic light system, allowing interaction with physical devices through a didactic board.

This system consists of a PLC Siemens LOGO 230RC (AC/DC 115 V - 240 V, INPUT: 8 x AC/DC, OUTPUT: 4 x RELAY/ 10 A), driven by three push buttons that are the input variables, the first push-button starts the PLC, the second push button allows to stop the PLC, and the third push button allows to enable the crosswalk when the operator needs it. The programming of the controller is designed in the engineering software LOGO!Soft Comfort V8.3, employing a block diagram, using digital constants (inputs, outputs, and marks), general functions (logic gates), and special functions (timers and others). The digital programming and the assembling of the devices in the didactic board begins, and the pertinent tests are carried out according to each case, obtaining a functional base system, which is an optimal tool for learning and academic development.

Key words: PLC, programming, traffic light, automation, control, vehicle, crosswalk

Introducción

El proyecto de titulación es orientado al desarrollo de un tablero didáctico para un sistema automatizado de semaforización, mediante la programación de un autómata que permite el control y ejecución del proceso de encendido y apagado en forma continua de las luces del semáforo.

La problemática se enfoca al déficit de un sistema automatizado para la semaforización del flujo vehicular y de peatones. Por este motivo se ha diseñado e implementado un prototipo de semaforización, orientado al desarrollo de posibles soluciones para la optimización del sistema diseñado. Actualmente, en los laboratorios de Electricidad del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, no cuenta con un sistema de esta categoría, que contribuya a la formación académica e investigación científica.

Este prototipo es realizado en base a un control lógico programable (PLC), su función es controlar el tiempo de cambio de estado del semáforo, implementando tres variables de entrada que permiten las funciones de: pulsador de inicio (I1), pulsador de paro (I2) y pulsador peatonal (I3). La programación del PLC se efectúa en el software ingenieril LOGO!Soft Comfort V8.3 por medio de diagramas de bloques, en donde se utiliza funciones especiales (relé auto enclavador, retardo a la conexión, retardo a la desconexión, etc.), funciones generales (compuerta OR,NOT, etc.) y constantes digitales (entradas, salidas, marcas, etc.).

El documento en su revisión bibliográfica aporta con información esencial para la compresión del proyecto, iniciando con las generalidades de la automatización en el capítulo uno, donde se describe sobre las compuertas lógicas, temporizadores, relés y automatismos. En el capítulo dos se detalla acerca de los elementos de maniobra y control como: Contactor, sensor, luces piloto, disyuntores, protecciones para automatización, conectores y pulsadores.

Siendo un sistema automatizado que utiliza un PLC, es importante tener información sobre las generalidades del componente, en el capítulo tres se presenta información acerca de ¿Qué es el PLC?, tipos, componentes, bloques internos, protecciones, entradas y salidas, y programación del PLC. En el capítulo cuatro se menciona las generalidades de sistemas de semaforización, en este apartado se detallan conceptos relacionados a los semáforos con sus elementos, tableros didácticos y circuito eléctrico.

En el capítulo cinco se describen los materiales y el diseño, donde se analiza los componentes que se implementan en el sistema, así como el boceto del tablero didáctico. A través de la información obtenida del datasheet de cada uno de los componentes se obtiene la potencia de consumo de cada uno de los dispositivos, con el objetivo de calcular las protecciones y conductores que se implementan en el presente proyecto, adicionalmente se describe el método a realizar para la programación del PLC. En el último capítulo se encuentran los resultados y discusiones, donde se detalla los cálculos obtenidos de todo el sistema, el proceso de armado e instalación de los componentes que forman el tablero didáctico de semaforización, la programación, los inconvenientes que surgieron durante el desarrollo del proyecto y el presupuesto destinado para el sistema.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones que se obtienen en el desarrollo del trabajo de titulación.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Diseñar y construir un tablero didáctico aplicado a un semáforo controlado mediante el uso de un módulo PLC, por medio de la implementación de un algoritmo en el Software LOGO!Soft Comfort V8.3, con la finalidad de realizar un prototipo funcional, que permita el estudio, desarrollo y optimización de procesos.

Objetivos específicos:

- Investigar acerca de los componentes que conforma el tablero didáctico, para conocer sobre sus principales características y aplicaciones.
- Realizar el diseño y programación del semáforo en el software LOGO Soft Comfort V8.3.
- Efectuar pruebas de simulación en el software LOGO Soft Comfort V8.3.
- Ensamblar cada uno de los elementos a utilizar en el sistema de semaforización.
- Verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

Capítulo I

GENERALIDADES DE AUTOMATIZACIÓN

Hoy en día la Automatización industrial ha otorgado grandes avances en las últimas décadas, con la evolución tecnológica se desarrollan estructuras más eficientes y con nuevas aplicaciones, con este avance se ha disminuido los tiempos para la realización de ciclos de trabajos en los procesos de automatización. (Moreno, 2004, p. XXI)

La automatización es la sustitución de la intervención del ser humano en técnicas convencionales a través de la implementación de sistemas de control programables, aplicado a diferentes procesos ya sean residenciales, comerciales o industriales, permitiendo que sean independientes de manera parcial o total. Gracias a la automatización los sistemas son capaces de cumplir ciclos de trabajos y estos pueden ser de manera temporal o indefinida, según sea el proceso que se desea controlar.

La automatización es considerada como ciclo programado y de ciclo fijo, el ciclo programado se utiliza para la elaboración de diferentes procesos a la vez, mientras que el ciclo fijo solo realiza un trabajo de manera indefinida. (Nistal, 2002, p. 2)

Para el desarrollo de un semáforo se utiliza la automatización de ciclo fijo, donde es necesario él estudio acerca de las compuertas lógicas, temporizadores, relés y PLC, los que soportan el bloque de programación, es importante conocer todas sus entradas y salidas.

1.1 Compuertas lógicas básicas.

Compuertas lógicas o circuitos lógicos, nombradas así porque son estructuradas en base al algebra Booleana. Para la implementación de compuertas lógicas, es necesario

conocer sobre el sistema binario que se encuentra orientado a dos únicos estados: Bajo (0) y Alto (1). (Nistal, 2002, p. 8)

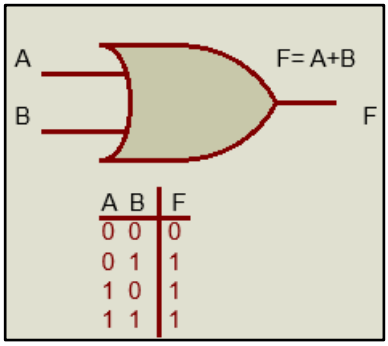
1.1.1 Compuerta OR

La compuerta OR está diseñada por dos o más entradas y una salida. En la expresión de Boole la compuerta OR se comporta como una suma. (Nistal, 2002, p. 8)

A continuación, en la figura 1 se describe el símbolo y el comportamiento de la compuerta OR descrito en la tabla de verdad.

Figura *1.*

Compuerta OR



Nota: se muestra la expresión de Boole de una compuerta OR y su simbología normalizada.

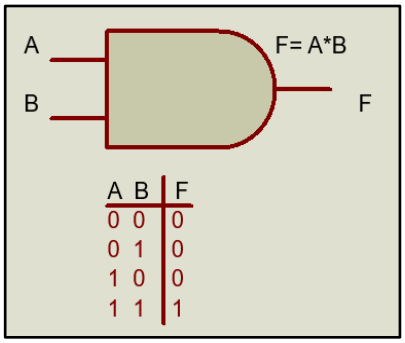
1.1.2 Compuerta AND

La compuerta AND está diseñada por dos o más entradas y una salida. En la expresión de Boole la compuerta AND se comporta como una multiplicación. (Nistal, 2002, p. 9)

A continuación, en la figura 2 se describe el símbolo y el comportamiento de la compuerta AND descrito en la tabla de verdad.

Figura 2.

Compuerta AND



Nota: se muestra la expresión de Boole de una compuerta AND y su simbología normalizada.

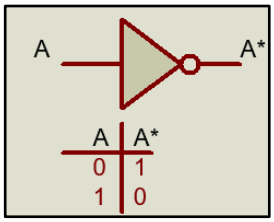
1.1.3 Compuerta NOT

La compuerta NOT está diseñada por una entrada y una salida. En la expresión de Boole la compuerta NOT se comporta como una negación. (Nistal, 2002, p. 9)

A continuación, en la figura 3 se describe el símbolo y el comportamiento de la compuerta NOT descrito en la tabla de verdad.

Figura 3.

Compuerta NOT



Nota: se muestra la expresión de Boole de una compuerta NOT y su simbología normalizada.

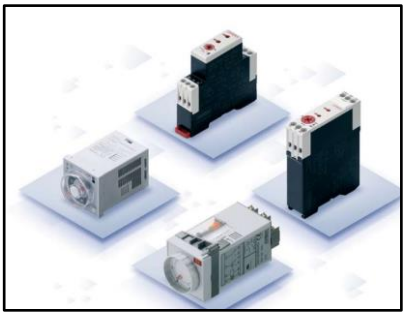
1.2 Temporizadores

El temporizador es un dispositivo que funciona con un reloj y un relé, permite configurar el tiempo de conexión y desconexión de una carga, son aplicados según la

pertinencia del sistema diseñado. Se presentan dos tipos de temporizadores: electromecánicos y electrónicos, figura 4. (Nistal, 2002, p. 21)

Figura 4.

Temporizadores electromecánicos / electrónicos



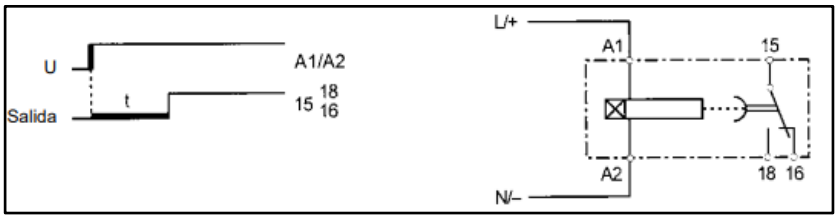
Nota: Adaptado de Saia®, 2007/2008, p. 7.

1.2.1 Temporizador de retardo a la conexión

Es un temporizador que activa los contactos después de un tiempo programado, en la figura 5 se describe la simbología y la conexión de un temporizador de retardo a la conexión. Cuando se aplica una tensión en (U - entrada) y transcurrido el tiempo de retardo, el relé se ubica en la posición de trabajo. (Nistal, 2002, p. 21)

Figura 5.

Esquema de temporizador de retardo a la conexión



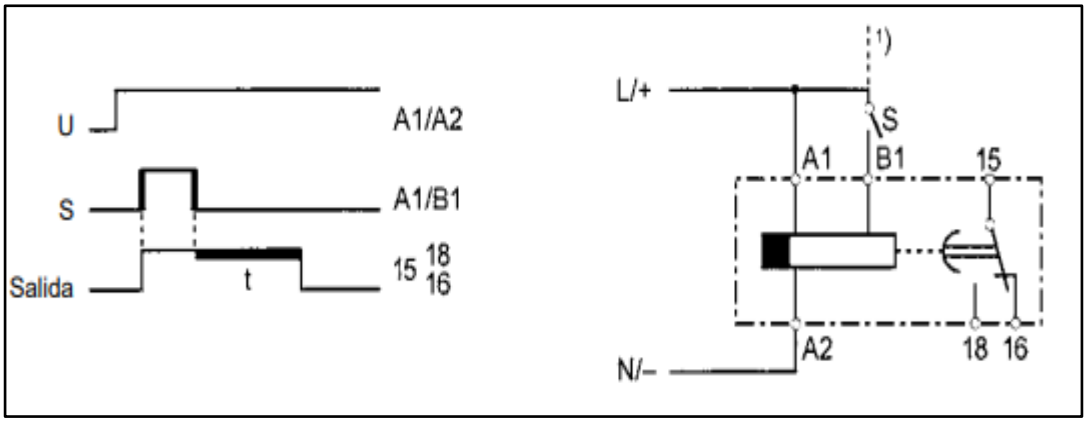
Nota: Adaptado de Saia®, 2007/2008, p. 11.

1.2.2 Temporizador de retardo a la desconexión

Es un temporizador que desactiva los contactos después de un tiempo programado. En la figura 6 se describe la simbología y la conexión de un temporizador de retardo a la desconexión. Cuando se aplica una tensión en (U - entrada) y transcurrido el tiempo de retardo, el relé se desconecta de la posición de trabajo. (Nistal, 2002, p. 21)

Figura 6.

Simbología y diagrama de temporizador de retardo a la desconexión



Nota: Adapatado de Saia®, 2007/2008, p. 11.

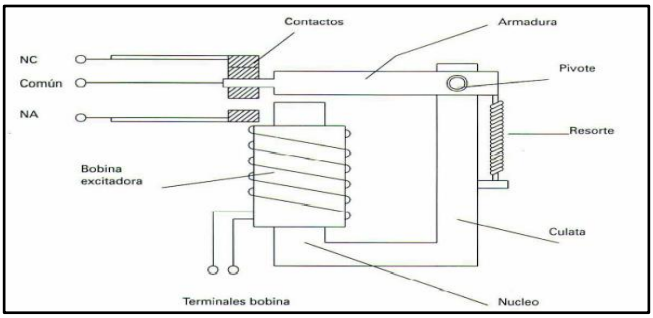
1.3 Relé

Un relé se compone de contactos y una bobina, cuando se aplica una tensión a la bobina esta se magnetiza permitiendo el cambio de posición, es decir, los contactos que se encuentran cerrados se abren y los contactos que se encuentran abiertos se cierran.

En la figura 7 se observa la estructura interna de un relé; donde se visualiza las entradas de tensión para las bobinas, las salidas del relé se conectan según como se desee controlar la carga. Al aplicar tensión a la bobina esta cambia la posición de las salidas del relé. (Nistal, 2002, p. 18)

Figura 7.

Estructura interna de un relé



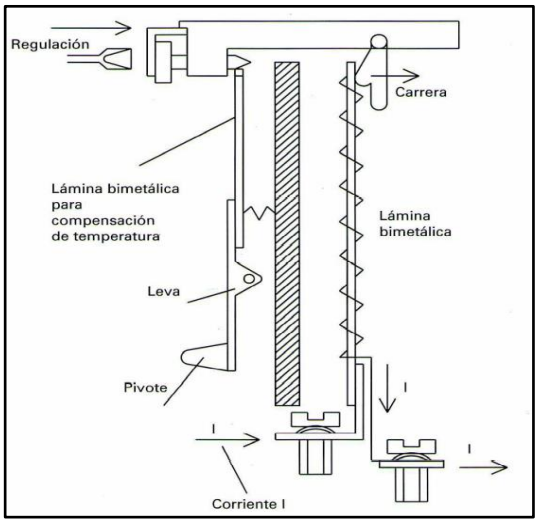
Nota: Adaptado de Nistal, 2002, p. 18.

1.3.1 Relé térmico

El relé térmico es un dispositivo eléctrico utilizado para la protección de un sistema trifásico, bifásico y monofásico. Funciona cuando sus terminales detectan sobrecalentamiento generado por sobrecarga o corto circuito, sus contactos sufren una deformación provocando la desconexión total del sistema, figura 8. (Nistal, 2002, p. 35)

Figura 8.

Estructura interna del relé térmico.



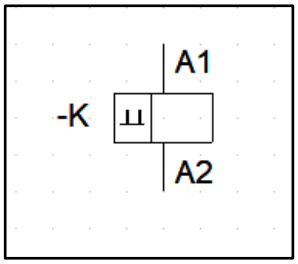
Nota: Adaptado de Nistal, 2002, p. 35.

1.3.2 Relé de pulsos

Estos relés son mayormente requeridos cuándo se desea controlar el tiempo de conexión y desconexión de una carga. Generalmente en la industria se los utiliza para realizar procesos repetitivos, donde es necesario contabilizar los ciclos realizados para determinar el número de ciclos determinados, figura 9. (My Robotronik, 2021)

Figura 9.

Simbología de relé generador de pulsos.



Nota: Imagen realizada por los autores.

1.4 Automatismos

Son procesos técnicos de control que se implementan para realizar un trabajo con la presencia parcial o nula de un operario. (Viloria, 2006, p. 13) En función de la tecnología que se emplea se presenta las siguientes consideraciones:

1.4.1 Lógica cableada

La lógica cableada es implementada para diseñar automatismos con circuitos cableados, donde se utiliza los siguientes componentes: Contactos auxiliares, contactores, relés (temporizados, de protección y mecánicos), entre otros. Este sistema permite incluir las funciones de instrucción, control, señalización, protección y potencia. (Chávez, 2018, p. 3)

En la lógica cableada los elementos pueden ser eléctricos, neumáticos, electromagnéticos o hidráulicos.

