

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
AUTOMÁTICO PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA
INDUSTRIAL**

CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

CRISTIAN DAVID CHILIG PANELUISA

DIRECTOR: ARACELY INÉS YANDÚN TORRES

Quito, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, CRISTIAN DAVID CHILIG PANELUISA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



CRISTIAN DAVID CHILIG PANELUISA

cristian.chilig@epn.edu.ec

cchilg@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por CRISTIAN DAVID CHILIG PANELUISA, bajo mi supervisión.

ING. ARACELY INÉS YANDÚN TORRES
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

CRISTIAN DAVID CHILIG PANELUISA

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis dos pequeños (Emily y Alan), que han sido mi inspiración para seguir superándome cada día en mi vida profesional y laboral.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, que siempre me ha bendecido con pan, techo y empleo.

A mis Padres que han sido, un soporte fundamental ante las adversidades que me ha puesto la vida.

A los docentes que me transmitieron sus conocimientos de manera ética y profesional.

A mis compañeros de clase con los que en algún momento estude y socialice amablemente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	3
1.1 Objetivo general	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Marco teórico.....	5
Control de iluminación	5
Tablero de control.....	6
PLC	6
Lenguaje de programación Ladder	8
Elementos de mando.....	8
Elementos de maniobra	9
El contactor.....	9
Sensores de proximidad	10
Diagrama unifilar.....	10
Diagrama de control	11
Eficiencia energética.....	11
Eficacia Luminosa.....	12
Luxómetro.....	12
Iluminancia	12

2	METODOLOGÍA.....	13
2.1	Descripción de la metodología usada	13
2.2	Análisis del estado eléctrico anterior del LTI-ESFOT y requerimientos mínimos del sistema.....	13
2.3	Implementación del sistema de control de iluminación	14
	Diagrama unifilar.....	14
	Diagrama de control	14
	Diagrama de conexiones	16
	Diseño del algoritmo de control.....	16
	Diagrama de flujo.....	17
	Requerimientos de elementos electromecánicos necesarios para el sistema de control	19
	Dimensionamiento de los elementos electromecánicos	19
	Diseño del tablero de control	23
	Proceso de implementación del tablero de control.....	25
3	RESULTADOS	29
	Pruebas de funcionamiento del sistema de control.....	29
	Resultados de los niveles de iluminación.....	30
	Costos de implementación.....	31
	Código QR del video de funcionamiento	32
4	Conclusiones	33
5	Recomendaciones	34
6	Referencias bibliográficas.....	35
7	ANEXOS.....	38
	Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin	38
	Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular	39
	ANEXO III. Hoja de datos del LOGO 230RCE	41
	ANEXO IV. Diagrama unifilar de los circuitos lumínicos.....	42
	43

ANEXO V. Algoritmo de programación del sistema de control de luminarias	44
ANEXO VI. Código QR	49

RESUMEN

El presente proyecto trata acerca de la implementación de un sistema de control automático de luminarias tipo led para el Laboratorio de Tecnología Industrial, situado en la Escuela de Formación de Tecnólogos en la ciudad de Quito-Ecuador. El laboratorio cuenta con dos áreas de trabajo, donde cada una de estas dispondrá de un circuito llamado de espera el cual servirá para el tráfico de personas dentro del lugar y entregará un nivel de iluminación mayor a los 150 [lx], además se tendrá un segundo circuito llamado de trabajo, que será activado cuando se lleven a cabo las prácticas de laboratorio, mismo que entregará un nivel de iluminación mayor a los 500 [lx], especificado por la norma NEC.

El capítulo uno abarca la introducción acerca del sistema de control, el alcance del proyecto, así como los objetivos que definen las metas que se desean cumplir en el presente proyecto. Finalmente se detalla el marco teórico relacionado con este trabajo.

El capítulo dos contiene la metodología utilizada para alcanzar los objetivos propuestos. Se realiza un análisis del estado eléctrico del laboratorio y conociendo los requerimientos mínimos necesarios se procede con el diseño e implementación del sistema de control de iluminación.

El capítulo tres muestra los resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema de control, los niveles de iluminación obtenidos en cada metro cuadrado del LTI-ESFOT, así como un breve análisis de costos de implementación del proyecto.

El capítulo cuatro abarca las conclusiones y el capítulo cinco las recomendaciones basadas en el desarrollo, implementación y funcionamiento del sistema de control de iluminación.

El componente "CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN" es complemento del componente "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN", desarrollado por el señor Carlos Vicente Paillacho Chicaiza.

PALABRAS CLAVE: control de iluminación, LOGO, luminarias led, tablero de control.

ABSTRACT

This project deals with the implementation of an automatic control system for LED lighting fixtures for the Industrial Technology Laboratory, located in the School of Technologist Training in the city of Quito-Ecuador. The laboratory has two work areas, where each of these will have a circuit called waiting which will serve for the traffic of people inside the place and will give a lighting level greater than 150 [lx], also will have a second circuit called work, which will be activated when laboratory practices are carried out, which will give a lighting level greater than 500 [lx], specified by the NEC standard.

Chapter one covers the introduction about the control system, the extent of the project, as well as the objectives that define the goals to be achieved in this project. Finally, the theoretical framework related to this work is detailed.

Chapter two contains the methodology used to achieve the proposed objectives. An analysis of the electrical status of the laboratory is made and knowing the minimum requirements necessary, we proceed with the design and implementation of the lighting control system.

Chapter three shows the results of the control system performance tests, the illumination levels obtained in each square meter of the LTI-ESFOT, as well as a brief cost analysis of the project implementation.

Chapter four covers the conclusions and chapter 5 the recommendations based on the development, implementation and operation of the lighting control system.

The component "CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN" complements the component "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN", developed by Mr. Carlos Vicente Paillacho Chicaiza.

KEY WORDS: lighting control, LOGO, LED luminaires, control panel.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El siguiente componente titulado control automático de iluminación es complemento de la instalación eléctrica de los circuitos de iluminación desarrollado por el señor Carlos Vicente Paillacho Chicaiza, dichos componentes en conjunto forman un sistema de iluminación automático para el laboratorio de tecnología industrial (LTI). El laboratorio está situado en la Escuela de Formación de Tecnólogos conocida por sus siglas como ESFOT, perteneciente a la Escuela Politécnica Nacional.

El laboratorio actualmente se encuentra dividido en dos áreas de trabajo, un área de Control Industrial y una segunda área de Análisis Instrumental [1]. Donde los estudiantes de las diferentes carreras ofertadas por la ESFOT reciben clases y realizan diferentes prácticas dependiendo de su malla curricular.

El sistema de iluminación automático se ha llevado a cabo para las dos áreas anteriormente mencionadas del LTI-ESFOT, con la finalidad de obtener un nivel de iluminación adecuado, confortable y eficiente para el trabajo con equipos electrónicos dentro del laboratorio. Cumpliendo con los estándares de luminosidad especificados por la norma NEC [2], donde se indica que se debe suministrar un nivel mínimo de 500 [lx] a 1000 [lx] en áreas de trabajo como laboratorios, salas de cirugía, entre otros.

En primer lugar, se analizó los requerimientos mínimos necesarios para automatizar el sistema de control de las luminarias. Además, se efectuó un estudio del estado actual del laboratorio, donde se observó las luminarias que se disponían hasta ese momento y se realizaron varias medidas del nivel de iluminación.

Se implementó un tablero de control el cual contiene dos circuitos eléctricos de iluminación para cada área del laboratorio. Estos circuitos se encuentran respectivamente protegidos y gobernados mediante un controlador lógico programable. El algoritmo de programación contiene un temporizador semanal el cual activará y desactivará dos modos de control, un control manual y otro automático. Según la hora configurada desde las siete de la mañana se encienden las luminarias tipo led (modo de espera) automáticamente y adicionalmente se tiene disponible el control manual.

A partir de las nueve de la mañana hasta las seis de la tarde solo se dispone del modo de control manual. Este tipo de control manual contiene elementos de mando con los cuales se activan y desactivan los circuitos lumínicos tanto en el área de Análisis Instrumental, así como en el área de Control Industrial.

En el área de Control Industrial y en el área de Análisis Instrumental, se dispone de un pulsador de color verde que al presionar por primera vez se encenderá el circuito de espera, al presionar una segunda vez se encenderá el circuito de trabajo. En el momento que el circuito de paso y trabajo se encuentren activados, mediante un pulsador de color rojo se puede desactivar con un primer pulso el circuito de trabajo y con un segundo pulso se apagará el circuito de modo de espera.