1.4.2 Lógica programada

Se implementa los dispositivos lógicos programables como el PLC (Programmable Logic Controller), microcontroladores y ordenadores. (Viloria, 2006, p. 15)

En estos sistemas se diseña un algoritmo que ejecuta un proceso de control realizado por el programador.

Capítulo II

ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL

Para los procesos de automatización es posible utilizar dos alternativas de control e interacción, con la presencia de un operador para que administre un determinado sistema y sin la presencia de un operador donde el sistema actúa de manera automática.

2.1 Contactor

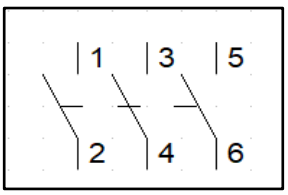
Los contactores son similares a un relé, se diferencian por estar construidos con un diseño más robusto para soportar grandes tensiones y corrientes. Se utilizan para la automatización eléctrica y electrónica. En la figura 11, se muestra la simbología de un contactor en donde los pines 1, 3, 5 son entradas y los pines 2, 4, 6 son las salidas. (Nistal, 2002, p. 18)

2.1.1 Entradas y salidas de un contactor.

Los contactores están diseñados con entradas y salidas de fuerza, los cuales permiten el corte y paso de la energía eléctrica, los terminales. En la figura 10 se detalla la simbología del contactor.

Figura 10.

Simbología del contactor.



Nota: Realizado por los autores.

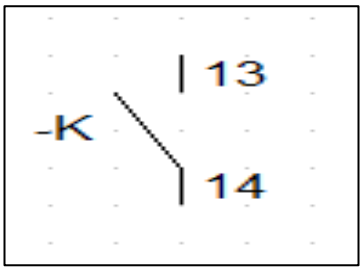
2.1.2 Contactos Auxiliares

Los contactos auxiliares permiten el control de procesos de acuerdo a su conexión al momento de utilizar el contactor. Los contactos auxiliares son los siguientes:

- **Contacto normalmente abierto (NA):** Se encuentra por naturaleza abierto, impidiendo el flujo de tensión, la función principal es, cuando el contacto se cierra mantiene el enclavamiento y la bobina energizada, figura 11. Generalmente su entrada y salida se etiquetan con 13 – 14, del contactor EBASEE.

Figura 11.

Simbología del contacto auxiliar NA.



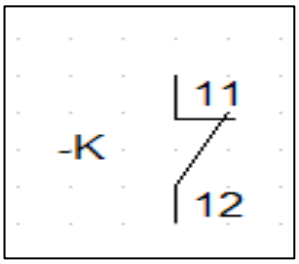
Nota: Realizado por los autores.

- **Contacto normalmente cerrado (NC):** Se encuentra por naturaleza cerrado, permitiendo el flujo de tensión, su función depende del esquema de conexión, cuando el contacto se abre corta el flujo de energía. Generalmente su entrada y salida se etiquetan con 11 – 12, del contactor EBASEE

En la figura 12, se detalla la simbología del contacto normalmente cerrado.

Figura 12.

Simbología del contacto auxiliar NC.



Nota: Realizado por los autores.

2.2 Sensor

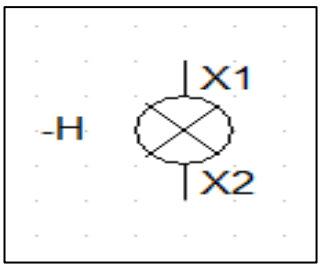
Un sensor es un receptor de información del entorno, su incorporación en los sistemas eléctricos ha generado grandes avances en los procesos de automatización, permitiendo la construcción de sistemas más precisos y potentes. (Antonio Serna Ruiz, 2010, p. 3)

2.3 Luces piloto

Son elementos de señalización, las normas IEC 60204-1 establece el código de colores para las luces piloto (Rojo, Verde, Amarillo, Azul, etc.). Las luces piloto entregan información visual del estado de un determinado sistema, figura 13. (AENOR, 1997, p. 51)

Figura 13.

Simbología de luz piloto.



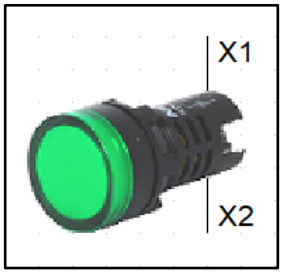
Nota: Realizado por los autores.

2.3.1 Luz verde

Entrega información del adecuado funcionamiento de un sistema, es un indicativo de una determinada tarea en condiciones normales realizada a través de un operador o de un control automático, figura 14. (AENOR, 1997, p. 51)

Figura 14.

Luz piloto Verde



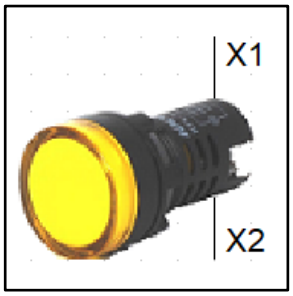
Nota: Realizado por los autores.

2.3.2 Luz amarilla

Entrega información visual de posibles anomalías que se producen en una determinada tarea, por ejemplo, condiciones críticas amenazantes a un determinado proceso, figura 15 (AENOR, 1997, p. 51)

Figura 15.

Luz piloto amarillo



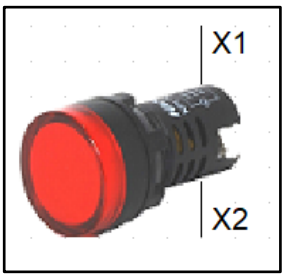
*Nota***:** Realizada por los autores.

2.3.3 Luz roja

Entrega información visual informando que el sistema se encuentra en reposo o paro de emergencia, figura 16. (AENOR, 1997, p. 51)

Figura 16.

Luz piloto Rojo



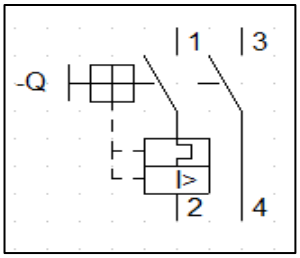
Nota: Realizada por los autores

2.4 Disyuntor

Es un dispositivo de protección para sistemas eléctricos en contra de sobrecargas y cortocircuitos. En los disyuntores se presentan dos tipos de mecanismos de disparo: Magnético y Térmico, figura 17.

Figura 17.

Simbología del Disyuntor



Nota: Realizada por los autores

2.4.1 Disyuntor térmico.

Son implementados para niveles de corrientes de motores pequeños, cargadores de baterías y circuitos domésticos, el disyuntor térmico se reposiciona de forma automática o manual. En la reposición automática el disyuntor tarda el tiempo necesario para que se enfrié el filamento interno de protección. (Fowler, 1994)

2.4.2 Disyuntor magnético

Su funcionamiento es similar al disyuntor térmico, al detectar un mayor flujo de energía (cortocircuito y sobrecarga), el electroimán interrumpe el flujo de corriente abriendo el dispositivo, figura 18. (Fowler, 1994, p. 89)

Figura 18.

Disyuntor bipolar

Nota: Adaptado de (Shneider electric)

2.5 Protecciones para automatización

Son dispositivos eléctricos y electrónicos como: Sensores, módulos lógicos y actuadores que detectan cualquier funcionamiento anormal de las operaciones en cualquier sistema, brindando seguridad tanto al usuario como a los elementos de control.

2.6 Conectores

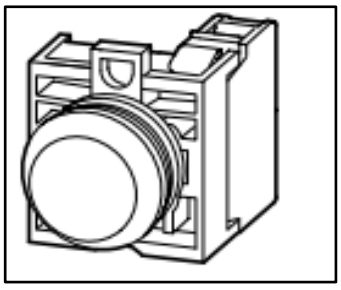
En la unión entre cables y dispositivos, los conectores permiten la conexión de circuitos, pueden ser usados de forma temporal o indefinida. (Juan Carlos Martín Castillo, 2019, p. 277)

2.7 Pulsador

El accionamiento es mecánico con un resorte permitiendo que regrese a su estado de reposo, figura 19.

Figura 19.

Pulsador tecla resaltante



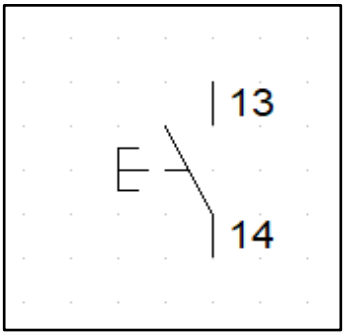
Nota: Adaptado de Catálogo mando y señalización, 2017, p. 22.

2.7.1 Pulsador normalmente abierto.

En un pulsador normalmente abierto, al momento de presionarse los contactos que están normalmente abiertos se cierran, figura 20.

Figura 20.

Pulsador normalmente abierto



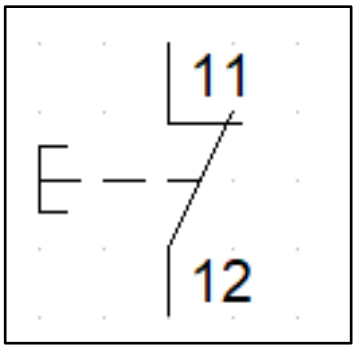
Nota: Realizado por los autores

2.7.2 Pulsador normalmente cerrado.

En un pulsador normalmente cerrado, al momento de presionarse los contactos que están normalmente cerrados se abren, figura 21.

Figura 21.

Pulsador normalmente cerrado



Nota: Realizado por los autores

Capítulo III

LOGO PLC

3.1 ¿Qué es el PLC?

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un instrumento electrónico, permite controlar procesos secuenciales en tiempo real. Este dispositivo efectúa diferentes funciones lógicas tales como: series, paralelos, temporizadores, cuentas, cálculos, regulaciones, entre otras. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

3.2 Tipos de autómatas programables (PLC)

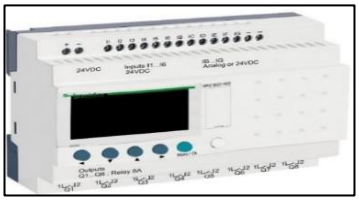
Existen diferentes tipos de autómatas programables, principalmente para permitir que el usuario seleccione el mejor equipo según sus necesidades, a continuación, se presentan los siguientes:

3.2.1.1 Telemecanique Zelio Logic:

Este PLC es implementado para sistemas pequeños de automatización. Está diseñado con un relé inteligente de tamaño reducido, su lenguaje de programación es Ladder y FDB, figura 22. (Perez, 2008)

Figura 22.

PLC Zelio Logic Compacto



Nota: Adaptado de ZELIO LOGIC TELEMECANIQUE SCHNEIDER.

3.2.1.2 Twido

Este PLC es utilizado para la automatización de máquinas eléctricas pequeñas e instalaciones industriales. Una de sus principales características es que gracias a su tamaño pequeño permite optimizar el espacio en los tableros de control, Twido ofrece una variedad de funciones debido a su extensión de entradas, salidas y controladores, permitiendo realizar eficientemente el cableado. Se puede distinguir: conectores de resorte, borneras y módulos de pre cableado llamados Twidos, figura 23. (Perez, 2008)

Figura 23.

PLC TWIDO

Nota: Adaptado de Manual TWIDO SCHNEIDER ELECTRIC, p.7

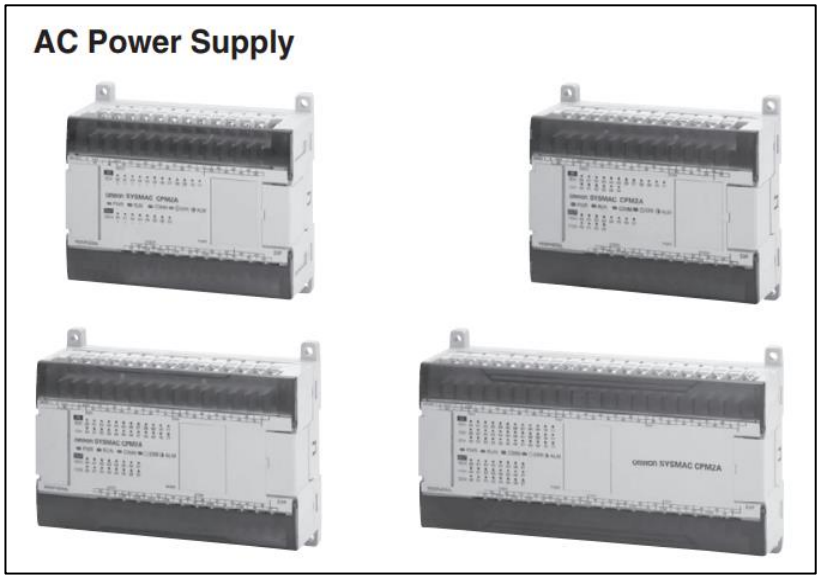
3.2.1.3 PLC OMRON CPM2A

Trabaja con una interfaz RS-232, permite la interconexión de terminales y facilita realizar el monitoreo de las cargas controladas. Este tipo de PLC entrega al operario la posibilidad de realizar el mantenimiento de los bloques de terminales utilizados, los mismos

que son extraíbles y funcionan como expansores de entradas y salidas, figura 24. (Perez, 2008)

Figura 24.

PLC OMRON



Nota: Adaptado de OMRON Compact PLC, p.59

3.2.1.4 SIEMENS

La empresa constructora de estos equipos ofrece una gran variedad de PLC, cada uno es diseñado según las características del proceso que se requiera controlar. Entre los diferentes modelos de Siemens se describen el S7-200 y el LOGO. (Perez, 2008)

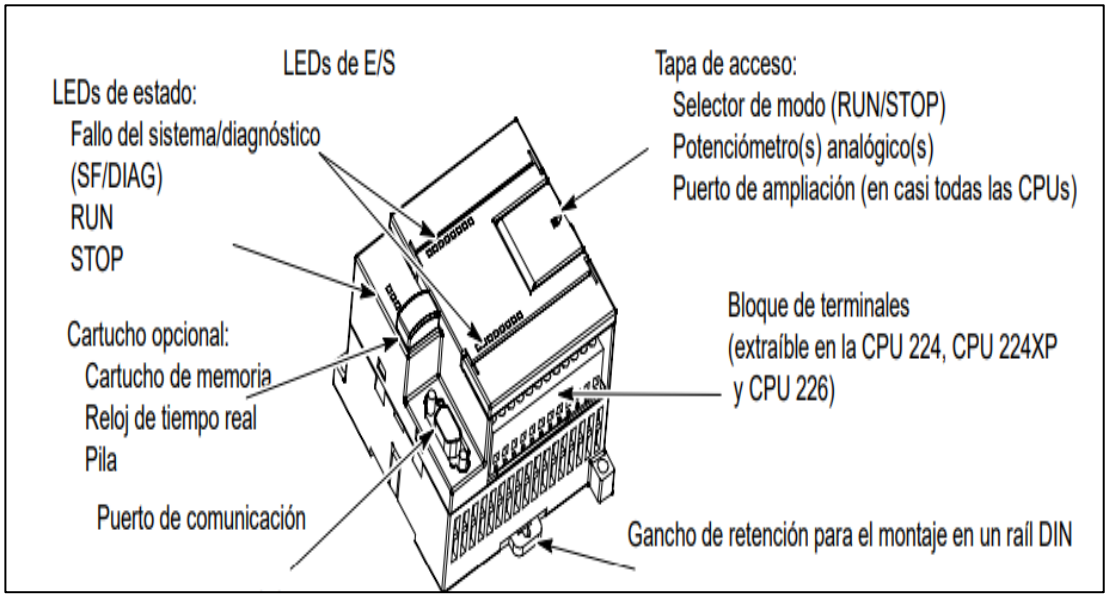
3.2.1.4.1 PLC SIEMENS S7-200

Diseñado con la CPU S7-200, este controlador lógico cambia el estado de sus salidas dependiendo de su programación, el método de programación es a través del algebra de

Boole, incluye operaciones lógicas, temporizadores y operaciones complejas como la conexión y comunicación con otros dispositivos inteligentes. (Siemens AG, 1996).

Figura 25.

Partes del SIEMENS S7-200



Nota: Adaptado de Manual del sistema de automatización S7-200, p.2

3.2.1.4.2 SIEMENS LOGO

Conocido como módulo lógico universal de Siemens, permite el control, operación, visualización, uso de reloj temporizador, marcas binarias, funciones básicas y especiales, etc. Al igual que Siemens S7-200, la programación del LOGO se realiza con operaciones lógicas booleanas y por bloques, además, permite realizar funciones especiales como retardo a la conexión y retardo a la desconexión. LOGO es implementado en instalaciones eléctricas básicas (control de puertas, alumbrado de escaleras, instalaciones de ventilación, etc.) como también en controles especiales como invernaderos e invernáculos, figura 26. (Siemens AG, 1996)

Figura 26.

PLC Siemens LOGO! 230RC

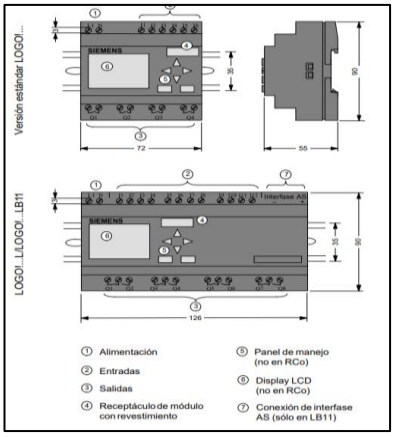
Nota: Adaptado de: A945 Sterownik PLC SIEMENS LOGO 8 230RCE - 8636790644 - oficjalne archiwum Allegro)

3.3 Componentes del LOGO PLC

Los controladores booleanos o lógicos se consideran elementos maestros desde el punto de vista del usuario que los usará y administrará. En la figura 27, se observa la estructura externa del LOGO PLC.

Figura 27.

Estructura de LOGO!



Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996, Pág. 3

Para el desarrollo del presente proyecto, se implementa el PLC SIEMENS LOGO 230 RC que ofrece una interfaz más eficiente al momento de interpretar y realizar la programación.

3.4 Bloques internos del PLC

En este apartado, se describe la estructura completa del controlador lógico programable, es decir, las partes ordenadas, el montaje físico, sus materiales, las funciones y procesos de cada uno de los bloques utilizados. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

Los PLC se encuentran compuestos por 3 bloques:

3.4.1 La sección de entradas

Mediante la implementación de sensores o pulsadores, se envía al CPU una señal para su interpretación. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

3.4.2 Unidad central de procesos (CPU)

Es el sistema que interpreta las instrucciones del programa de usuario, dependiendo del valor de entrada, activa la salida deseada. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

3.4.3 La sección de salidas

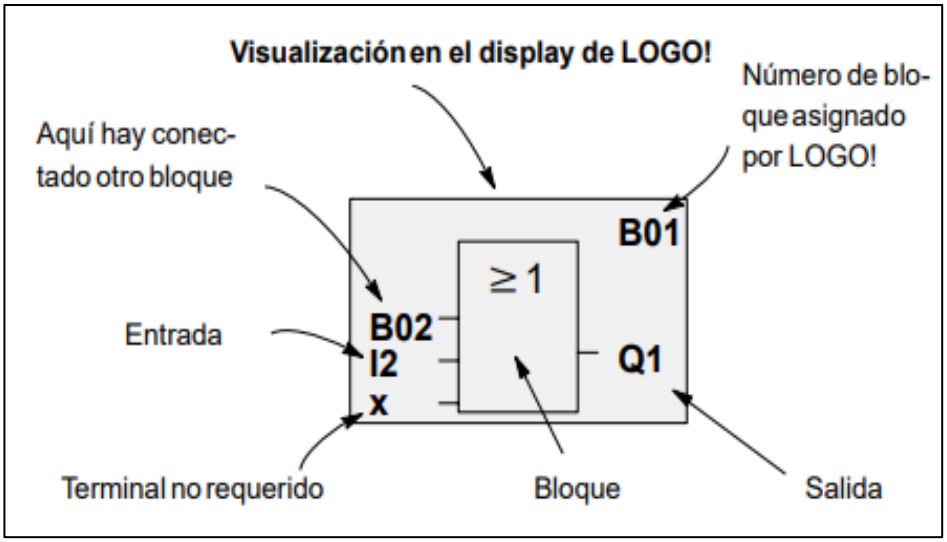
Decodifica las señales provenientes de la CPU, las amplifica y las envía a dispositivos de salida como actuadores, luces, relés, contactores, arrancadores, cilindros, etc. Además, tiene interfaces para adaptar la salida y proteger los circuitos internos. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

En LOGO, un bloque constituye una función, transformando señales de entrada en señales de salida. Los bloques permiten evitar la lógica cableada y optimizar recursos, en la programación se enlaza los bornes con los bloques. (Siemens AG, 1996)

En la figura 28 se visualiza un bloque de programación del LOGO PLC.

Figura 28.

Estructura de bloque en LOGO.



Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996, p. 27

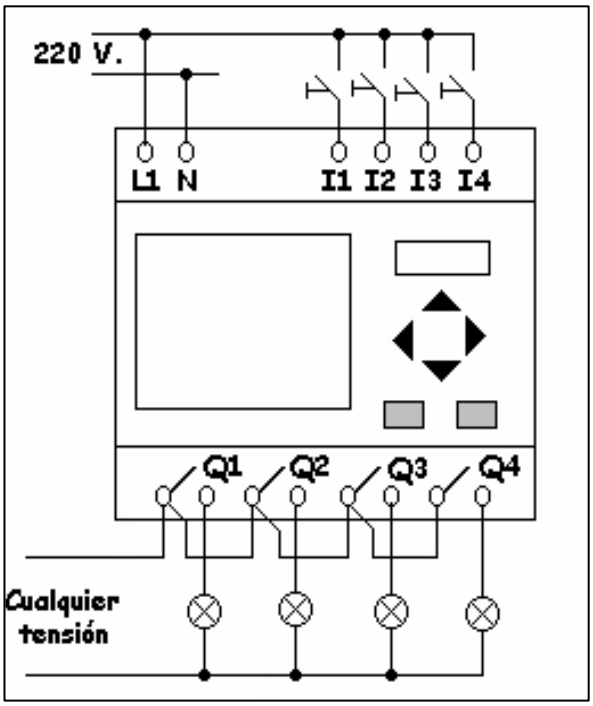
Cuando se adiciona un bloque al algoritmo del programa, LOGO designa un número al bloque agregado (B01, B02, B03…).

3.5 Entradas y salidas del PLC

En las entradas se recepta información y en las salidas se envía las señales a los sistemas actuadores. Cada dispositivo de entrada permite conocer una condición particular del entorno como: Presión, posición, temperaturas entre otras, figura 29. (ELECTRIN, 2016)

Figura 29.

Entradas y salidas del PLC



Nota: *Adaptado de* Pulido, 2007, p. 103

3.5.1 Entrada digital

Las entradas digitales permiten receptar dos estados, estado lógico 1 (Encendido) y estado lógico 0 (apagado). (ELECTRIN, 2016)

3.5.2 Entrada analógica

Receptan valores de corriente o tensión dentro de un rango establecido, puede ser de 4-20 mA, 0-10 VDC o 0-5 VDC, para convertirlo en un número (ADC). El número se guarda en una posición de la memoria del PLC, los módulos se encargan de traducir la señal que provienen de sensores para que el PLC las interprete. (ELECTRIN, 2016)

3.5.3 Salida analógica

En las salidas analógicas intervienen los módulos que permiten que la señal del autómata se convierta en corriente o tensión. Internamente el PLC realiza la conversión digital - analógica, esta conversión se realiza por un determinado número de bits e intervalos de tiempo programados. (ELECTRIN, 2016)

3.6 Protecciones para PLC

El PLC es un instrumento electrónico tecnológicamente avanzado, frágil en relación a las cargas que se encuentre controlando, para ello es necesario implementar un sistema de protección para el módulo, algunos de los elementos de protección que se instalan son: Disyuntor, relé térmico, fusibles, etc.

3.7 Programación de PLC

Programar es la introducción de un algoritmo en el controlador lógico programable, diseñado con un microcontrolador o un microprocesador, donde se utiliza las funciones lógicas de acuerdo a la secuencia programada. (Pulido, 2007)

Para comprender y realizar los procesos de programación, se debe tener en claro los conceptos de Borne y Bloque.

3.7.1 Borne

Según Pulido (2007), borne son todas las conexiones físicas que dispone un dispositivo, se refiere a las entradas y salidas de PLC, pueden adoptar 2 estados: Encendido y apagado, figura 29.

3.7.2 Bloque

Es una función que tiene el propósito de convertir la información que recibe en sus entradas en datos de salida dependiendo de su operación y programación. Los bloques son todas las funciones que posee el controlador lógico, sean funciones generales o especiales. (Pulido, 2007)

3.8 Entradas del PLC

Las entradas se simbolizan mediante una “I”, los números de entrada en el PLC (I1, I2, I3, etc.) pertenecen a los bornes de entrada. El PLC está diseñado con 2 tipos de entradas: Analógicas y Digitales.

- ***Entradas analógicas:*** Implementa magnitudes que se acoplan a la entrada y entregan datos en forma de medida, por ejemplo: Presión, velocidad, temperatura, etc. Su trabajo es convertir la señal recibida a binario por medio de un convertidor analógico-digital para que la CPU procese la información. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)
- ***Entradas digitales:*** Son las más utilizadas, su señal de entrada corresponde a un todo o nada (0 o 1), por ejemplo, interruptores o finales de carrera, estos dispositivos entregan un valor de tensión o lo suprimen. (INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología , 2004)

3.9 Salidas del PLC

Las salidas del PLC se identifican como Q, sus números (Q1, Q2, Q3, etc.) corresponden a los bornes de salida.

3.10 Marcas

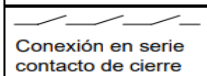
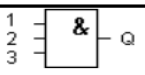
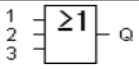
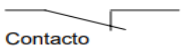
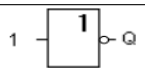
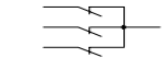
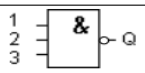
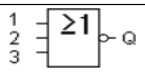
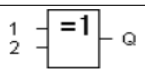
Las marcas se representan como M, son salidas virtuales conservando en su salida el mismo valor de su entrada, en LOGO se encuentran 4 marcas (M1, M2, M3 y M4). (Siemens AG, 1996)

3.11 Funciones básicas del PLC

Son elementos lógicos sencillos relacionados con el álgebra de Boole, a continuación, se describen los siguientes:

Figura 30.

Funciones básicas

Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 Conexión en serie contacto de cierre		Y (AND) (vea la página 57)
Conexión en paralelo contacto de cierre		O (OR) (vea la página 57)
 Contacto de apertura		INVERSOR (NOT) (vea la página 58)
 Conexión en paralelo contacto de		O-EXCLUSIVO (NAND) (vea la página 59)
Conexión en serie contacto de apertura		Y-NEGADA (NOR) (vea la página 59)
Alternador doble		O-NEGADO (XOR) (vea la página 60)

Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 56.

3.11.1 Funciones especiales

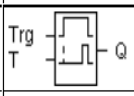
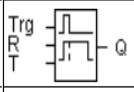
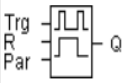
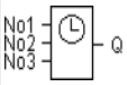
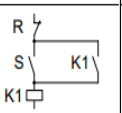
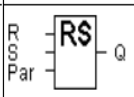
Comprenden funciones de tiempo, remanencia y varias posibilidades de parametrización para aplicar el programa a diferentes necesidades. (Siemens AG, 1996)

- **Parámetro de tiempo (T):** Es el valor de tiempo presente en algunas funciones especiales.
- **Remanencia:** ‘‘En las funciones especiales existe la posibilidad de mantener remanentes los estados de conmutación y los valores de cómputo, debe estar activada la remanencia para las respectivas funciones.’’ (Siemens AG, 1996, pág. 62)

Entre las funciones especiales encontramos:

Figura 31.

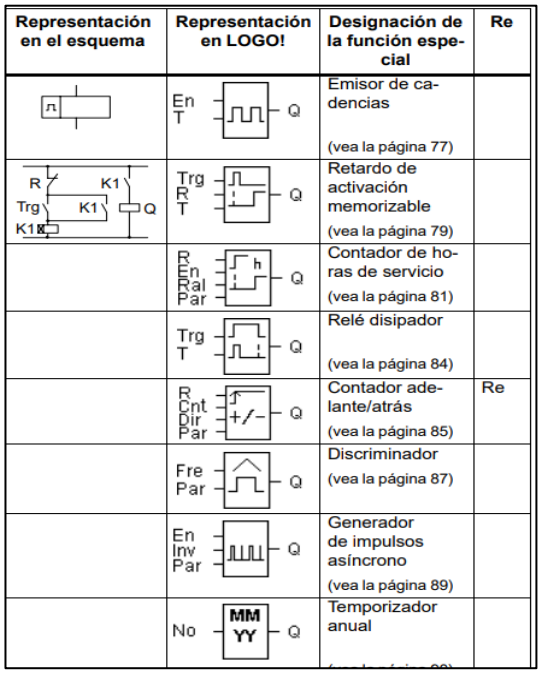
Funciones Especiales

Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Re
		Retardo de activación (vea la página 65)	
		Retardo de desactivación (vea la página 67)	
		Relé de impulsos (vea la página 69)	Re
		Reloj de temporización (vea la página 70)	
		Relé de parada automática (vea la página 75)	Re

Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 62.

Figura 32.

Funciones Especiales.



Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 63.

3.11.2 Reposicionamiento o reset (R)

Esta es una entrada de mayor prioridad en relación a las demás, permite reiniciar los valores de las funciones en que se aplican.

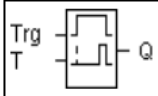
3.11.3 Retardo a la conexión

Es una función especial de LOGO Siemens, permite realizar la conexión a la salida con un tiempo parametrizado, según sea la señal 0 a 1, esta se envía al estado de entrada Trg (Disparador), a continuación, inicia el cronometraje. Si el estado de entrada de Trg permanece en 1 al menos durante el tiempo T programado, la salida cambia a 1 al final del tiempo T (la salida se activa después de la entrada). Si el estado en la entrada Trg vuelve a 0

antes de que transcurra el tiempo T, el tiempo se restablecerá a 0. La salida se restablecerá a 0 nuevamente si la entrada Trg está en el estado 0. Después de finalizar el tiempo programado, el sistema se reiniciará nuevamente, figura 33. (Siemens AG, 1996, pág. 66)

Figura 33.

Retardo a la conexión

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el retardo de activación.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe activarse la salida (la señal de salida pasa de 0 a 1).
	Salida Q	Q se activa una vez transcurrido el tiempo T parametrizado, si está activada aún Trg.

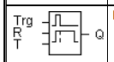
Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 65.

3.11.4 Retardo a la Desconexión

Es una función especial del PLC LOGO que permite la desconexión de la salida al transcurrir un tiempo previamente programado. Cuando la entrada Trg está en el estado 1, la salida Q cambia inmediatamente al estado 1. Cuando el estado de la entrada Trg cambia de 1 a 0, el LOGO inicia el cronometro programado Ta y la salida sigue siendo 1. Cuando Ta alcanza el valor establecido por T (Ta = T), la salida Q se restablece al estado 0 (apagado retardado). Si la entrada Trg se habilita y se desactiva nuevamente, el tiempo Ta empezará nuevamente. La entrada R (Reset) restablece el tiempo Ta y las salidas antes de que expire el tiempo. Después de apagar la alimentación, el tiempo transcurrido se reinicia nuevamente, figura 34. (Siemens AG, 1996, pág. 68)

Figura 34.

Retardo a la Desconexión

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	Con el flanco descendente (cambio de 1 a 0) en la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el retardo de desactivación.
	Entrada R	A través de la entrada R se repone el tiempo para el retardo de desactivación y se conmuta la salida a 0.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe desactivarse la salida (la señal de salida pasa de 1 a 0).
	Salida Q	Q se activa con Trg y permanece activada hasta que haya transcurrido T.

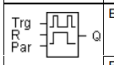
Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 67.

3.11.5 Relé de impulsos

La salida Q cambia a conexión o desconexión cada vez que en Trg se produzca un cambio de estado de 0 a 1. A través de la entrada R se restablece el relé de impulsos a su estado inicial, es decir, la salida se conmuta a 0. Después del corte de tensión se restablece el relé de impulsos y conmuta la salida Q a 0, esto se realiza en caso de no estar activada la remanencia, figura 35. (Siemens AG, 1996)

Figura 35.

Relé de impulsos

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (trigger) se activa y desactiva la salida Q.
	Entrada R	A través de la entrada R se repone el relé de impulsos y se conmuta la salida a 0.
	Parámetro Par	Con este parámetro se activa y desactiva la remanencia. Rem: off = sin remanencia on = estado almacenable con remanencia
	Salida Q	Q se activa con Trg y se desactiva con la próxima Trg.

Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 69.

3.11.6 Relé auto enclavador o de parada automática (RS)

En este tipo de relé la salida se activa a través de la entrada (S), sin embargo, la salida permite reestablecerse por medio de otra entrada (R). El relé auto enclavador es un elemento de memorización binario, el valor de salida depende de los estados en las entradas y del estado anterior en la salida, figura 36. (Siemens AG, 1996)

En la siguiente tabla 1 se describe la lógica del relé:

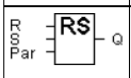
Tabla 1.

Tabla de valor de relé auto enclavador.

Sn	Rn	Q	Significado
0	0	x	Estado inalterado
0	1	0	Reposición
1	0	1	Activación
1	1	0	Reposición (Tiene prioridad ante la activación.

Nota: Tabla realizada por los autores

Figura 36. *Relé Auto enclavador*

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada R	A través de la entrada R se repone la salida Q a 0. Si tanto S como R son 1, es repuesta la salida.
	Entrada S	A través de la entrada S se conmuta la salida Q a 1.
	Parámetro Par	Con este parámetro se conecta y desconecta la remanencia. Rem: off = sin remanencia on = estado almacenable con remanencia
	Salida Q	Q se activa mediante S y permanece activada hasta que lo sea la entrada R.

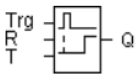
Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 75

3.11.7 Retardo a la conexión con memoria

Luego de implementar una señal de entrada y transcurrido el tiempo programado, la salida se activa. Cuando el estado de la entrada Trg cambia de 0 a 1, se inicializa el tiempo actual Ta, cuando Ta alcanza el tiempo T, la salida Q cambia al estado 1. La transformación de la entrada Trg no afecta a Ta, la salida y el tiempo Ta se restablece a 0 cuando la entrada R pasa al estado 1. Después de apagar el bloque de retardo, el tiempo transcurrido se reinicia nuevamente, figura 37. (Siemens AG, 1996, pág. 80)

Figura 37.

Retardo a la conexión con memoria

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el retardo de activación.
	Entrada R	A través de la entrada R se repone el tiempo para el retardo de activación y se conmuta la salida a 0.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe activarse la salida (el estado de la salida pasa de 0 a 1).
	Salida Q	Q se activa una vez transcurrido el tiempo T.

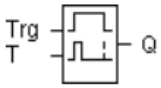
Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 79

3.11.8 Relé disipador – Salida de impulsos

Cuando la entrada de Trg tiene el estado 1, la salida de Q inmediatamente cambia al estado 1, al mismo tiempo que inicia en LOGO la hora actual TA y la salida permanece encendida. Cuando Ta alcanza el valor establecido por T (Ta = T), la salida Q se restablece al estado 0 (salida de pulsos). Si la entrada Trg cambia de 1 a 0 antes del tiempo preestablecido, la salida cambia instantáneamente de 1 a 0, figura 38. (Siemens AG, 1996)

Figura 38.

Relé disipador

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el relé disipador.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que se desactiva la salida (la señal de salida pasa de 1 a 0).
	Salida Q	Q se activa con Trg y permanece así hasta que transcurre el tiempo T.

Nota: Adaptado de Manual LOGO A5E00046689 01,1996 p. 84

3.12 LOGO!Soft Comfort

Hoy en día los procesos de automatización han sufrido el desarrollo tecnológico a nivel exponencial, permitiendo sistemas más robustos a nivel de hardware y software favoreciendo a pequeñas y grandes industrias. Actualmente uno de los sistemas más utilizados en la industria es el Controlador Lógico Programable o PLC.

Para la programación del PLC LOGO Siemens, existe una plataforma conocida como LOGO SOFT COMFORT, tiene multilenguaje para la creación de algoritmos en PC y es compatible para todos los módulos de la gama LOGO.

Sus principales funciones es la creación de programas en los lenguajes FUKY KOP, simulación de programas, funciones de diagnóstico y presentaciones gráfica de referencias. (GENERA CREATIVE GROUP, 2021)

Capítulo IV

CONCEPTOS GENERALES PARA LA SEMAFORIZACIÓN

4.1 Automatización

La automatización permite realizar mejoras en los diferentes métodos de control, ya sea a nivel comercial e industrial, permitiendo tener sistemas más eficientes y confiables.

En las tecnologías de automatización se emplea diversos tipos de control como: Neumática, mecánica, oleo hidráulica, electrónica y eléctrica, además, es posible combinar estos diferentes tipos de control dependiendo de lo que se requiera automatizar.

En los procesos industriales se presentan diferentes tipos de automatización siendo los siguientes: Discretos, discontinuos y continuos. Los procesos discontinuos y procesos discretos se utilizan en su gran mayoría en automatización industrial, mientras que los procesos continuos se implementan en tecnologías de precisión como servomecanismos o regulación.

4.2 Tablero didáctico

Es una herramienta académica para la enseñanza, aprendizaje e investigación, la finalidad del tablero es permitir al estudiante el desarrollo de las diferentes aptitudes y destrezas obtenidas a nivel teórico de acuerdo al campo de su especialización bajo la tutoría del docente investigador. (Rojas., 2014, p. 4)

4.3 Semáforo

Es un dispositivo eléctrico y electrónico de señalización implementado para la regularización del tránsito de vehículos y peatones. Asigna el derecho de paso a vehículos y

peatones con una secuencia de luces de color verde (Paso), Amarillo (Alerta cambio de luces) y Rojo (Pare). (MINTRANSPORTE, 2015, p. 747)

4.3.1 Clasificación

Los semáforos se clasifican según el tipo de conflicto que se regula y operación de sus unidades. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 748)

- Semáforos de control de tránsito de vehículos.
- Semáforos sonoros.
- Semáforos especiales.
- Semáforos para pasos peatones.

4.3.2 Elementos que componen un semáforo

El sistema cuenta de los siguientes elementos: La cabeza, módulo semafórico, controlador y los detectores. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 749)

4.3.2.1 Soporte para los módulos semafóricos.

Es donde reposa el semáforo, facilitando una adecuada visualización para peatones y vehículos, además, permite enviar de manera interna las líneas de alimentación, datos y control. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 749)

4.3.2.2 Cabeza o módulo semafórico.

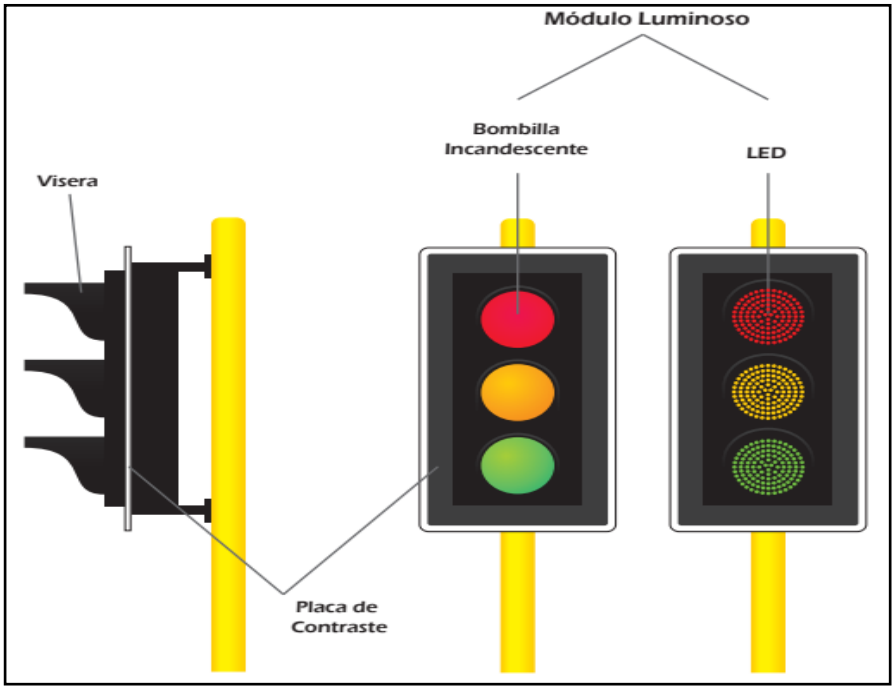
Es donde se ubican las señales luminosas, además del cableado correspondiente a cada luminaria. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 749)

4.3.2.3 Cara.

Es el grupo de módulos luminosos, cumplen con la función de regularizar los movimientos de circulación. En la figura 39 se detalla las partes principales del semáforo. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 749)

Figura 39.

Módulo Semafórico



Nota: Adaptado de *MINTRANSPORTE,* 2015, p. 750

4.3.2.4 Módulo luminoso.

Emite una señal luminosa, siendo encendidos de manera independientemente según sea las órdenes del proceso programado. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 750)

4.3.2.5 Lente.

Es el protector de cada una de las bombillas del módulo luminoso, es un material transparente que permite el flujo de iluminación del led. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 751)

4.3.2.6 Visera.

Es la protección de la lente implementada para evitar que esta sea alcanzada por la radiación del sol y la lluvia, permitiendo así una adecuada visualización por parte de los usuarios (MINTRANSPORTE, 2015, p. 751)

4.3.2.7 Placa de Contraste.

Elemento instalado para incrementar la visibilidad y evitar que otras fuentes lumínicas reflecte las luces al usuario. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 752)

4.3.2.8 El Controlador.

Es un dispositivo electrónico o electromecánico, se clasifica según el mecanismo de operación: Tiempo fijo, semi accionado o totalmente accionado. Actualmente existen sistemas inteligentes de semaforización, que permiten realizar procesos de control de tráfico de manera más eficiente, los mismos que cuentan con controladores y ordenadores más desarrollados e interconectados. (MINTRANSPORTE, 2015, p. 752)

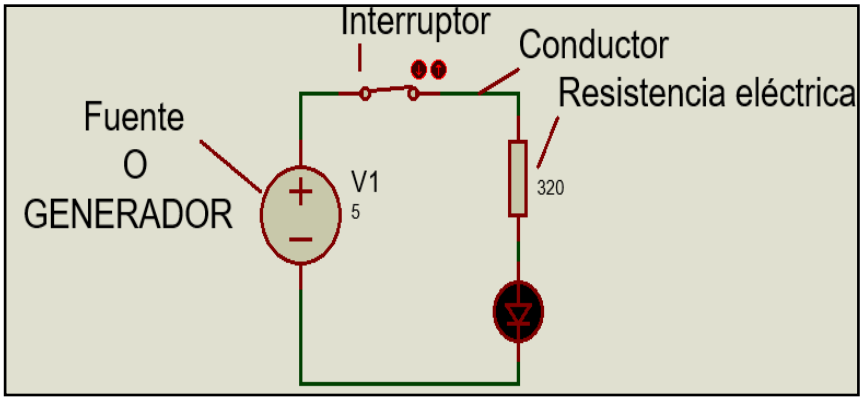
4.4 Circuito eléctrico

Es la conexión de componentes eléctricos por donde circula una corriente eléctrica, a través de una trayectoria cerrada para cumplir una determinada función. Un circuito eléctrico está representado por un esquema o diagrama eléctrico, cada uno de los componentes cuenta con su propio símbolo eléctrico. Los circuitos en su mayoría, están compuesto por

resistencias, bobinas, capacitores y fuentes de corrientes, figura 40. (Juan Carlos Álvares Antón, 2007, p. 9)

Figura 40.

Partes de un circuito básico



Nota: Realizado por los autores

Capítulo V

MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

- **Módulo Lógico Programable LOGO 8 – 230RC**: Permite automatizar y controlar varios tipos de cargas, desde instalaciones eléctricas convencionales hasta instalaciones comerciales e industriales.
- **Interruptor termomagnético:** Es un elemento de protección para circuitos eléctricos, su función es detectar fallas en el sistema y abrir el circuito en caso de sobretensiones (la corriente supera los límites establecidos).
- **Relé 110V/110V:** Su función es de un interruptor controlado, permitiendo enviar una señal a la bobina y así magnetizarla, posibilitando la apertura o cierre de circuitos según el sistema a controlarse.
- **Pulsador NA:** Permiten cerrar un circuito eléctrico o electrónico al momento de presionarlo.
- **Pulsador NC:** Permiten abrir un circuito eléctrico o electrónico al momento de presionarlo.
- **Semáforo Peatonal:** Es un elemento de señalización utilizado para administrar y controlar el flujo de peatones.
- **Semáforo Vehicular:** Es un elemento de señalización utilizado para administrar y controlar el flujo de los vehículos.
- **Contactor:** Es un dispositivo electromecánico de mando a distancia que permite la apertura o cierre de un circuito eléctrico por medio de sus terminales.

- **Relé Térmico:** Dispositivo de protección que actúa contra sobrecargas o cortocircuitos, utilizado en instalaciones eléctricas industriales especialmente en la aplicación de motores.
- **Tablero:** Conformado por cada uno de los componentes utilizados para implementar el sistema de control y visualización del semáforo, para el tablero se utiliza como material el toll agujerado de acero inoxidable aislado.
- **Cable THWN:** Conductor eléctrico utilizado en instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales. Este tipo de cables tienen las características: T (asilamiento termoplástico), H (resistente al calor), W (resistente al agua y la humedad) y N (cubierta de nylon).
- **Riel DIN:** Se utiliza para acoplar componentes sobre diferentes tipos de tableros, cajas de control y fuerza.
- **Tornillos:** Son elementos utilizados para fijar objetos en cualquier superficie, se encuentran en diferentes formas y medidas.
- **Tubo cuadrado:** Es de acero inoxidable, ofrece gran resistencia a la corrosión, dependiendo de su densidad puede soportar diferentes cantidades de peso.
- **Tope final para riel DIN:** Es un elemento implementado para asegurar los componentes montados sobre el riel DIN, se ubican a los extremos del riel.
- **Pintura dieléctrica:** Es utilizada para optimizar la estética y brindar seguridad contra bajas tensiones en las superficies que se deseen cubrir.
- **Borneras eléctricas:** Son elementos que permiten asegurar las conexiones de uno o más conductores de una forma rápida y segura.

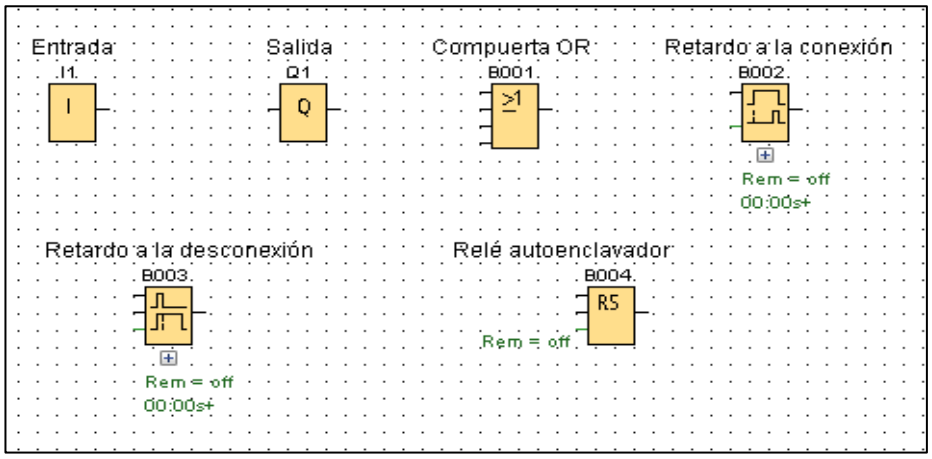
5.2 Métodos

5.2.1 Diseño mediante el software ingenieril Logo Soft Comfort V8.3

Para el sistema del semáforo, el diseño del algoritmo es mediante la aplicación de diagrama de bloques, debido a la posibilidad identificar los componentes que se emplean, permitiendo realizar pruebas de simulación a medida que se desarrolla una programación. Entre los bloques que se implementan se encuentran los siguientes: Entradas (I), Compuertas OR (≥1), Relé auto enclavador (RS), Retardo a la conexión, Retardo a la desconexión y Salidas, figura 41. (Q).

Figura 41.

Bloques de programación en LOGO Soft Comfort V8.3



Nota: Bloques y variables en LOGO!Soft Comfort

5.2.2 Método para el dimensionamiento del circuito eléctrico.

El dimensionamiento de un circuito eléctrico es de gran importancia, permite obtener los valores adecuados para las diferentes etapas del proyecto, se definen desde componentes de protección hasta los calibres de los conductores.