Una segunda forma de uso del pulsante rojo, se puede dar mediante un solo pulso que desactivará el modo de espera si este se encuentra encendido. En el área de Control Industrial se dispone de un pulsador de color rojo, rotulado como L.T.I., el cual funciona mediante un solo pulso y apaga todas las luminarias dentro del laboratorio.

Cuando la hora sea mayor a las seis de la tarde, se vuelven a encender las luminarias del LTI (modo de espera) y se mantiene activo el modo de control manual. Por lo que se puede apagar todos los circuitos de las luminarias que se encuentren encendidos en ese instante mediante el pulsador de color rojo llamado L.T.I. y volver a encenderlos con los demás pulsantes de cada área del laboratorio.

En el instante en que la hora del controlador marque las nueve de la noche se activarán los sensores de movimiento, ubicados tanto en el área de Análisis Instrumental como en el área de Control Industrial. Dichos elementos al detectar presencia dentro del laboratorio encenderán los circuitos lumínicos del modo de espera de cada área y se mantendrán encendidos dependiendo del tiempo configurado en cada sensor de proximidad, además, se mantendrá activo el modo manual. Este modo de trabajo automático se desactivará antes de que la hora marque las siete de la mañana.

1.1 Objetivo general

Diseñar e implementar el control automático de iluminación del proyecto "Implementación de un sistema de iluminación automático para el Laboratorio de Tecnología Industrial".

1.2 Objetivos específicos

1. Analizar el estado eléctrico actual del LTI-ESFOT y los requerimientos mínimos del sistema de control.
2. Implementar el sistema eléctrico de control manual y automático previamente dimensionado.
3. Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de control implementado.

1.3 Alcance

Se diseñará e implementará un sistema de control de iluminación para el LTI-ESFOT, la automatización del sistema de iluminación será controlada gracias a un accionamiento autónomo en modo de espera, el cual se accionará en un horario determinado para la circulación general de personas, con un nivel de iluminación mayor a 150 luxes. El sistema de control también contará con un accionamiento manual controlado por pulsadores el cual, será activado cuando se lleven a cabo las prácticas dentro del laboratorio con un nivel mínimo de iluminación equilibrada de 500 luxes. Las luminarias que se van a controlar dentro del laboratorio son en su mayoría tipo led.

1.4 Marco teórico

Control de iluminación

El control de iluminación es la facultad de ajustar el nivel de luminosidad y la calidad de la luz de un espacio definido para el desarrollo de una determinada labor como se indica en la Figura 1.1. El objetivo es controlar la luz de forma eficiente y segura, así como lograr una experiencia confortable y disminuir el consumo de energía eléctrica [3].

La iluminación de calidad es un aspecto fundamental en la vida diaria de las personas que casi siempre pasa desapercibida [3].



Figura 1. 1. Control de iluminación [3].

Tablero de control

Se trata de un equipo eléctrico que forma parte de una instalación, contiene elementos de protección y de control electromecánico, para la protección y operación del circuito de iluminación. Además, garantiza la salvaguardia de las personas y la implementación eléctrica [4].

El tablero de control está instalado en un sitio seguro y accesible al operador. Es fabricado por una empresa certificada, ensamblado acorde a las normas de construcción vigentes. El tablero está construido con materiales resistentes a la corrosión, al fuego, auto extingible y no higroscópico [4].



Figura 1. 2. Tablero eléctrico de control [5].

PLC

El controlador lógico programable es utilizado para automatizar procesos electromecánicos [6]. Es un computador industrial, dedicado y robusto que soporta el ruido electromagnético que existe dentro de la industria. Su objetivo es controlar las salidas en función de las entradas mediante un algoritmo de programación que utiliza un lenguaje no informático o de alto nivel [7].

Existen varios tipos de PLCs los cuales se mencionan a continuación [6]:

- PLC compactos
- PLC modular

- PLC de tipo montaje en rack
- PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)
- Con ordenador industrial (PC industrial)
- PLC de tipo de ranura
- PLC de tipo software

El presente proyecto se centrará en los PLC compactos, los cuales están constituidos por un CPU (Unidad central de proceso), PS (Fuente de alimentación), módulos de entrada y salida. Disponen de un número fijo de entradas y salidas digitales, uno o dos canales de comunicación (para la programación del PLC y la conexión de buses de campo) y HMI. Pueden contener entradas y salidas analógicas, así como una entrada para el contador de alta velocidad. Se deben conectar módulos de expansión si se desea aumentar la cantidad de entradas y salidas analógicas y/o digitales, dichos módulos deben ser producidos por el mismo fabricante.

Para la automatización del sistema se utilizará el módulo LOGO 230 RCE Ethernet, 8.3 E/4S 115-230 [VAC] de la marca Siemens, el cual se muestra en la Figura 1.3.

Entre las características más importantes de este dispositivo se destacan las 8 entradas y 4 salidas digitales, entradas de alimentación de 115 a 230 [VAC] y una batería interna que es de mucha utilidad para el proyecto. Es un PLC compacto y modular por lo que se puede aumentar sus prestaciones mediante módulos de entradas y salidas digitales o analógicas, módulos especiales, entre otros. En el ANEXO III, se visualiza la hoja de datos completa del controlador lógico programable [8].



Figura 1. 3. LOGO! 230RCE [8].

Lenguaje de programación Ladder

El diagrama de contactos Ladder también conocido como diagrama en escalera es un lenguaje de programación gráfico, basado en esquemas de control clásicos, empleado mayormente por los autómatas programables para control digital y utiliza un bloque de símbolos estandarizados que han sido racionalizados por la norma IEC 61131-3 [9].

En Ladder, se pueden implementar funciones lógicas de forma simple y la energía eléctrica se traslada de izquierda a derecha a diferencia de los diagramas eléctricos donde la energía se desplaza de arriba hacia abajo [10].

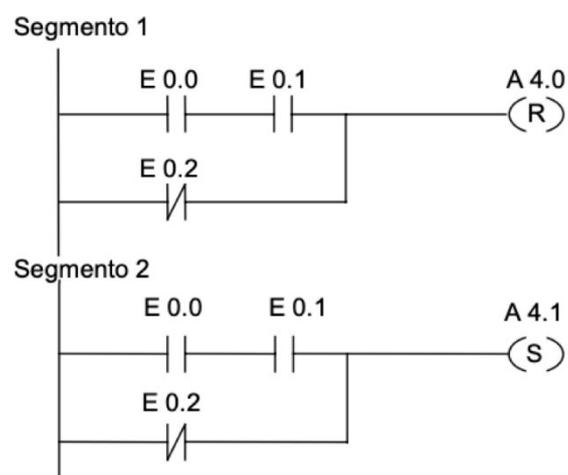


Figura 1. 4. Ejemplo de diagrama Ladder [10].

Elementos de mando

Son dispositivos electromecánicos que se utilizan para conectar o desconectar circuitos de un cuadro de maniobra [7].



Figura 1. 5. Botones y pulsadores [11].

Elementos de maniobra

Es el conjunto de componentes electromecánicos entre estos los contactores, relés e interruptores cuya conexión se efectúa y se mantiene mediante un electroimán [7].



Figura 1. 6. Ejemplo de elementos de maniobra [12].

El contactor

Es un mecanismo de mando a distancia el cual puede abrir o cerrar circuitos, ya sea en vacío o en carga. El contactor utilizado en el presente proyecto se puede observar en la Figura 1.7.



Figura 1. 7. Contactor Siemens.

Este elemento electromecánico se implementó en el tablero de control, el cual sirve para activar y desactivar los cuatro circuitos lumínicos que se encuentran en el laboratorio.

Sensores de proximidad

Son dispositivos electrónicos que detectan si un objeto se encuentra en una determinada posición con o sin necesidad de contacto físico [13].

En el presente proyecto se utilizó el detector de movimiento con ángulo de 180 grados, dispone de un rango de detección de 12 metros [14], 2 cables para energizarlo con 110 [V] y un cable que sirve para enviar la señal al controlador.



Figura 1. 8. Sensor de movimiento con ángulo de 180 grados [14].

Diagrama unifilar

También llamado esquema unifilar el cual es una representación gráfica de una instalación eléctrica o una sección del mismo. El diagrama unifilar difiere de otros tipos de esquemas en que el conjunto de conductores eléctricos de un circuito se reemplaza por una sola línea, independientemente del número de conductores anteriormente mencionados [15]. En la Figura 1.9 se observa un ejemplo de esquema unifilar.