5.3 Ley de ohm

El nombre proviene de en honor a Georg Ohm, es la relación que existe entre el Voltaje(V), Corriente (I) y Resistencia (R). (FOWLER., 1992, p. 40)

5.3.1 Voltaje

Es la fuerza electromotriz que permite el movimiento de las cargas produciendo una diferencia de potencial entre dos puntos. (FOWLER., 1992, p. 18)

$$V = I * R$$ ***Ecuación 1***.

I= Corriente.

V= Voltaje

R= Resistencia

5.3.2 Corriente

Es el movimiento de electrones de manera ordenada a través de un conductor. La intensidad de corriente se mide en Amperios(A). (FOWLER., 1992, p. 13)

$$I = \frac{V}{R}$$ ***Ecuación 2***.

I= Corriente.

V= Voltaje

R= Resistencia

5.3.3 Resistencia

La unidad básica de la resistencia es Ohm y su abreviatura es la letra griega omega Ω. La resistencia es la oposición que encuentra la corriente eléctrica al pasar por un material. (FOWLER., 1992, p. 23)

$$R = \frac{V}{I}$$ ***Ecuación 3.***

I= Corriente.

V= Voltaje

R= Resistencia

5.4 Potencia

Es el consumo o producción de energía en un determinado tiempo. La unidad es en Watt(W).

$$\boldsymbol{P} = V * I$$ ***Ecuación 4.***

P= Potencias.

V= Voltaje.

I= Corriente

En base a la potencia se obtiene la corriente mediante la fórmula de las potencias:

$$I = \frac{P}{V}$$ ***Ecuación 5.***

5.5 Consumo mensual

Es el consumo energético que resulta del uso de distintos dispositivos o cargas eléctricas durante cada mes del año. Su unidad está dada en Kilovatio por hora (KWh).

Ecuación 6..

$$CM = P * Horas\ de\ uso\ diarias * Dias\ de\ uso\ mensual * Costo\ en\ dolares$$

P: Potencia

CM: Costo mensual

5.6 Álgebra de Boole

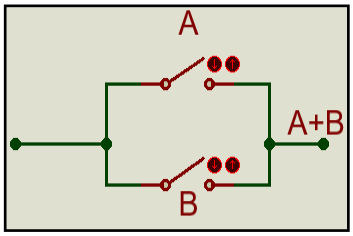
El álgebra de Boole es diseñada en base a dos variables que son: Cero (0) o Uno (1), donde cero representara apagado y uno encendido. En el álgebra Booleana existen tres tipos de operaciones básicas.

5.6.1 Adición.

Adición es una función de suma donde sus variables se representan como A+B, se llama compuerta OR, figura 42.

Figura 42.

Representación lógica mediante contacto "OR"



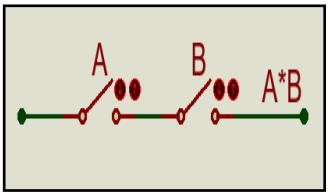
Nota: Realizado por los autores

5.6.2 Producto.

Producto es una función de multiplicación donde sus variables se representan como A*B, se llama compuerta AND, figura 43.

Figura 43.

Representación lógica mediante contacto "AND"



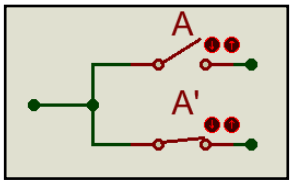
Nota: Realizado por los autores

5.6.3 Complementación.

Esta función invierte el estado de su señal de entrada, puede ser 0 o 1, se presenta como $\bar{A}$, se llama compuerta NOT, figura 44.

Figura 44.

Representación lógica mediante contacto "NOT"



Nota: Realizado por los autores

5.6.4 Dimensionamiento del circuito eléctrico

Para dimensionar el sistema, se aplica diferentes fórmulas matemáticas, se inicia con los elementos de protección (ecuación 5), se debe considerar la potencia de cada una de las cargas.

Calculado el valor del elemento de protección, se selecciona el calibre del conductor en base a la corriente, se considera la Tabla 2 donde se detalla los calibres y características de los conductores eléctricos.

Tabla 2.

Calibres y características de conductores eléctricos

	Diámetro de mm	Sección en mm^2	Resistencia Ω km	Corriente (A)
1	7.34	42.41	0.40	125
2	6.54	33.63	0.40	95
4	5.18	21.15	0.80	70
6	4.11	13.30	1.27	55
8	3.26	8.36	2.03	40
10	2.58	5.26	3.23	30
12	2.05	3.31	5.13	20
14	1.62	2.08	8.17	15
16	1.29	1.31	12.9	10
18	1.02	0.82	20.73	7
20	0.81	0.52	32.69	3

Nota: Tabla realizado por los autores

5.6.5 Programación del Siemens LOGO 8 – 230RC.

Para la programación del PLC se utiliza el software LOGO Soft Comfort V8.3, además, de un cable Ethernet (UTP) permitiendo conectar el computador con el PLC y así aplicar la función de transferencia de datos.

5.6.6 Pruebas de simulación.

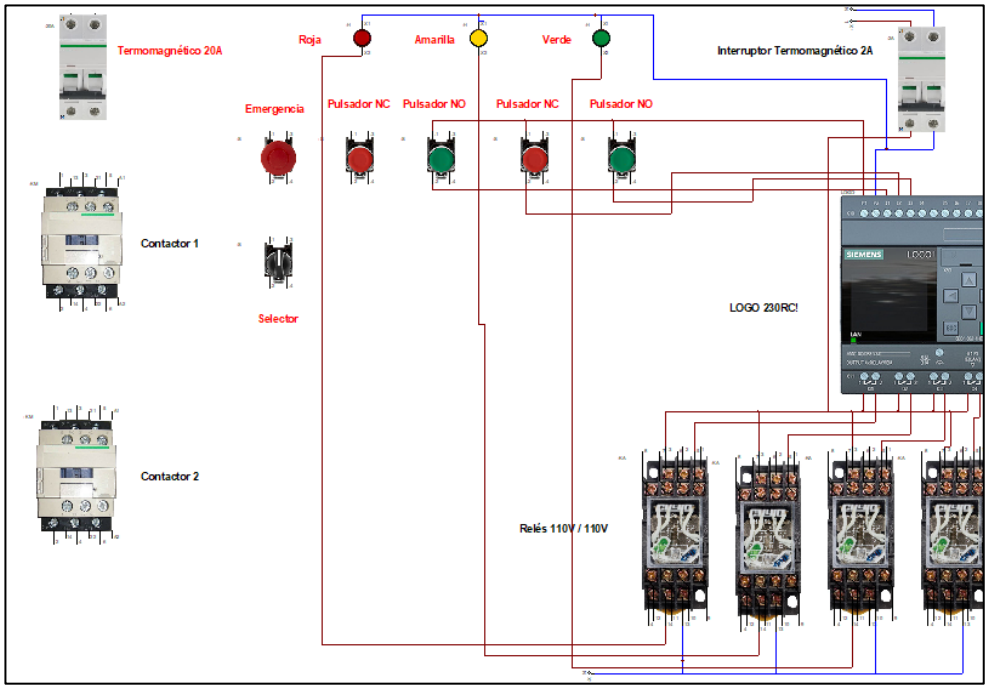
Para realizar las pruebas de simulación se utiliza el módulo lógico programable (LOGO), además las luces piloto roja, amarilla y verde del tablero que reemplazan de manera temporal a un semáforo. Para la simulación de las variables de entrada se implementan los pulsadores normalmente abiertos (NA), en la programación se configura los valores con tiempo reducidos para cada luz piloto optimizando los tiempos de prueba y simulación.

5.6.7 Montaje del tablero didáctico de semaforización.

Para la implementación del tablero didáctico, se realiza un croquis de conexión por medio de un diagrama Multifilar utilizando el software ingenieril CadeSimu, figura 45.

Figura 45.

Diagrama Multifilar y Croquis del tablero de semaforización



Nota: Realizado por los autores

Capítulo VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados obtenidos

6.1.1 Diseño mediante el software LOGO Soft Comfort V8.3

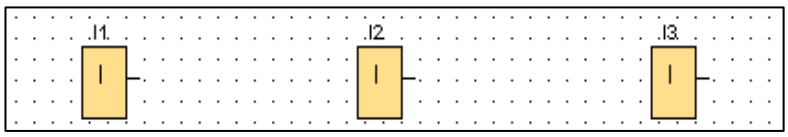
Para iniciar el diseño del algoritmo para el prototipo del semáforo en el software Logo Soft Comfort V8.3, se considera la configuración y funcionamiento de un semáforo estándar implementado en las calles de la ciudad de Cariamanga.

En primer lugar, se identifica las variables de entrada, el semáforo es controlado por medio de 3 pulsadores, el primer pulsador (NA) inicia la secuencia de funcionamiento del semáforo, el segundo pulsador (NC) apaga todo el sistema y el tercer pulsador (NA) es utilizado para dar prioridad al paso peatonal.

En la figura 46 se visualiza la implementación de las tres entradas en LOGO!Soft Comfort denominadas variables de entradas I1, I2, I3.

Figura 46.

Entradas Digitales en Logo SOFT Comfort V8.3



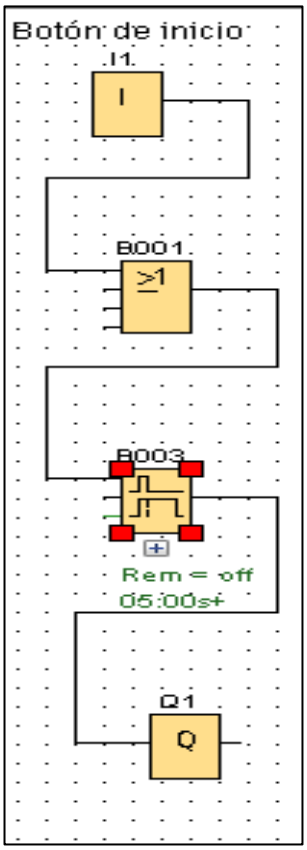
Nota: Variables de Entradas Digitales que representan a los pulsadores

Luego de extraer las tres entradas digitales (variables), se incorpora bloques que complementan el funcionamiento de la primera rama de programación, en donde se sitúa la primera salida digital Q1 (Luz roja). Para realizar este algoritmo se ubica un bloque OR conectado a la entrada I1, a continuación, se implementa un bloque de retardo a la

desconexión conectado a la salida del bloque OR, luego se configura el tiempo del bloque de retardo a la desconexión, esta acción se realiza con el cursor del mouse presionando 2 clics izquierdos al componente y configurando el tiempo predeterminado (15 segundos). Configurado el tiempo a la salida del bloque de retardo a la desconexión se conecta la primera salida Q1, Figura 47.

Figura 47.

Programación de la luz roja

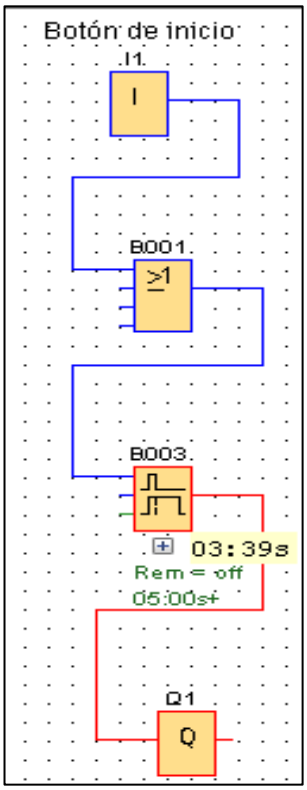


Nota: Inicio de programación de la primera salida

A continuación, se presenta el funcionamiento de la primera rama del sistema, Figura 48.

Figura 48.

Prueba de programación de la luz roja



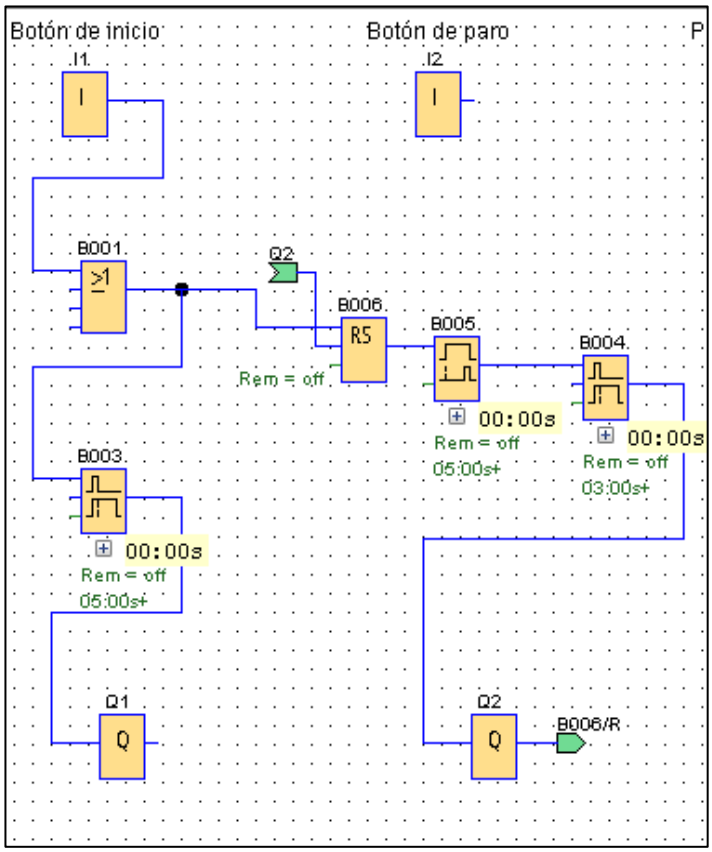
Nota: Simulación de la primera salida

Posteriormente, se realiza la programación de la segunda rama en secuencia con la primera rama para el encendido de la segunda luz, tomando en cuenta el tiempo de encendido de cada una de las salidas Q. Además, el funcionamiento del semáforo se basa en una secuencia ordenada de encendido y apagado de cada una de las luces, para que esta acción sea posible, se extrae un bloque de relé auto enclavador, mismo que es conectado de la salida de la compuerta OR que es ubicada al inicio de la primera rama, este se encarga de enviar una señal a un nuevo bloque de retardo a la conexión, una vez activado el retardo a la conexión (10 segundos), este envía una señal a un nuevo bloque de retardo a la desconexión (15 segundos), mismo que se encarga de activar la salida Q2 (luz verde) implementada a la

salida del bloque de retardo a la desconexión, finalizado el tiempo de retardo a la desconexión, la luz verde se apaga automáticamente. La salida Q2 es la encargada de enviar una señal de reinicio al relé auto enclavador de su propia rama, figura 49.

Figura 49.

Prueba de programación de la luz verde



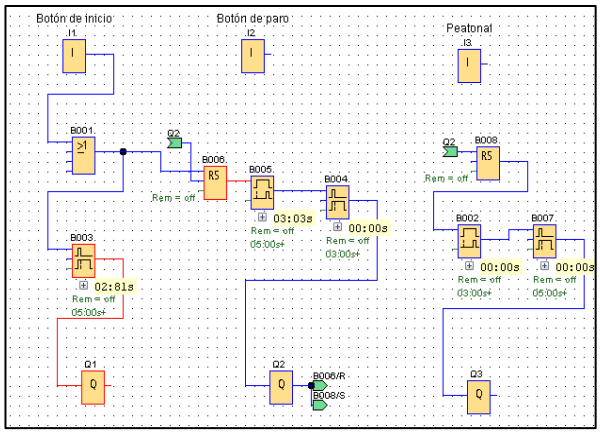
Nota: Simulación de las 2 primeras ramas.

Finalizada la programación de la segunda salida (Q2), se realiza la programación de la tercera rama. Tomando en cuenta la programación utilizada para alcanzar a la salida Q2, se ubica el mismo tipo bloques realizado anteriormente para la implementación de Q3 (Luz amarilla), se considera los tiempos que deben ser programados en cada bloque de retardo a la conexión (15 segundos) y retardo a la desconexión (10 segundos). De esta manera será

Q2 la encargada de enviar la señal al nuevo relé auto enclavador para dar inicio al programa Q3, figura 50.

Figura 50.