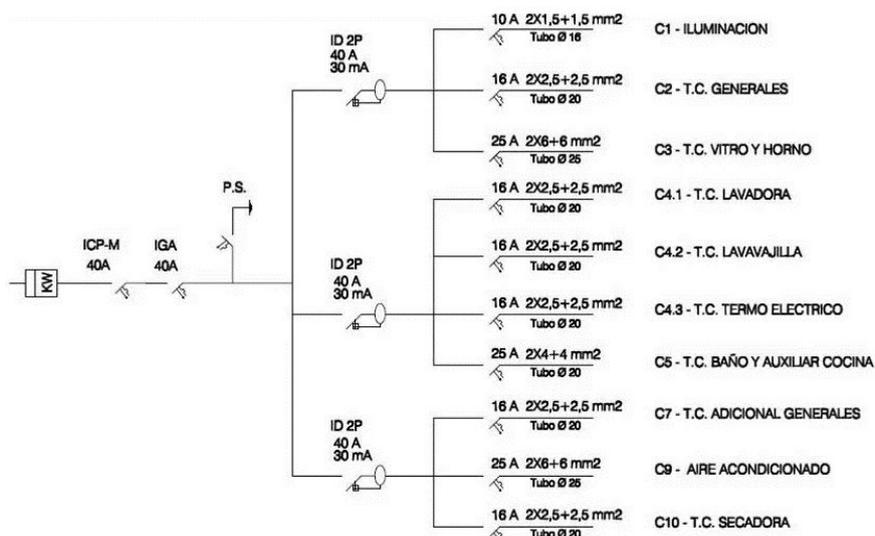


Figura 1. 9. Diagrama unifilar [16].

Diagrama de control

Este tipo de diagrama representa dos circuitos, un circuito de control y un segundo circuito de potencia. A continuación, se muestra un esquema de control en la Figura 1.10.

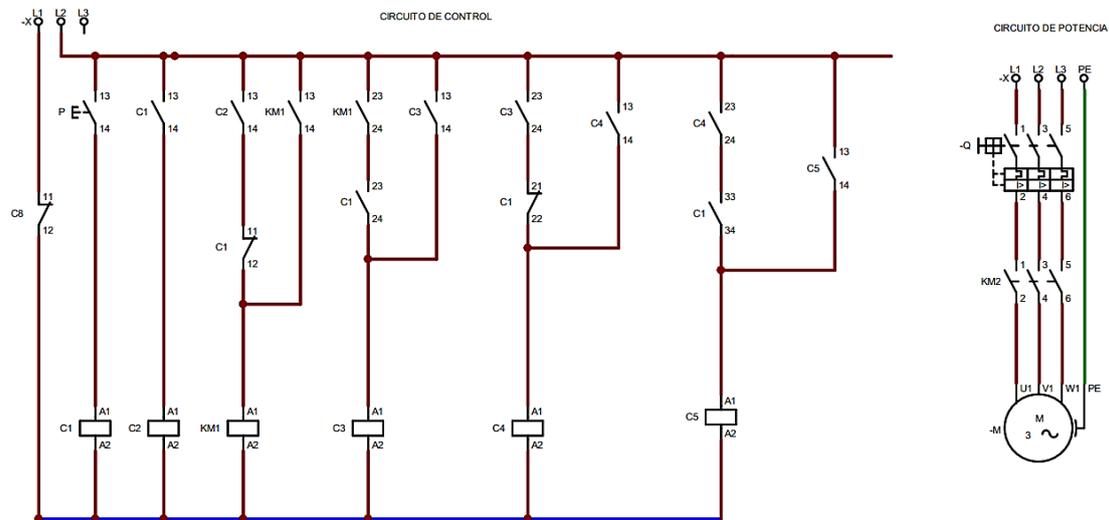


Figura 1. 10. Diagrama de control.

Eficiencia energética

Es la acción de reducir la cantidad de energía eléctrica necesaria para cumplir la demanda sin alterar su calidad. Implica el cambio de un equipo por otro, que, brindando los mismos servicios, consume menos electricidad. Por lo tanto, la eficiencia energética es usar un congelador de “clase energética A” en lugar de un congelador de “clase energética G” según el etiquetado energético actual, ver Figura 1.11, con el objetivo de ahorrar corriente eléctrica [17].

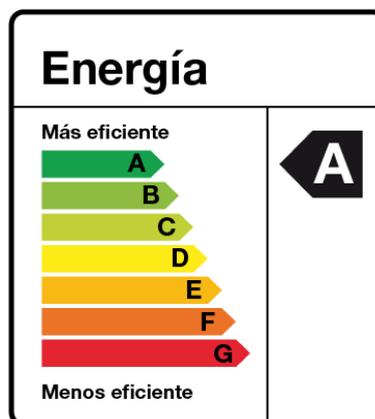


Figura 1. 11. Etiquetado de la clasificación energética en electrodomésticos [18].

En el presente proyecto la eficiencia energética en la iluminación se ve reflejada en el uso de lámparas led en lugar de bombillas incandescentes, las cuales son muy poco eficientes ya que disipan la electricidad en forma de calor y consumen mayor energía eléctrica.

Eficacia Luminosa

Se trata de la cantidad de luz emitida por unidad de potencia eléctrica [W] consumida por una lámpara, su unidad de medida son los lúmenes por vatio y posibilita la comparación de la eficiencia de una fuente de luz con respecto a otras [17].

Luxómetro

Es una herramienta de medición que sirve para cuantificar la luminosidad en un lugar determinado. Este dispositivo contiene una célula fotoeléctrica que absorbe la luz y la transforma en impulsos eléctricos, los cuales suelen ser presentados en una pantalla digital o análogamente mediante una ajuga con una escala de luces [19].

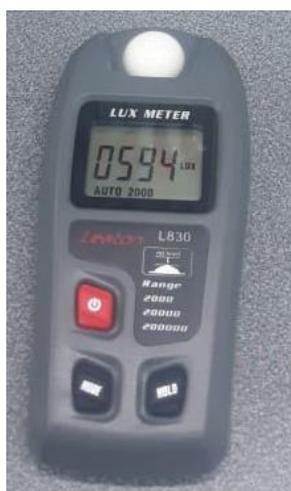


Figura 1. 12. Luxómetro digital.

Iluminancia

Es la cantidad de luz emitida sobre una determinada área, tiene como unidad de medida el lux. Teniendo en cuenta que un lux es igual un lumen por cada metro cuadrado [19].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Se implementó un gabinete de control que contiene un grupo de dos circuitos eléctricos para el área de análisis instrumental y otro grupo de dos circuitos para el área de control industrial, dichos circuitos tienen un funcionamiento similar. Todos los circuitos se encuentran debidamente protegidos y son gobernados por un autómatas, estos circuitos son controlados mediante pulsantes que encienden y apagan cada circuito.

Cada grupo dispone de un primer circuito eléctrico de iluminación llamado circuito de paso, el cual es empleado para la circulación de personas y entrega un nivel de luminosidad superior a los 150 luxes especificados por la NEC. El segundo circuito nombrado como circuito de trabajo, se utiliza cuando se desarrollan prácticas de laboratorio y brinda un nivel de luminosidad mayor a los 500 luxes, como se indica en la norma NEC.

2.2 Análisis del estado eléctrico anterior del LTI-ESFOT y requerimientos mínimos del sistema.

Se realizó una evaluación técnica del circuito eléctrico y lumínico del sistema de iluminación anterior del laboratorio, con el objetivo de establecer los posibles cambios a efectuar. Esta evaluación del sistema anterior se encuentra desarrollada en el componente A titulado "Instalación eléctrica de los circuitos de iluminación" del proyecto IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMÁTICO PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL, donde se determinó que existía un nivel de iluminación promedio de 91 [lx] en el área de control y 97 [lx] en el área de instrumentación.

Se verificó también, que el sistema de iluminación dentro del laboratorio era un circuito independiente, midiendo la tensión de entrada en el tablero de control. El laboratorio consta de dos áreas de trabajo, un área de análisis instrumental donde para el control manual se dispone de un pulsador de color verde para el encendido de las luminarias tipo fluorescentes y un segundo pulsador de color rojo para el apagado de las mismas.

En el área de control industrial, se dispone de un pulsador de color verde para el encendido de las bombillas tipo led que se encuentran dentro de 22 dicroicos distribuidos de manera equidistante a lo largo de toda la zona de control industrial. Seguidamente se tiene un pulsador de color rojo que desactiva las bombillas tipo led

anteriormente mencionadas. Conjuntamente con estos dos pulsadores existe un tercer pulsante de color rojo el cual con un solo pulso desconecta todo el sistema de luminarias del LTI-ESFOT.