Programación de las 3 ramas

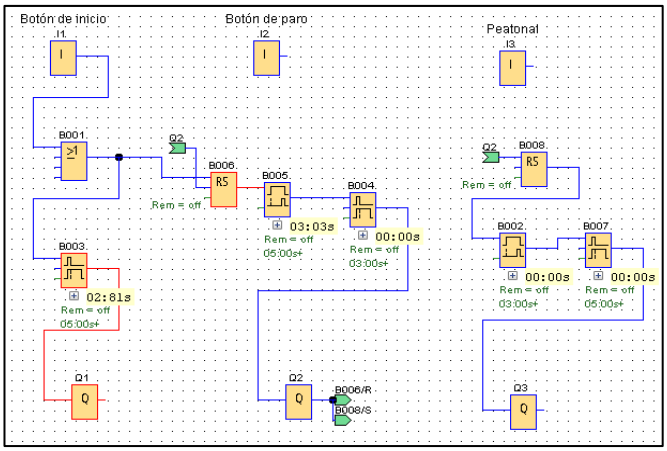


Nota: Programación de las 3 salidas Q1, Q2, Q3.

Finalizada programación simple de las 3 salidas (Q1, Q2, Q3), se realiza la primera compilación del programa para analizar su funcionamiento, figuras 51-53.

Figura 51.

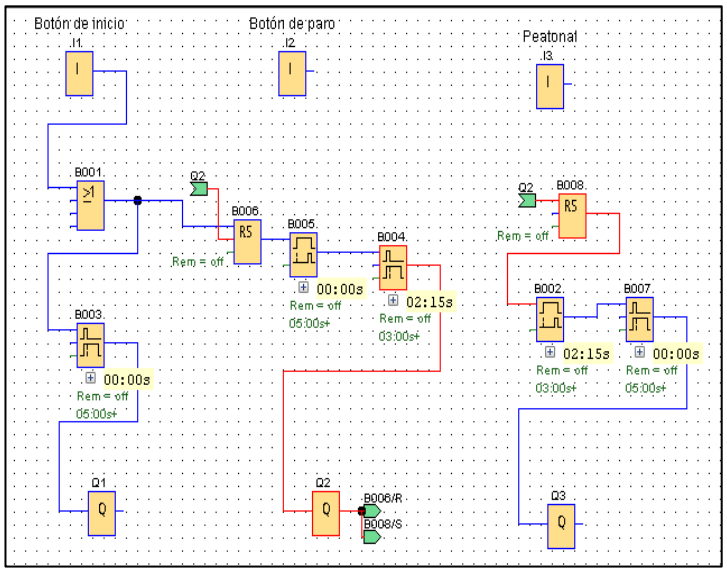
Primera compilación del programa, encendido Q1



Nota: Simulación de las 3 luces.

Figura 52.

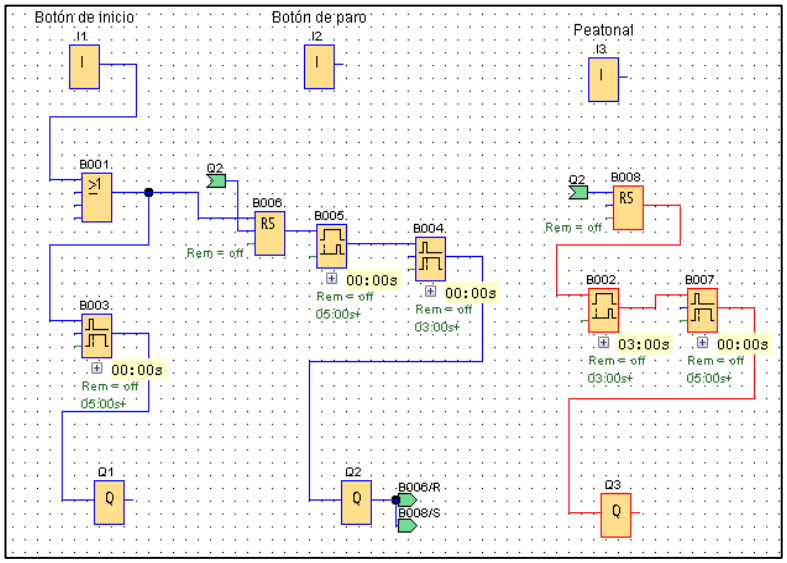
Primera compilación del programa, encendido Q2



Nota: Simulación de las 3 luces

Figura 53.

Primera compilación del programa, encendido Q3



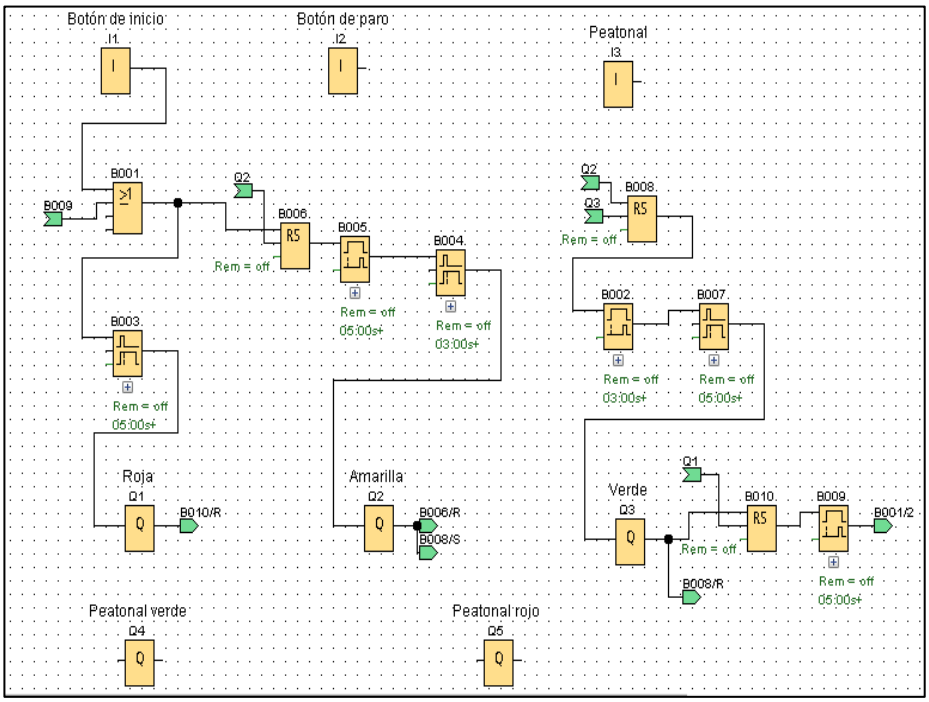
Nota: Simulación de las 3 luces.

Verificado el funcionamiento del programa se visualiza la inexistencia de errores en la secuencia de encendido y apagado de cada una de las salidas.

A continuación, se realiza el bucle que permite que la secuencia se repita consecutivamente cada vez que un ciclo termine. Se implementa otro bloque de relé auto enclavador, junto con un bloque de retardo a la conexión. La señal que recibe el relé auto enclavador es enviada a través de la salida de Q3, el relé se encarga de mantener activo el bloque de retardo a la conexión, transcurrido el tiempo asignado, este envía una señal al bloque OR ubicado en la primera rama al iniciar la programación, permitiendo que el algoritmo programado se vuelva a inicializar. El reinicio del bloque de relé auto enclavador conectado a la salida Q3, se realiza al encenderse Q1, figura 54.

Figura 54.

Programación del bucle de ciclos para el programa.



Nota: Se agregan y conectan los bloques que hacen posible el bucle en el sistema.

Para la implementación del pulsador de paso peatonal en la variable (I3) y del pulsador de paro del sistema en la variable (I2), se utiliza bloques de configuración OR, debido a la necesidad de receptar información de diferentes puntos o bloques.

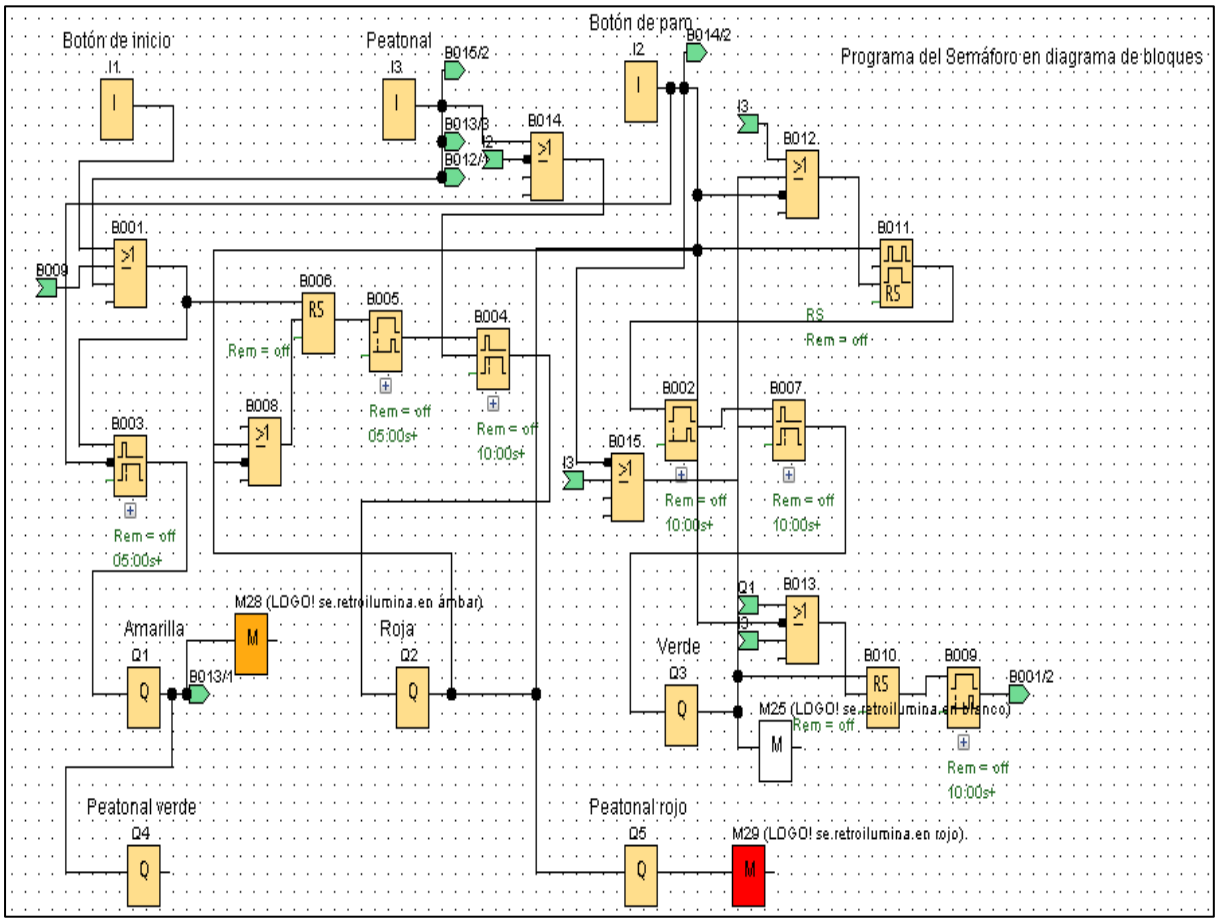
En la programación de la variable I2 (botón de paro) se utiliza una compuerta OR conectada a la salida de I2, su función es conectarse a todos los pines de reinicio de los bloques de retraso a la conexión y retraso a la desconexión, de la misma manera que al reinicio de los relés auto enclavadores, esto provoca que el sistema se apague. Siendo este un botón de paro se utiliza un pulsador NC, motivo por el cual se adiciona una negación a la salida de la variable I2 en el algoritmo programado, figura 55.

Para realizar la conexión de la variable I3 (peatonal) se utiliza un bloque OR a la salida de I3, de la misma manera como se realizó con el botón de paro (I2), se conecta con cada uno de los terminales de reinicio de los bloques de retardo a la conexión y retardo a la desconexión, así como al reinicio de los relés auto enclavadores. Sin embargo, a diferencia de la conexión del botón de paro (I2), la variable I3 envía una señal de conexión a la primera compuerta OR, permitiendo que el programa vuelva a reiniciarse en la luz indicada, figura 55.

El sistema empieza con una condición de reinicio en la configuración de luz amarilla, para evitar cambios bruscos al momento de activar el paso peatonal.

Figura 55.

Programa final del semáforo.



Nota: Algoritmo final del sistema de semaforización.

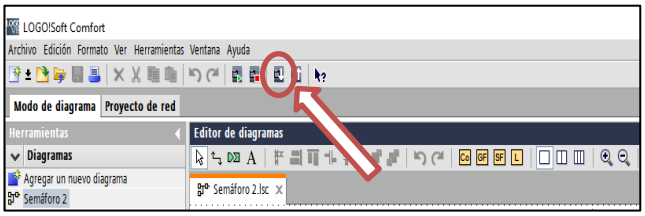
6.1.2 Programación del LOGO

Realizado el programa en el software LOGO Soft Comfort V8.3, se envía el archivo (Fimware) al PLC LOGO Siemens 230 RC. Proceso que se realiza mediante una serie de pasos que se detallan a continuación.

Para iniciar se debe abrir el algoritmo realizado en el software, a continuación, dirigirse a la barra superior en donde se encuentra la opción que permite cargar el programa al dispositivo, es una pestaña llamada PC→LOGO, figura 56.

Figura 56.

Pestaña de carga de PC-LOGO!



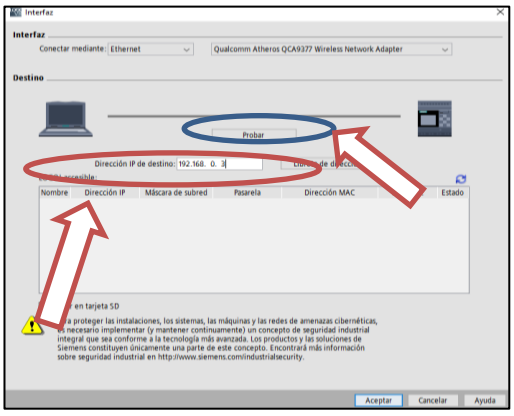
Nota: El circulo muestra el lugar exacto para realizar la carga del programa.

Se realiza un clic en la pestaña antes mencionada, se abre una nueva ventana (interfaz) en donde permite enlazar el módulo lógico programable con la computadora mediante el cable de ethernet. Esta acción se realiza con un clic en el recuadro dirección IP, donde se debe introducir la dirección IP que proporciona el PLC, figura 57.

Introducida la IP, se realiza una prueba de conexión realizando clic en el recuadro PROBAR, figura 57. Si la dirección IP es correcta se visualiza un visto de color verde en la ventana, Figura 58.

Figura 57.

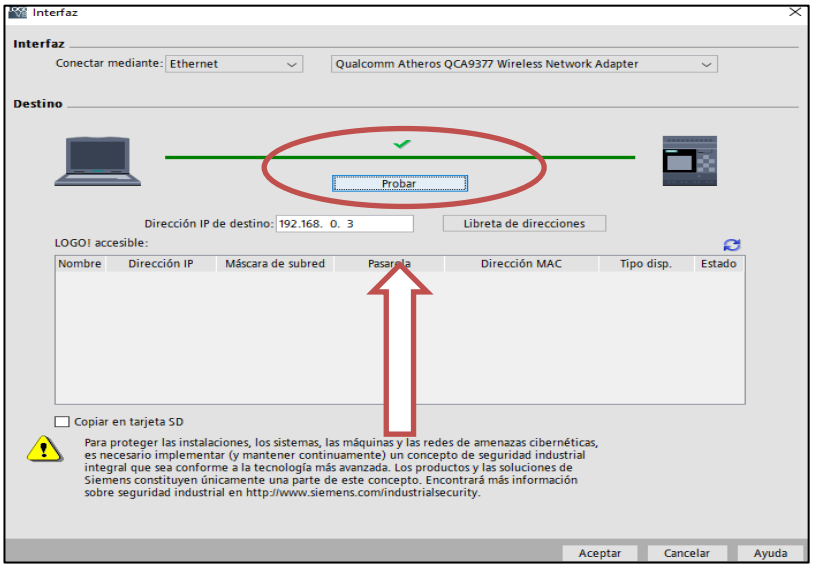
Ventana de emparejamiento de PC-LOGO mediante IP.



Nota: Prueba de emparejamiento

Figura 58.

Verificación de correcta compatibilidad.