Adicionalmente, para el control automático se tienen dos sensores de movimiento con giro de 180°, uno para cada área y estos eran utilizados para el control automático de las luminarias.

2.3 Implementación del sistema de control de iluminación

Diagrama unifilar

En el esquema unifilar mostrado en el ANEXO IV se puede observar la interconexión entre los elementos de maniobra, los elementos de protección y las luminarias de cada área del LTI-ESFOT. Donde se indica la fuente de alimentación monofásica, el diámetro del cable utilizado para las conexiones eléctricas, la protección principal, las protecciones secundarias y los contactores que controlarán la activación y desactivación de cada circuito eléctrico que conforma el sistema. Además, se incluye un ramal con el proyector y su respectiva protección termomagnética.

Diagrama de control

El diagrama de control fue realizado en el programa CadeSimu e indica un circuito de control que señala la forma de conectar el controlador con los pulsadores y un circuito de potencia con la conexión de los contactores, las luminarias y las luces indicadoras.

El circuito de control que se visualiza en la Figura 2.1 muestra el PLC LOGO 230RCE de la marca Siemens, el cual se encuentra alimentado por una fuente de corriente alterna de 127 [V]. En sus entradas físicas están conectados cinco pulsadores con contactos normalmente abiertos y seguidamente dos sensores de movimiento. En la línea de fase de la alimentación existe un disyuntor de 25 [A] el cual protegerá al controlador de sobre corrientes. En las salidas físicas tipo relé van conectados los contactores, los cuales tienen como función energizar los cuatro circuitos lumínicos, tanto de espera como de trabajo de cada área del LTI-ESFOT. Dichos circuitos se encuentran debidamente protegidos con disyuntores de 16 [A] cada uno y conforman el circuito de potencia mostrado en la Figura 2.2.

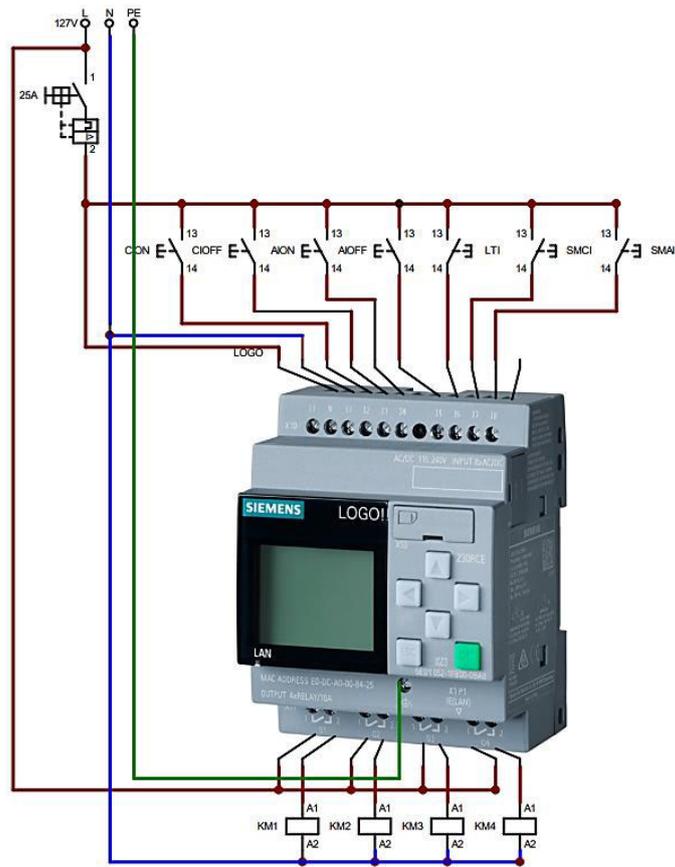


Figura 2. 1 Circuito de control implementado en el LTI-ESFOT

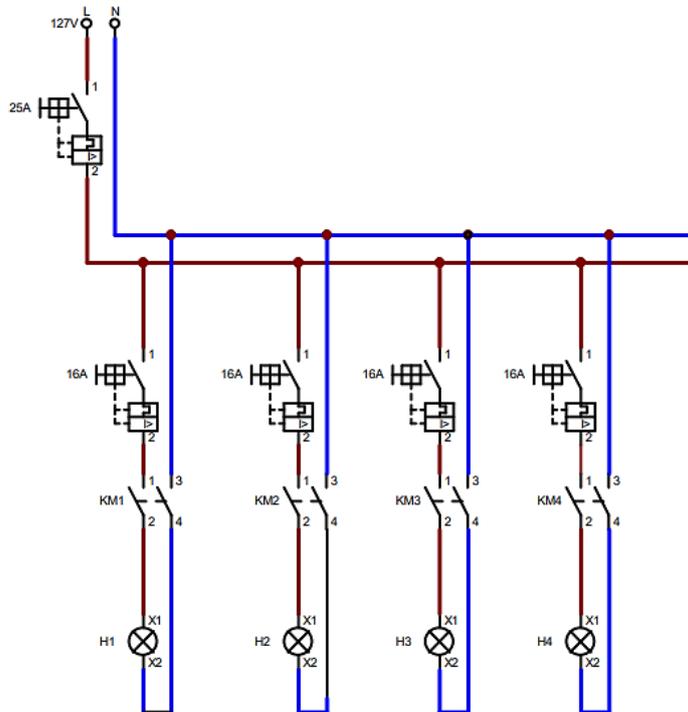


Figura 2. 2 Circuito de potencia implementado en el LTI-ESFOT

Diagrama de conexiones

El siguiente esquema muestra la manera de conectar los elementos electromecánicos que se encuentran dentro del tablero de control. Es un diagrama que es fácil de entender para las personas que en algún momento deseen replicar el control automático de luminarias en otro sitio.

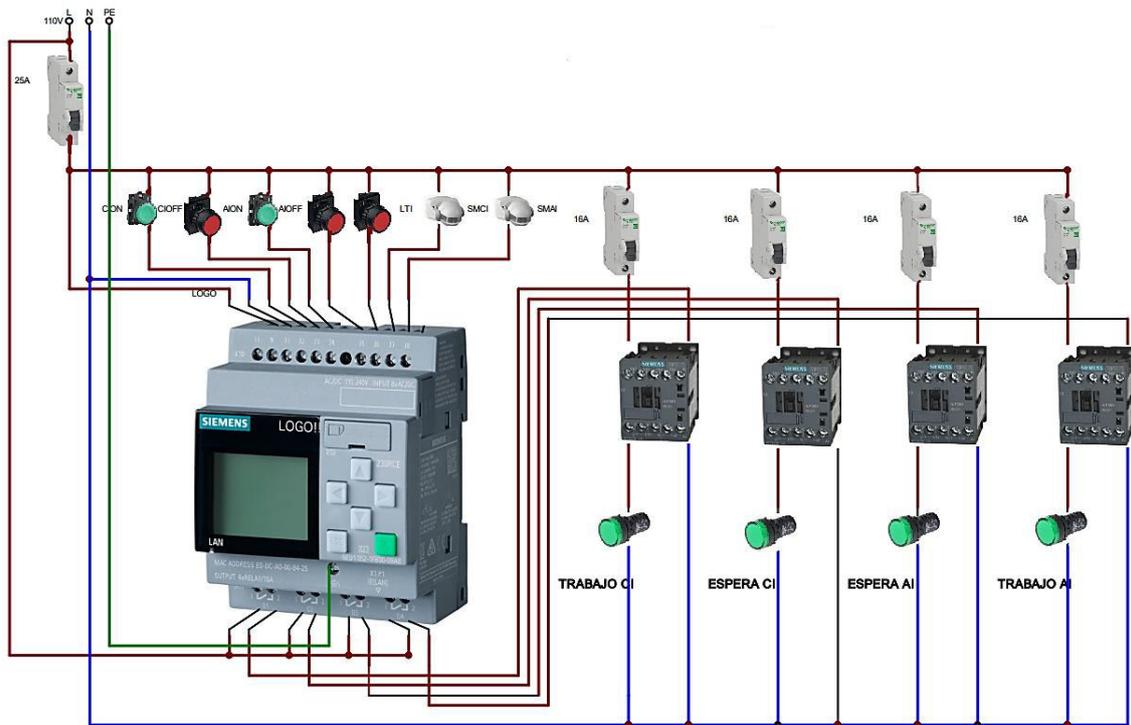


Figura 2. 3 Diagrama de conexiones dentro del tablero de control.

Diseño del algoritmo de control

Se diseñó el algoritmo de control en el programa LOGO!Soft Comfort versión 8.3, según las condiciones especificadas para el control del sistema de iluminación. Posteriormente, del sistema de iluminación anterior se utilizó los 5 pulsadores descritos anteriormente y los sensores de movimiento de 180°, estos se encuentran conectados en las entradas digitales del controlador, utilizando un total de 7 entradas físicas. En las salidas se utilizaron las 4 salidas físicas digitales tipo relé, que están conectadas a los contactores Siemens de 18 [A]. Los contactores son los elementos actuadores que activarán y desactivarán cada circuito de iluminación según la programación del LOGO 230RCE. El algoritmo de control se encuentra en la parte de anexos, como ANEXO V.

Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de flujo representa el funcionamiento del sistema de control de las luminarias dentro del laboratorio, cumpliendo con las condiciones y requerimientos del proceso. En la Figura 2.3 se observa el diagrama de flujo del control automático del sistema y en la Figura 2.4 se visualiza el modo de control manual. Los dos diagramas fueron realizados en la aplicación en línea Lucidchart.

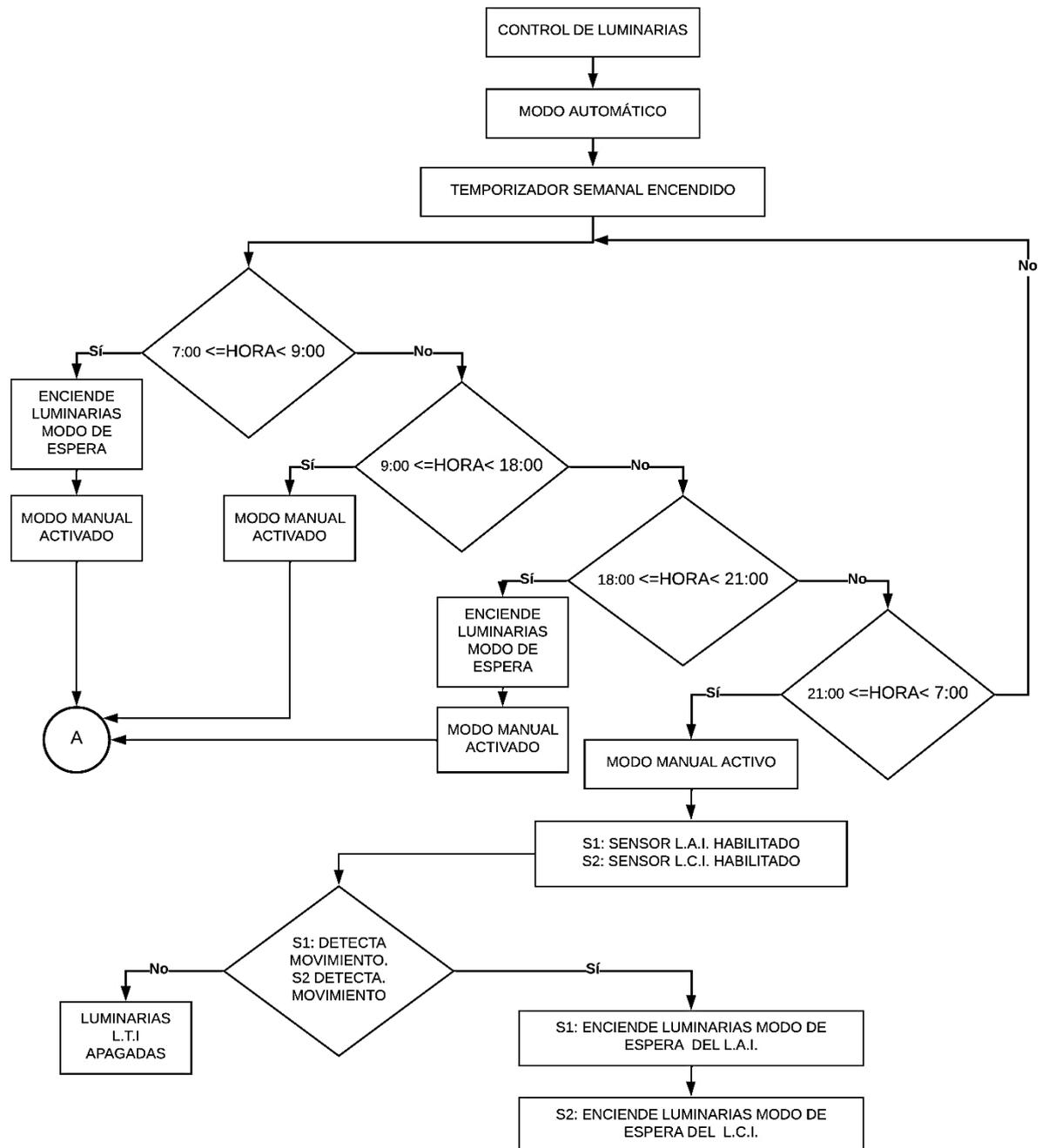


Figura 2. 4 Diagrama de flujo del control automático de luminarias.

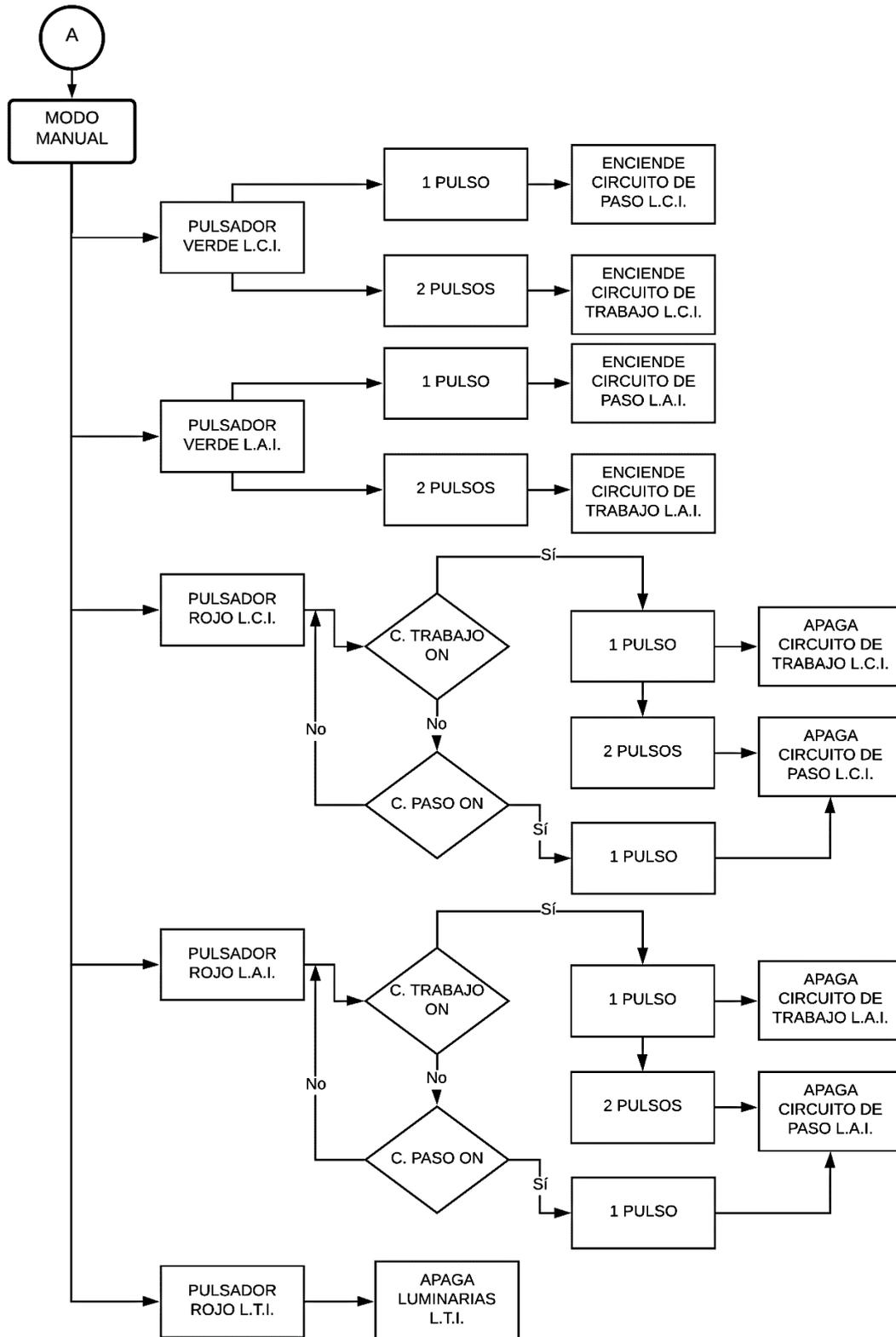


Figura 2. 5 Diagrama de flujo del control manual del sistema de iluminación.