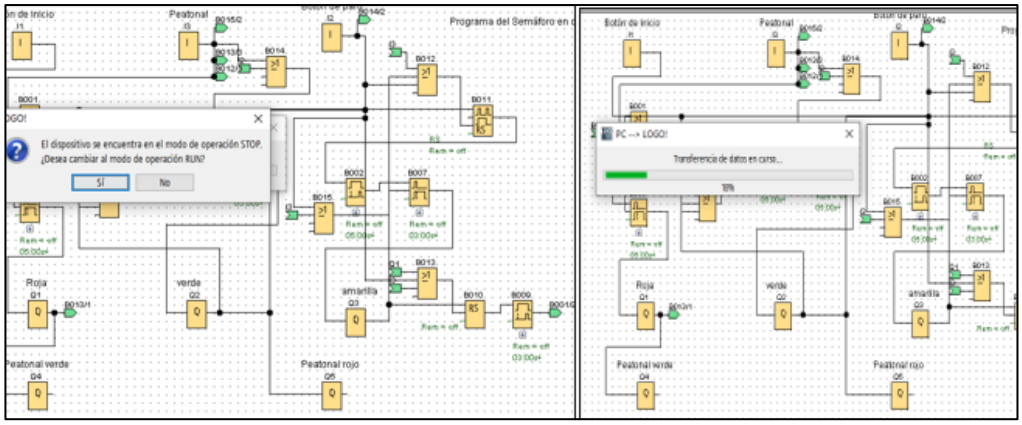


Nota: Emparejamiento correcto

Realizado de manera correcta el emparejamiento, se presiona un clic en la parte inferior de la ventana, sobre el recuadro ACEPTAR. Al ejecutar esta acción se visualizan algunas ventanas, se debe escoger la opción aceptar en todos los cuadros que aparezcan, hasta observar una barra donde indica la transferencia del algoritmo hacia el PLC, figura 59.

Figura 59.

Subida del archivo a PLC.



Nota: Pestañas de carga del archivo al PLC.

6.1.3 Pruebas de simulación

En las pruebas de simulación se utiliza las instalaciones del laboratorio de Electricidad del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, que cuenta con tableros de control eléctrico, pulsadores, luces piloto, PLC, etc., estos tableros permiten comprobar el algoritmo realizado. Para este caso, el PLC utilizado es el LOGO V8. 24RCE, dispositivo que funciona con una tensión de 24 voltios DC.

Para la conexión del circuito del tablero con el módulo programable, se utiliza 3 pulsadores, estos son alimentados con 24V y sus salidas se conectan a las entradas I1, I2 e I3 del PLC. Al recibir una señal en sus entradas, el PLC las interpreta y ejecuta una función según el algoritmo cargado. De las salidas del PLC, Q1, Q2 y Q3 se realiza el cableado correspondiente en las luces piloto que simulan el semáforo, para permitir que la señal de voltaje llegue a las luces, se debe alimentar con 24 voltios los relés internos del dispositivo, estos terminales se encuentran ubicados en las salidas(Q), es recomendable utilizar puentes para energizar cada uno de los relés, Anexo 1(figura 60).

Realizada la conexión, se procede a dar inicio a las pruebas de simulación, para ello se utiliza el botón verde en el PLC para seleccionar la opción start que aparece en la pantalla del dispositivo. Ejecutado el algoritmo en el PLC, se presiona el pulsador conectado a la entrada I1 donde inicia la secuencia del semáforo, Anexo 1(figura 61).

El programa inicia de manera correcta y se evidencia la inexistencia de errores en el algoritmo, además, se realiza la comprobación de los botones de paso peatonal y paro del sistema, evidenciando que el sistema está listo para ser implementado en el tablero original conjuntamente con el semáforo, Anexo 1(figura 62).

6.1.4 Dimensionamiento del sistema

Para el dimensionamiento de los elementos de protección y calibre de cable del sistema, se registra las cargas que están presentes en el proyecto. Se utiliza la hoja de datos (datasheet) de cada componente, valores que se describen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Cargas totales de los componentes del sistema de semaforización.

Componentes	Potencia	Voltaje
Luz roja	12 W	120 V
Luz amarilla	7 W	120 V
Luz verde	7 W	120 V
Luz peatonal verde	7 W	120 V
Luz peatonal roja	7 W	120 V
LOGO PLC	4.8 W	120 V
Total	44.8 W	

Nota: Tabla realizada tomando en cuenta el datasheet de cada dispositivo.

Obtenidos los valores de potencia de las cargas y el valor de la tensión de operación, se realiza la sumatoria total de potencia de los componentes y se dimensiona la protección general del sistema implementando la **ecuación 5**.

$$I = \frac{44{,}8\ W}{120\ V} = 0{,}374\ A$$

Obtenida la corriente total del sistema, se implementa un interruptor termomagnético de 2 A.

El valor de corriente obtenida es utilizado para seleccionar el calibre del conductor adecuado en el sistema de semaforización, en la Tabla 2 se visualiza los valores de corriente de operación de los conductores eléctricos.

Con el valor de consumo total del circuito, se calcula el consumo mensual que representa el sistema de semaforización, mediante la implementación de la ecuación 6.

Ecuación 7.

$$CM = P * Horas\ de\ uso\ diarias * Días\ de\ uso\ mensual * Costo\ en\ dólares$$

$$CM = 0.0448\ KW * 24\ H * 30\ Dias * \$\ 0.092$$

$$CM = 2.96\ Dólares.$$

6.1.5 Implementación del tablero didáctico de semaforización

La implementación del tablero didáctico se realiza a través de las siguientes etapas:

En la primera etapa se adquieren los materiales necesarios para la construcción de la estructura, los elementos principales son: el tubo cuadrado, la malla toll agujerada, suelda y disco de corte.

En la segunda etapa se inicia el armado de la estructura y soporte del tablero didáctico, se realizan las mediciones de los tubos cuadrados cuyas dimensiones son: 1.50 metros de alto, 1 metro de ancho y 20 centímetros de repisa. Una vez obtenidas las medidas, se procede a realizar los cortes del tubo, a continuación, se unifica con suelda las piezas formando un marco de un metro cuadrado, esta es la base para instalar el toll agujerado de manera vertical que consta de las mismas dimensiones del marco. Adicionalmente se implementa una base con ruedas para facilitar el transporte del tablero, Anexo 2 (Figuras 64-67).

En la tercera etapa se construye el soporte para el módulo del semáforo con tubo metálico reforzado de 8 centímetros cuadrados y un grosor de 2 milímetros, se procede a medir y cortar los tubos tomando en cuenta las medidas del módulo del semáforo para ubicarlas a una altura ideal. El semáforo vehicular tiene una medida de 90 centímetros de alto, es ideal diseñar el soporte a una altura de 2.08 metros de alto, con 2 bases de 70 centímetros en forma de cruz, 2 soportes de 30 centímetros que sujetan el semáforo vehicular y 2 soportes de 28 centímetros que sujetan el semáforo peatonal. A continuación, se inicia a soldar y pulir todas las piezas, otorgando la forma al poste de semaforización, Anexo 2 (Figuras 68-71).

En la cuarta etapa se procede a pintar con pintura spray de color amarillo el toll agujerado, posteriormente se procede acoplar el toll sobre la estructura que sujeta el tablero. Para este proceso se utiliza tornillos auto perforantes que sostienen el contorno del marco con el toll agujerado, permitiendo una adecuada fijación y gran resistencia al peso y movimiento.

A continuación, se procede a medir y cortar el riel DIN en secciones, estos son ubicados siguiendo el modelo anteriormente planteado, Figura 45. Realizado este proceso, se instalan los componentes sobre las secciones de riel DIN que se ubicaron anteriormente sobre el tablero, se inicia con la implementación de los 2 interruptores termomagnéticos en los extremos superiores (el primero para el sistema de fuerza y el segundo para el sistema de control), en la parte inferior del sistema de fuerza se ubica dos contactores con sus respectivos contactos auxiliares, en la parte inferior del sistema de control se ubica el PLC (Logo 230RC) y los relés de 110/110 voltios; todos los elementos son asegurados a la riel DIN implementando bloqueos finales. Posteriormente se realizan los agujeros en la parte superior del tablero para ubicar los 6 pulsadores y 3 luces piloto. Finalizado el montaje de

componentes, se instala las borneras según se requiera para realizar el cableado del tablero didáctico de semaforización, Anexo 3 (Figuras 72-75).

En la etapa final, se procede a realizar la conexión del circuito utilizando conductores eléctricos número 16 AWG, implementando los colores azules (fase) y blanco (neutro), el calibre del cable y código de colores, permite comprender de manera adecuada la implementación de los circuitos eléctricos realizados en todo el sistema.

Se inicia el cableado del sistema de control, conectando los elementos de protección (interruptores termomagnéticos de dos polos), se debe polarizar de manera correcta los conductores, fase en la línea de fase y neutro en la línea de neutro, estas se vinculan a las borneras (6 para fase y 6 para neutro) que provienen del interruptor de 2 Amperios, la alimentación del PLC se realiza mediante el uso de borneras anteriormente mencionadas. A continuación. se utiliza otra terminal de la bornera de fase para conectar las entradas de los tres pulsadores (2 NO y 1 NC), conexión realizada por medio de puentes. La salida de un pulsador NO se conecta a la entrada I1 (botón de inicio) en la parte superior del PLC, inmediatamente se conecta el pulsador NC a la entrada I2 (botón de paro), finalmente se conecta el otro pulsador NO a la entrada I3 (paso peatonal).

En las salidas del PLC (Q1, Q2, Q3) se realiza el cableado hacia una nueva fila de borneras donde se utiliza una por cada salida, esta configuración facilita la conexión del PLC con los relés de 110 V/110 V por medio de las borneras, los relés anteriormente mencionados son los encargados de encender y apagar las luces del semáforo, es indispensable alimentar los relés internos del controlador lógico para que el sistema funcione. El relé conectado a la salida Q1 energiza la terminal de la luz amarilla en el semáforo, el relé de Q2 energiza a la terminal de la luz roja (de esta se conecta a la luz verde del semáforo peatonal) y el relé de Q3 energiza a la terminal de la luz verde (de esta se conecta a la luz roja del semáforo

peatonal). Finalizado el cableado se procede a conectar a la red eléctrica (120 V) el tablero de semaforización, verificando que el sistema funciona correctamente, Anexo 4 (Figuras 76-79).

6.2 Discusión de resultados

En el proyecto implementado se consideran algunos aspectos relevantes de los que se menciona a continuación:

Referente a la programación del PLC, se realiza mediante diagrama de bloques, esta configuración permite ubicar y conectar diferentes tipos de funciones (retardo a la conexión, relé auto enclavador, retardo a la desconexión, etc.) mediante marcas o compuertas digitales (OR, AND, NOT etc.) logrando así optimizar el proceso de diseño del algoritmo. Este procedimiento es realizado en el software ingenieril LOGO Soft Comfort V8.3, el mismo que ofrece de las herramientas ideales para realizar las pruebas de simulación al momento de ir diseñando el algoritmo, logrando así detectar fallas y corregirlas de manera eficiente, a diferencia de la programación manual en el PLC, este formato tiene un software que despliega una barra de funciones y componentes para su aplicación con la desventaja que su implementación demanda una mayor cantidad de tiempo.

En el proceso de programación se presentan algunos inconvenientes, por ejemplo, el encendido de 2 luces al mismo tiempo, provocado por la configuración de los tiempos de retraso a la conexión y retraso a la desconexión, estos se encontraban desfasados entre sí. Para que la secuencia de las luces se cumpla, los tiempos de retraso a la conexión y retraso a la desconexión deben ser configurados considerando el tiempo en el que se encenderá o apagará la luz anterior y posterior. Por ejemplo, si la luz amarilla (Q1) se enciende por 3 segundos, el retraso a la desconexión de esa luz debe ser configurado a ese tiempo, a

continuación, el cronómetro de retraso a la conexión de la luz roja(Q2) debe corresponder a esos mismos 3 segundos, de este modo cuándo se apague la luz amarilla, los 3 segundos dispararan la conexión a la siguiente luz. Este proceso es realizado para la configuración de tiempo de todas las luces.

Para la operación del programa se dispone a implementar tres pulsadores, estos cumplen con las funciones básicas y necesarias para un sistema de semaforización. El primero tiene la función de iniciar el programa, es definido como botón de inicio. El segundo, tiene la opción de detener el programa completamente, fue implementado en caso de que el operador desee interrumpir el funcionamiento del semáforo en caso de la presencia de alguna avería. Finalmente, el tercer pulsador fue implementado para uso del paso peatonal.

Con respecto a las dimensiones del tablero en la implementación física del proyecto, este es realizado de un mayor tamaño al necesario, debido a la orientación académica y técnica del prototipo, para la operación y manipulación del sistema por parte de docentes, estudiantes y practicantes, se ha dispuesto de un espacio adicional para posibles ampliaciones del sistema.

En segunda instancia, se ha instalado componentes adicionales: contactores, relés térmicos, selector y pulsadores NC con la finalidad de implementarlos según sea el sistema diseñado e instalado, motivo por el cual al sistema de fuerza se ha escogido un interruptor termomagnético de 20 A, con la finalidad de proteger circuitos que se diseñan posteriormente.

En la conexión del sistema de control, se utiliza un break de 2 Amperios debido a que en el mercado local no está disponible un interruptor termomagnético ideal con respecto a los cálculos realizados. Referente al calibre del conductor se selecciona el cable flexible número 16 AWG, este soporta una carga mayor a la calculada tomando en cuenta la posibilidad de

ampliar el sistema, además, se utiliza terminales de punta para cable, estos permiten una mayor facilidad y seguridad al momento de realizar las conexiones. Adicionalmente, se implementa una base de soporte en la parte inferior del tablero para ubicar las herramientas o dispositivos durante la manipulación del sistema.

Para finalizar es necesario mencionar que la programación y el tablero realizado son un prototipo funcional, inicialmente adaptado y configurado para que funcione el proyecto del semáforo, por lo tanto, el prototipo es ideal para los docentes y estudiantes, ya que a través de la academia es posible implementar a futuro diversos proyectos de aplicación e investigación, por ejemplo:

- Optimizar el flujo vehicular y peatonal.
- Configuración del temporizador del semáforo peatonal (Arduino, microcontroladores).
- Implementación de sensores.
- Altavoces en los pasos peatonales para personas no videntes.
- Control múltiple de semáforos.
- Entre otros.

6.3 Presupuesto para el desarrollo del proyecto

El presupuesto utilizado para realizar el proyecto es el siguiente, Tabla 4 – 6:

Tabla 4.

Presupuesto para el proyecto, costo de componentes de la estructura.

Cantidad	Componentes	Precio Unit	Precio total
2	Tubos cuadrados 1x1x5	12.50	25.00
3	Spray amarillo	2.00	6.00
3	Spray negro	2.00	6.00
1	Disco de corte	2.00	2.00
1	Juego de ruedas	7.50	7.50
2	Libra suelda AGA	2.75	5.50
1	Broca escalonada	8.00	8.00
100	Tornillos cabeza de lenteja		2.50
50	Pernos con tuerca		5.00
3	Metros de cable concéntrico 3x16	0.75	2.25
4	Metros de cable concéntrico 2x12	1.25	5.00
1	Enchufe	1.00	1.00
1	Tubo cuadrado 8x8x2	60.00	60.00
		Total	**$135.75**

Nota: Realizado por los autores

Tabla 5.

Costo de las Luces del Semáforo.

Cantidad	Componentes	Precio Unit	Precio total
1	Semáforo vehicular con tres luces	310,00	310,00
1	Semáforo peatonal	280,00	280,00
		Total	**$590**

Nota: Tabla realizada por los autores

Tabla 6.

Costo de Componentes para el tablero didáctico

Cantidad	Componentes	Precio U	Precio Total
2	CONTACTOR DE 3P 12A EBASEE	8.68	17.36
1	RELÉ TÉRMICO 12-18 EBASEE	7.45	7.45
4	RELÉ DE 8 PINES MINI 110VAC CAMSCO	3.15	12.6
4	BASE 8 PINES PLANO PYF08A-E CAMSCO	1.79	7.16
1	LUZ PILOTO VERDE 12-450V CNC	1.55	1.55
1	LUZ PILOTO ROJA 12-450V CNC	1.55	1.55
1	LUZ PILOTO AMARILLA 12-450V CNC	1.55	1.55
2	PULSADOR VERDE PLÁSTICO CAMSCO	1.50	1.50
2	PULSADOR ROJO PLÁSTICO CAMSCO	1.50	1.50
1	PULSANTE DE EMERGENCIA CNC PLÁSTICO	2.35	2.35
30	CABLE FLEXIBLE 16	0.22	6.66
1	BREK. DE 2P 20A RIEL DIN EBASEE	4.60	4.60
1	LOGO V8 110/220V SIEMENS	164.52	164.52
1	SELECTOR DE 3 POSICIONES CAMSCO SKOS	2.24	2.24
2	TERMINAL PUNTERA 16	1.86	3.72
1	BREK. DE 2P 2A RIEL DIN EBASEE	4.72	4.72
2	CONTACTO AUXILIAR 1NO+1NC FRONTAL P/CONTACTOR	2.05	4.11
1	RIEL DIN METÁLICA 1M	1.45	1.45
10	TOPE FINAL	0.33	3.30
10	BORNERA CAMSCO H15-12	1.31	13.10
		IVA 12%	**31.92**
		Total	**297.91**

El presupuesto del proyecto Diseño y Construcción del Tablero Didáctico es el siguiente:

- 1023,66 dólares americanos.

CONCLUSIONES

- El sistema es diseñado en el software ingenieril LOGO Soft Comfort V8.3, esta aplicación permite realizar la programación de manera eficaz a través de diagramas de bloques, permitiendo tener sistemas comprensibles, eficientes y seguros para los usuarios y diseñadores, adicionalmente, entrega la opción de realizar pruebas de simulación y comprobación, se concluye que LOGOSoft Comfort V8.3 es ideal para realizar el prototipo del semáforo.
- El PLC ofrece la opción de realizar los procesos de programación de manera manual, esta alternativa es utilizada cuando no se cuenta con la aplicación y los medios para realizar la programación como una computadora. El diseño de un algoritmo en el PLC de manera manual, demanda de mayor tiempo tanto en la programación como en la realización de las pruebas, se concluye que en aplicaciones donde se requiera el funcionamiento de sistemas de manera inmediata, la opción manual no es la adecuada.
- La aplicación del software LOGO Soft Comfort V8.3, es ideal para la implementación en sistemas de control de proyectos comerciales e industriales, ofreciendo la posibilidad a los estudiantes, docentes y profesionales, de realizar investigación y desarrollo en el estudio e implementación en sistemas de media y alta potencia.
- El bloque de control denominado botón de paso peatonal, es una alternativa adicional y eficiente para implementarse en los sistemas de semaforización en la ciudad de Cariamanga, permitiendo al usuario optimizar el tránsito de peatones cuando sea permitido.

- El sistema implementado es un prototipo funcional, permite realizar diferentes configuraciones y pruebas de control, para la aplicación del botón de paso peatonal, se deben establecer y ampliar términos y protocolos a nivel técnico e incluso legal, logrando así, entregar un sistema confiable y seguro para el usuario.
- Para el diseño del prototipo, es preciso realizar la selección de materiales y componentes eléctricos y electrónicos bajo especificaciones técnicas adecuadas y eficientes, por ejemplo: el PLC implementado en el proyecto del semáforo, internamente tiene una fuente de alimentación propia, a diferencia de otros modelos de PLC, donde es necesaria una fuente externa de alimentación.
- El sistema de semaforización realizado, presenta mayor grado de eficiencia energética en comparación a los sistemas de semaforización tradicionales, por ejemplo, los semáforos de bombillos incandescentes presentan un consumo estimado de 350 W, mientras que el prototipo de semaforización realizado registra un consumo de 44.8 W, proporcionando un ahorro energético considerable.
- La elaboración del prototipo de semaforización, otorga la oportunidad al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, específicamente a las carreras de Tecnología Superior en Electricidad, Desarrollo de Software, Mecánica Automotriz y Administración, de implementar este proyecto dentro de sus procesos académicos a nivel experimental, práctico e investigación según la pertinencia de cada carrera tecnológica.

- El semáforo permite continuar con los procesos de desarrollo e investigación tanto a nivel de hardware y software, debido a las características del sistema y al equipamiento adicional instalado en el tablero de control.
- La aplicación del PLC optimiza la implementación de componentes electromecánicos y cableado, los mismos que son requeridos para la construcción de cualquier proyecto de control, permitiendo realizar sistemas en espacios reducidos con mayor eficiencia y menor costo.
- El proyecto del semáforo es una herramienta que se encuentra a disposición de la ciudad de Cariamanga, debido a sus características, es posible utilizarla para realizar estudios de optimización del tránsito vehicular y peatonal.
- El sistema diseñado e implementado cumple con la función deseada, utilizando componentes de gran potencial tecnológico, reduciendo y optimizando costos, entregando así un prototipo ideal para el ISTMS y para la ciudad de Cariamanga.
- El prototipo diseñado permite la ampliación de sus funciones y características de operación, la aplicación de sensores para automatizar los procesos de tránsito, son la alternativa adecuada para obtener un sistema con más prestaciones que los tradicionales.
- Dentro de los procesos de ampliación de funciones y actualización del sistema, es de importancia aplicar un proyecto de conteo vehicular para la obtención de datos estadísticos que permitan realizar estudios de mejora en el flujo de vehículos y peatones, de manera especial en las denominadas horas pico.

Recomendaciones

- El proyecto cuenta con equipos eléctricos y electrónicos de control, encontrándose expuestos a inconvenientes técnicos, sobrecargas, cortocircuitos, etc., por lo tanto, se recomienda la implementación de un sistema de puesta a tierra.
- Durante el proceso de instalación de los componentes en el tablero de control, es de importancia ubicar cada dispositivo de manera adecuada y segura, evitando así errores de diseño, accidentes, averías, etc.
- Se recomienda implementar sistemas de generación eléctrica basados en paneles fotovoltaicos, siendo una alternativa ideal para energizar el sistema de control y semaforización, otorgando así autonomía energética.
- El proyecto diseñado e implementado es un prototipo funcional, conformado de dos estructuras donde reposan cada uno de los dispositivos del sistema, es recomendable transportar cada estructura por separado, para facilitar la manipulación y conexión.
- La implementación final del proyecto es de gran importancia, por lo tanto, es recomendable utilizar prototipos de pruebas y prácticas para comprobar cada bloque del proyecto, obteniendo como resultado un sistema confiable, seguro y funcional.
- Es necesario realizar las conexiones de cada dispositivo con criterios técnicos adecuados, por ejemplo, la aplicación de borneras y cables de energía de manera ordenada, permitiendo obtener un sistema seguro y confiable.
- Durante la elaboración del algoritmo de control en la aplicación LOGOSoft Comfort V8.3, es necesario realizar cada bloque de manera ordenada, en caso

de existir errores o fallas en el flujo de información, estas sean corregidas de manera inmediata.

- Se recomienda la implementación del PLC Siemens LOGO 230RC, este dispositivo permite la conexión directa a la red de 120 o 240 Voltios. A diferencia de otros tipos de PLC como el Siemens LOGO 12– 24RCE, que requieren de una fuente externa de alimentación 12 o 24 voltios DC.

REFERENCIAS

AENOR. (1997). *Seguridad de las máquinas.* Suiza: IEC.

Anonimo. (31 de 01 de 2016). *cursosindustriales*. Obtenido de Cursos de Electrónica Industrial, PLC, Instrumentación Virtua: https://cursosindustriales.blogspot.com/2016/01/elementos-de-proteccion-y-control-de.html

Anónimo. (6 de Agosto de 2022). *TABLA DE AWG CONDUCTORES ELÉCTRICOS.* Obtenido de alcacompagni.blogspot.com: http://alcacompagni.blogspot.com/2017/05/descarga-la-tabla-awg-de-conductores.html

Antonio Serna Ruiz, F. A. (2010). *Guía Práctica de Sensores.* España: Creaciones Copyright.

Catálogo mando y señalización. (2017). Obtenido de https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/industrialcontrols-drives-automation-sensors/variable-frequency-drives/Control-and-signaling-build-it-in-ca047003es.pdf

Chávez, N. (26 de Abril de 2018). *LÓGICA CABLEADA Ó LÓGICA DE CONTACTOS.* Obtenido de toAZ: https://pdfcoffee.com/qdownload/logica-cableadapdf-3-pdf-free.html

ELECTRIN. (25 de Abril de 2016). *ELECTRINBLOG*. Obtenido de ELECTRINBLOG: https://electrinblog.wordpress.com/2016/04/25/post-3/#comments

Fowler, R. J. (1994). *Electricidad principios y aplicaciones.* BARCELONA: REVERTÉ.S.A.

GENERA CREATIVE GROUP. (18 de Julio de 2021). *autycom*. Obtenido de autycom: https://www.autycom.com/que-es-logo-siemens-y-como-funciona/

INET; Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología . (2004). *Controladores lógicos Programables - PLC- 2.* Buenos Aires: Saavedra 789.

Juan Carlos Martín Castillo, J. M. (2019). *Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios.* Alianza Editorial.

Moreno, R. P. (2004). *Ingeniería de la automatización industrial* (Vol. 2). Alfaomega.

My Robotronik. (30 de Mayo de 2021). *My Robotronik*. Obtenido de My Robotronik: https://www.myrobotronik.com/blog/control-industrial/rele-generador-de-pulsos/#Definiciones_Basicas

Nistal, F. J. (2002). *Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos* (Vol. 3 Edición). THOMSON-PARANINFO.

Perez, E. (2008). *Diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico programable PLC S7-200 de Siemens.* Universidad Pontificia Bolivariana.

Pulido, M. Á. (2007). *Controladores Lógicos.* Barcelona: MARCOMBO, EDICIONES TÉCNICAS.

Saia®. (2007/2008). Catálogo Saia®CC. *Componentes de automatización y de instalaciones de edificios*. Suiza. Obtenido de http://www.ingenieros.es/files/catalogos/26-216_ES_Catalogo-CC.pdf

Shneider electric. (s.f.). Catálogo Disyuntores TeSys. Obtenido de https://www.queroautomation.com/wp-content/uploads/2021/07/SCHNEIDER-ELECTRIC-ESMKT01196G16_CAT_TeSys_CAPT_06_GV.pdf

Siemens AG. (1996). *Manual LOGO!* Obtenido de Siemens: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/761/19625761/att_75984/v1/logo_s_09_99.pdf

Viloria, J. R. (2006). *Automatismo y Cuadros Eléctricos.* España: THOMSON.

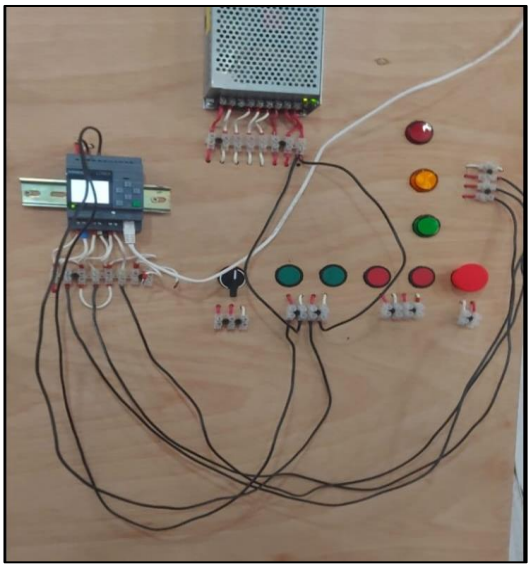
Perez, E. A. (2008, agosto). *Diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico programable PLC S7-200 de SIEMENS*. Universidad Pontificia Bolivariana

ANEXOS

Anexo 1

Figura 60.

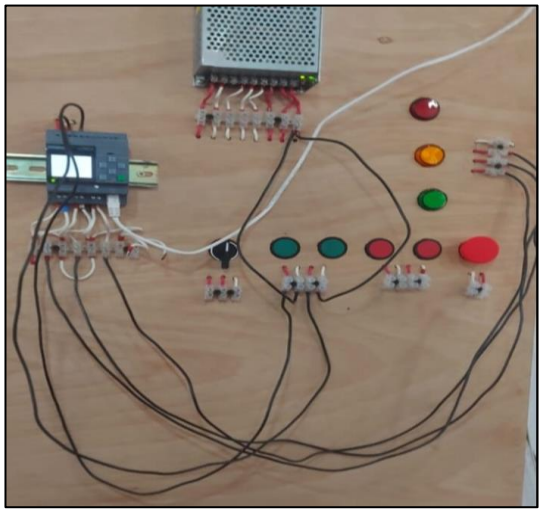
Conexión de entradas del PLC



Nota: Tomada por los autores

Figura 61.

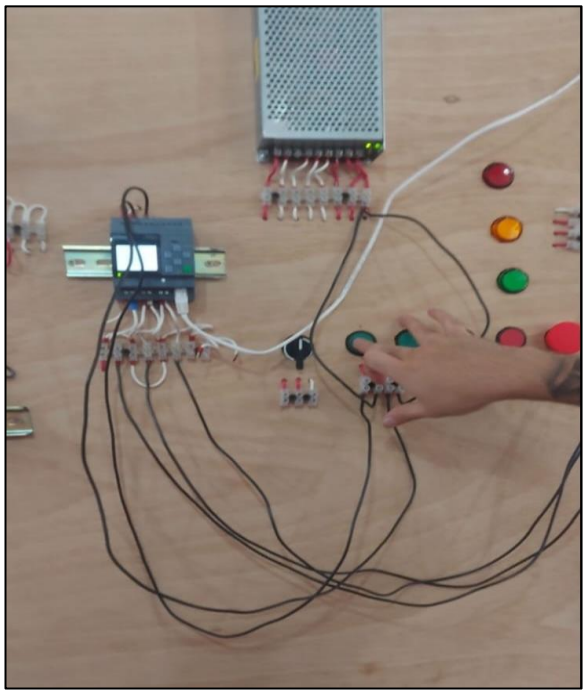
Conexión de salidas del PLC



Nota: Tomada por los autores

Figura 62.

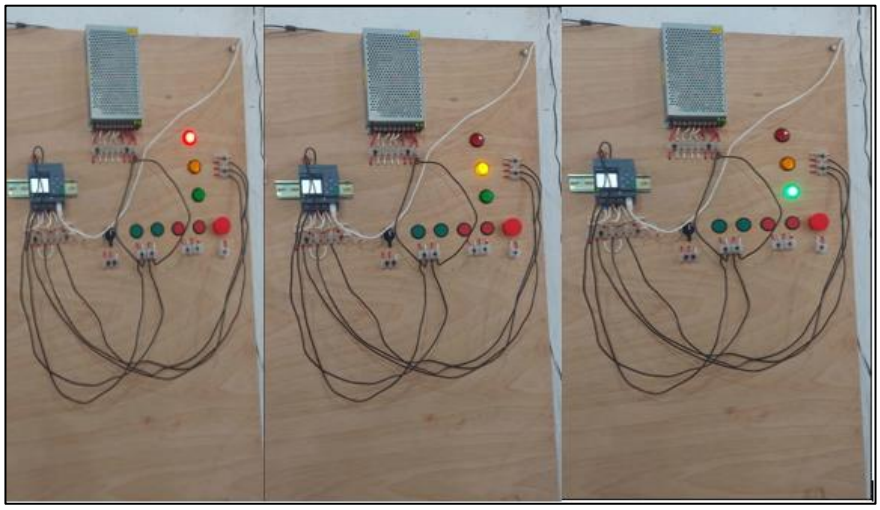
Prueba de simulación con luces piloto



Nota: Tomada por los autores

Figura 63.

Prueba de simulación con luces piloto



Nota: Tomada por los autores

Anexo 2

Figura 64.

Medidas de los tubos.

Nota: Tomada por los autores

Figura 65.

Soldada de los tubos

Nota: Tomada por los autores

Figura 66.

Armazón del marco.

Nota: Tomada por los autores

Figura 67.

Estructura del tablero terminada.

Nota: Tomada por los autores

Figura 68.

Medición y corte de los tubos.

Nota: Tomada por los autores

Figura 69.

Soldada de los tubos

Nota: Tomada por los autores

Figura 70.

Armado de la estructura.

Nota: Tomada por los autores

Figura 71.

Poste del semáforo finalizado.

Nota: Tomada por los autores

Anexo 3

Figura 72.

Inicio del pintado del toll agujerado.

Nota: Tomada por los autores

Figura 73.

Toll agujerado pintado.

Nota: Tomada por los autores

Figura 74.

Montado de los componentes sobre el toll agujerado.

Nota: Tomada por los autores

Figura 75.

Tablero de semaforización montado.

Nota: Tomada por los autores

Anexo 4

Figura 76.

Inicio del cableado del tablero.

Nota: Tomada por los autores

Figura 77.

Finalización del cableado para el tablero didáctico.

Nota: Tomada por los autores

Figura 78.

Instalación del semáforo al tablero didáctico.

Nota: Tomada por los autores

Figura 79.

Tablero didáctico de semaforización terminado.

Nota: Tomada por los autores