Requerimientos de elementos electromecánicos necesarios para el sistema de control

A continuación, se enlista los dispositivos y materiales necesarios para la implementación del sistema de control automático de las luminarias, los mismos que están ubicados dentro del gabinete o tablero de control:

- 1 Módulo lógico Siemens (LOGO! 230RCE).
- 4 Contactores.
- 5 Interruptores termomagnéticos monopolares.
- 1 Interruptor termomagnético principal.
- 1 Interruptor termomagnético para el proyector.
- 1 Repartidor de carga de 4 polos.
- 2 metros de canaleta ranurada.
- 1 metro de riel din.
- 50 metros de cable flexible AWG 14, color rojo.
- 50 metros de cable flexible AWG 14, color negro.
- 1 metro de canaleta tipo cerrada.

Dimensionamiento de los elementos electromecánicos

En el laboratorio se disponen de dos áreas de trabajo y en cada área existen dos circuitos lumínicos que difieren entre sí por su nombre, función y número de cargas. Teniendo un total de cuatro circuitos de iluminación dentro del LTI-ESFOT, que contienen en su mayoría luminarias tipo led.

En el área de control industrial, el primer circuito llamado de espera contiene 16 luminarias de 32 [W] y 20 de 9 [W] cada una y funcionando a 120 [VAC]. Este circuito de espera está distribuido en dos ramales, cada ramal contiene 8 leds lineales de 32 [W] y 10 focos leds de 9 [W] cada uno. El disyuntor termomagnético será del mismo valor para cada ramal.

Para determinar la potencia total de un circuito se debe multiplicar la potencia individual de cada carga por la cantidad de luminarias que formen parte del mismo, como se indica en la Ecuación 2.1 que se detalla a continuación:

$$P_t = P_c \cdot \#luminarias$$

Ecuación 2.1. Potencia total de las luminarias.

Donde:

Pt: Potencia total resultante

luminarias: Número de luminarias

Pc: Potencia de cada carga

Reemplazando los valores de potencia de cada tipo de carga y el número de luminarias del circuito de espera del área de control, se obtiene la siguiente potencia total:

$$P_{t_{\text{modo espera}}} = 346[W]$$

Para determinar la corriente que consume cada circuito lumínico, se tiene la siguiente Ecuación 2.2:

$$P_t = V \cdot I$$

Ecuación 2.2. Fórmula de la potencia en base a la tensión y la corriente.

Donde:

V: 127[V] Tensión de alimentación

Pt: 346 [W] Potencia total resultante

Despejando la corriente de la Ecuación 2.2, se obtiene:

$$I = 2.724 [A]$$

A partir del resultado anterior se realiza una multiplicación por un factor de seguridad del 25% adicional para el dimensionamiento de la protección termomagnética.

$$I_c = I \cdot \text{factor de seguridad}$$

Ecuación 2.3. Corriente con factor de seguridad.

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$I_c = 3.4 [A]$$

Con el valor de corriente de protección obtenida y elevándola al inmediato superior, se busca un interruptor termomagnético en la siguiente Tabla:

Tabla 2. 1. Valores de intensidades de protecciones comerciales.

Corriente nominal de dispositivos de protección [A]
2
4
6
8
10
16
20

Acorde a la Tabla 2.1 se debe utilizar protecciones de 4 [A], uno para cada ramal del circuito de espera del área de Control Industrial.

Para el circuito de trabajo del laboratorio de Control Industrial, se realizó el mismo procedimiento. Donde se disponen de 8 luminarias tipo led de 36 [W] cada una y alimentadas por una tensión de 120 [VAC].

Estos datos se remplazaron en la Ecuación 2.1 para calcular la potencia total del circuito de trabajo.

$$Pt_{modo\ trabajo} = 288 [W]$$

La Ecuación 2.2 sirve para calcular la intensidad disipada. Donde se tiene como datos de entrada:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 288 [W]$$

Despejando de la Ecuación 2.2 se obtiene el siguiente valor:

$$I = 2.27 [A]$$

Utilizando la Ecuación 2.3 se obtiene el valor de la corriente de protección del circuito de trabajo del área de Control Industrial.

$$Ic = 2.834 [A]$$

Utilizando la Tabla 2.1 se observa que para este circuito de trabajo se debe utilizar una protección termomagnética de 4 [A].

Para el dimensionamiento de las protecciones del área de Análisis Instrumental se procede a reutilizar las ecuaciones anteriormente mencionadas, tanto para el circuito de paso como para el circuito de trabajo.

El circuito de paso dispone de 6 tubos fluorescentes con una potencia de 32 [W] cada uno, 4 luminarias tipo led con una potencia individual de 32 [W] y 2 focos de 9 [W] cada uno situados dentro de lámparas dicroicas. Este circuito se encuentra alimentado por 127 [VAC].

Sustituyendo los datos de las luminarias en la Ecuación 2.1 se obtiene el siguiente valor de potencia total del circuito de espera o paso:

$$Pt_{modo\ espera} = 338 [W]$$

La Ecuación 2.2 sirve para calcular la intensidad disipada. Donde se tiene como datos de entrada:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 338 [W]$$

Despejando de la Ecuación 2.2 se obtiene el siguiente valor:

$$I = 2.66 [A]$$

Utilizando la Ecuación 2.3 se obtiene el valor de la corriente de protección del circuito de espera del área de Análisis Instrumental.

$$Ic = 3.33 [A]$$

Buscando en la tabla 2.1 se ubica la protección para este circuito de espera, dando como resultado un disyuntor de 4 [A].

El circuito de trabajo tiene 4 luminarias tipo led de 36 [W] cada una, funcionando con una tensión nominal de 127 [VAC]. Reemplazando los datos de las luminarias en la Ecuación 2.1 se obtiene la siguiente potencia total.

$$Pt_{modo\ trabajo} = 144 [W]$$

La Ecuación 2.2 sirve para calcular la intensidad disipada. Donde se tiene como datos de entrada:

$$V = 127 [V]$$

$$Pt = 144 [W]$$

Despejando de la Ecuación 2.2 se obtiene el siguiente valor de intensidad:

$$I = 1.13 [A]$$

Utilizando la Ecuación 2.3 se obtiene el valor de la corriente de protección del circuito de trabajo del área de Análisis Instrumental.

$$I_c = 1.42[A]$$

Buscando en la Tabla 2.1 se ubica la protección para este circuito de trabajo, dando como resultado un disyuntor de 2 [A].

A continuación, se muestra la Tabla 2.2 que muestra de manera ordenada los valores de intensidades de protección calculadas de cada circuito del sistema de iluminación. Además, de valores de corriente de disyuntores comerciales e intensidades de termomagnéticos y contactores recomendados por la NEC.

Tabla 2. 2. Valores de corriente de los contactores y protecciones para cada circuito.

Área	Circuito	Intensidad total calculada [A]	Intensidad de disyuntores comerciales [A]	Intensidad del disyuntor recomendado por la NEC [A]	Intensidad del contactor recomendado por la NEC [A]
Control Industrial	De paso	3.4	4	16	18
	De trabajo	2.84	4	16	18
Análisis Instrumental	De paso	3.33	4	16	18
	De trabajo	1.41	2	16	18

Los valores de intensidades totales calculadas de cada circuito, no superan los 4 [A]. Por lo que se compró disyuntores de 16 [A] y contactores de 18 [A], estos valores son recomendados por la NEC para circuitos lumínicos.

Diseño del tablero de control

El tablero de control se encuentra situado en el área de Análisis Instrumental, el diseño del tablero fue realizado acorde al número de componentes electromecánicos que contiene en su interior, mismos que se detallan a continuación:

- 1 Módulo lógico Siemens (LOGO! 230RCE).
- 4 Contactores de la marca Siemens de 120 [VAC] y 18 [A] cada uno.
- 5 Interruptores termomagnéticos mono polares de 16 [A] cada uno.
- 1 Interruptor principal de 25 [A] de la marca Schneider.
- 1 interruptor de 6 [A] para el proyector.
- 1 Repartidor Leipole de 4 polos a 125 [A].

A continuación, se puede visualizar en la Figura 2.6, los componentes descritos anteriormente dentro del tablero de control.

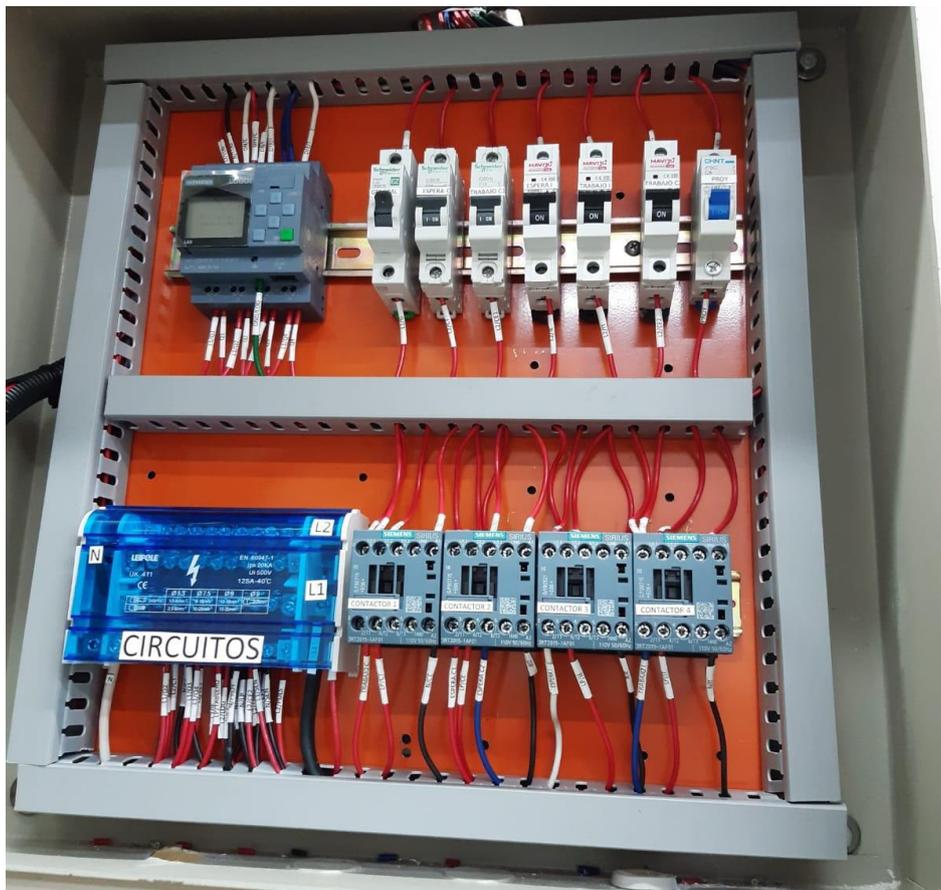


Figura 2. 6. Componentes electromecánicos dentro del tablero de control.

La tapa del tablero de control, contiene 5 luces indicadoras distribuidas y señalizadas de la siguiente manera:

- La primera luz indicadora de color verde, indica el encendido del modo de espera del área de análisis instrumental.
- La segunda luz indicadora de color verde, indica el encendido del modo de trabajo del área de análisis instrumental.

- La tercera luz de color verde/ naranja, indica que el tablero de control se encuentra energizado.
- La cuarta luz indicadora de color verde, señala el modo de espera del área de control industrial.
- Finalmente, se dispone de una quinta luz indicadora de color verde, que indica la activación del modo de trabajo del área de control industrial.



Figura 2. 7. Luces indicadoras disponibles en el tablero de control.

Proceso de implementación del tablero de control

Después de analizar los dispositivos necesarios para el control de iluminación, se procede a buscar las dimensiones del tablero que más se adecue a los requerimientos del sistema. En el CPE INEN 5 Parte 8 Secc. VIII. Numeral 9.4.1 indica que los tableros de control deben ser blindados, así mismo en la norma NEC-SB-IE [20], se brindan los criterios de instalación, de los cuales se enumeran a continuación los más importantes:

- Los tableros deben ser ubicados en un lugar seco, cercano a las cargas parciales, insertado en la pared con acceso a las personas que ejecuten trabajos de mantenimiento y reconexión.
- Se debe colocar de forma obligatoria en el interior de la tapa del tablero el diagrama unifilar con el listado de los circuitos protegidos por los interruptores.

- El tablero se debe ubicar a una altura de 1.6 metros, con referencia desde el nivel del piso hasta la base inferior.
- El tablero debe contener dos barras, una de neutro aislada y otra de tierra.

Siguiendo estos criterios de instalación se reutilizó de un tablero de control de 0.5 [m] de ancho por 0.5 [m] de alto, se ubicó el tablero a la altura recomendada por la NEC para que el operador de mantenimiento tenga libre y fácil acceso a las instalaciones que se encuentran dentro del tablero. Se empotró en la pared mediante pernos y tacos Fischer, asegurando el tablero en la pared.



Figura 2. 8. Ubicación del tablero de control de luminarias.

Se utilizó riel din para ubicar el controlador, la protección principal, las protecciones secundarias de cada circuito, la caja de borneras y los contactores dentro del tablero de control. Para guiar los cables de conexión se usó un metro de canaleta ranurada de 25 [mm] x 40 [mm], la cual es cortada y fijada mediante pernos en la base interna del gabinete. Se realizó las conexiones de los elementos electromecánicos según el diagrama de conexiones previamente diseñado.

La Figura 2.9 muestra cómo se ubicaron los dispositivos de protección, el LOGO 230 RCE, el repartidor de 4 polos y los contactores.



Figura 2. 9. Dispositivos electromecánicos incorporados dentro del gabinete.

Así mismo se colocó las luces indicadoras o luces piloto en la puerta del gabinete de control, con el fin de poder visualizar los estados de los contactores de cada circuito de luminarias disponibles en el laboratorio, sin necesidad de abrir el tablero. Todas las conexiones se llevaron a cabo con cable flexible AWG 14, recomendado por la NEC.

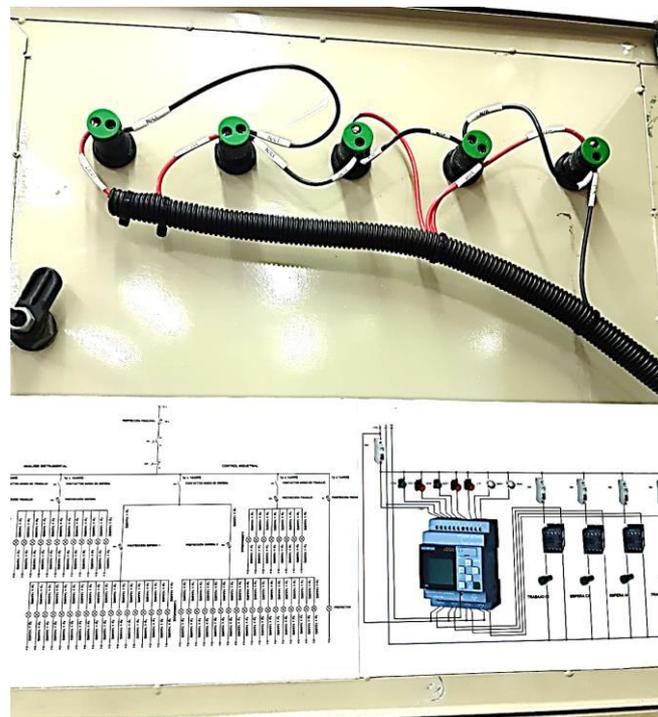


Figura 2. 10. Luces piloto implementadas en la puerta del gabinete.

Al finalizar con las conexiones de los elementos y de haber ubicado el tablero en el sitio, se procede a cargar el algoritmo de programación en el controlador, mediante cable ethernet y con el uso del software de programación (LOGO!Soft Confort versión 8.3. Cabe recalcar que esta versión del programa es la que permite la conexión con el PLC adquirido. Para cargar el algoritmo al controlador es necesario crear un protocolo de internet, configurar la conexión entre la PC donde se realizó el algoritmo de programación y el dispositivo controlador.

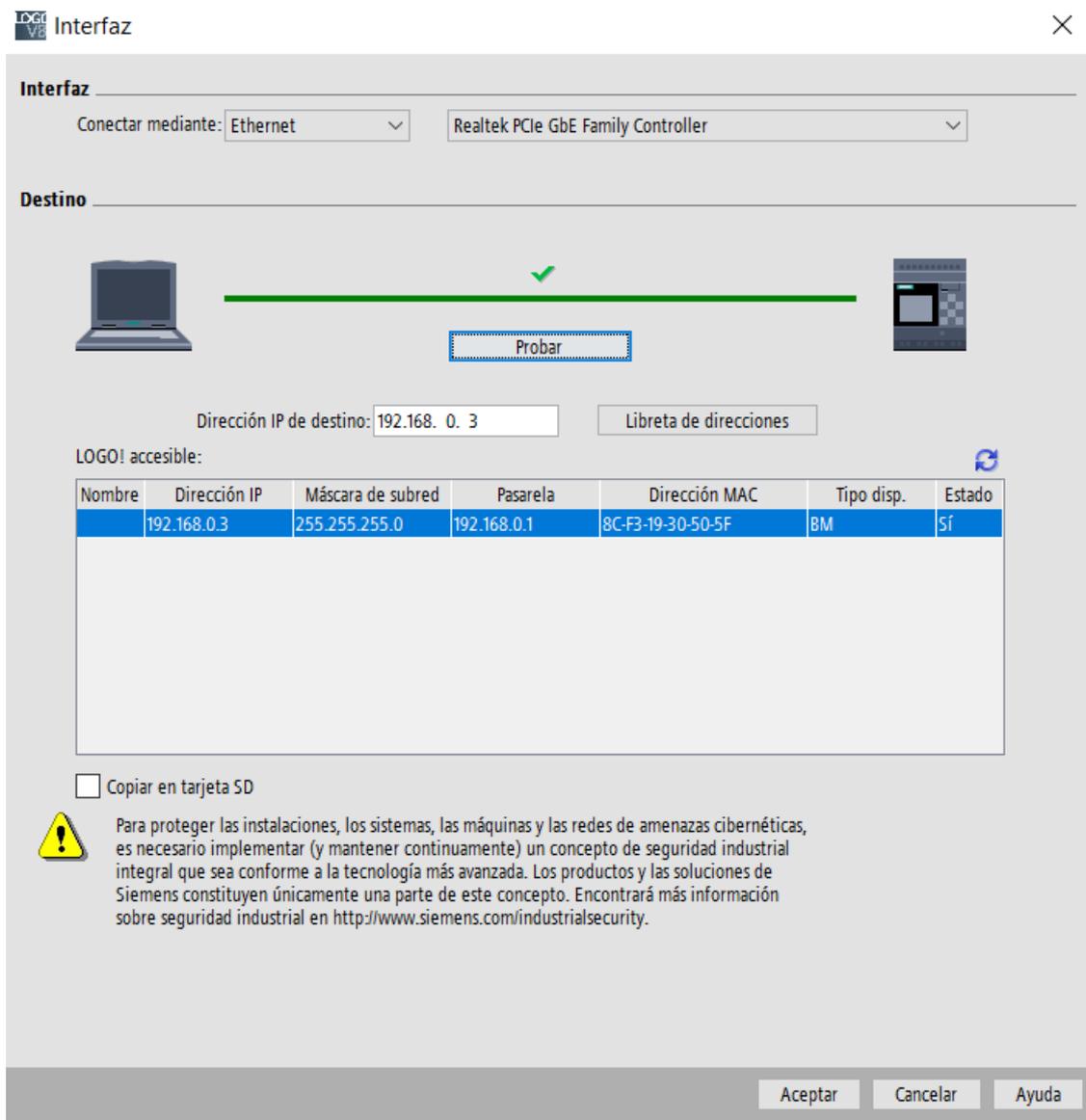


Figura 2. 11. Conexión entre la PC y el LOGO 230RCE.

Una vez que el algoritmo se encuentre cargado dentro del dispositivo, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento en el sistema de control automático de luminarias.

3 RESULTADOS

Pruebas de funcionamiento del sistema de control

Se ejecutaron pruebas de funcionamiento a cada dispositivo implementado en el sistema, activando y desactivando cada elemento de manera manual para verificar si este trabaja o no trabaja.

Tabla 3. 1. Pruebas de funcionamiento de los dispositivos del sistema de control de luminarias

Elementos eletromecánicos		Trabaja	No trabaja
Pulsador verde L.C.	Primer pulso	✓	
	Segundo pulso	✓	
Pulsador rojo L.C.	Primer pulso	✓	
	Segundo pulso	✓	
Pulsador verde L.A.I.	Primer pulso	✓	
	Segundo pulso	✓	
Pulsador rojo L.A.I.	Primer pulso	✓	
	Segundo pulso	✓	
Pulsador rojo L.T.I.	Primer pulso	✓	
Contactor L.C.E. (circuito modo de espera)		✓	
Contactor L.C.T. (circuito modo de trabajo)		✓	
Contactor L.A.I.E. (circuito modo de espera)		✓	
Contactor L.A.I.T. (circuito modo de trabajo)		✓	
Disyuntor Principal		✓	
Disyuntor secundario L.C.E.1		✓	
Disyuntor secundario L.C.E.2		✓	
Disyuntor secundario L.C.T.		✓	
Disyuntor secundario L.A.I.E.		✓	
Disyuntor secundario L.A.I.T.		✓	
Disyuntor Proyector		✓	
LOGO SIEMENS 230RCE (dispositivo y algoritmo)		✓	
Luz piloto L.C.E. (circuito modo de espera)		✓	
Luz piloto L.C.T. (circuito modo de trabajo)		✓	
Luz piloto (tablero energizado)		✓	
Luz piloto L.A.I.E. (circuito modo de espera)		✓	
Luz piloto L.A.I.T. (circuito modo de trabajo)		✓	
Luminarias L.C.E.		✓	
Luminarias L.C.T.		✓	
Luminarias L.A.I.E.		✓	
Luminarias L.A.I.T.		✓	
Sensor L.C.		✓	
Sensor L.A.I.		✓	

En la Tabla 3.1, se muestran los resultados obtenidos y se concluye que ningún mecanismo presenta defectos funcionales.

Resultados de los niveles de iluminación

Se midió la luminancia en las dos áreas del LTI-ESFOT y se obtuvieron los siguientes niveles de iluminación promedio, presentados en la Tabla 3.2. La unidad de medida de la luminancia en el Sistema Internacional de Unidades, es el lux con su símbolo [lx] el cual es equivalente a un lumen sobre metro cuadrado [lm/m^2].

En la Figura 3.1 se visualiza la utilización de un luxómetro digital para determinar la luminancia promedio en cada metro cuadrado del LTI-ESFOT.



Figura 3. 1. Obtención de medidas con el luxómetro.

Tabla 3. 2 Niveles de Iluminación por metro cuadrado del LTI-ESFOT

LUMINANCIA DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	524	588	570	574	509	757	668	520	518
2	582	595	664	690	672	766	670	612	501
3	541	665	770	779	774	783	689	665	505
4	456	507	510	610	585	623	540	640	503
LUMINANCIA DEL LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	450	612	716	622	513	533	756	632	442
2	618	770	794	741	508	740	800	788	480
3	540	679	700	738	668	727	893	790	422
4	510	850	773	708	573	700	947	810	481
5	540	707	750	747	685	738	805	785	400
6	570	754	707	805	580	630	850	700	408
7	602	738	808	853	719	730	970	946	600
8	505	695	736	690	622	741	758	707	520
9	512	640	742	765	601	693	746	744	527
10	510	638	743	691	539	606	845	542	438

En el área de Análisis Instrumental se tomaron las medidas a la altura de las mesas de trabajo las cuales tienen 0.9 [m] de alto, así como en las mesas del área de Control Industrial que tienen la misma altura. En otras áreas donde existen sombras a causa de muebles y paredes, las medidas se adquirieron a un nivel de 1.6 [m] sobre el nivel del piso.

Acorde a los datos observados en la Tabla 3.2, se observa que en la mayoría de las áreas se cumple con el nivel de luminancia recomendada por la NEC. Es importante mencionar también, que acorde a medidas de luminancia realizadas en el circuito de espera de cada área, se cumple también con el nivel de iluminación recomendados por la NEC, para el tránsito de personas dentro del laboratorio. Con niveles superiores a los 150 luxes.

Costos de implementación

Una vez cumplido con los objetivos del presente proyecto, se muestra los costos de los elementos eléctricos y dispositivos electromecánicos adquiridos a lo largo del desarrollo del proyecto.

Tabla 3. 3 Precios en dólares americanos de los elementos adquiridos para el desarrollo del proyecto.

Cantidad	Elemento	V. Unitario	V. Total
20	Led SILVANIA de 32 [W]	12	240
12	Led Maviju de 36 [W]	11.5	138
1	Cable AWG 14 color rojo	40	40
1	Cable AWG 14 color negro	40	40
1	Módulo LOGO 230 RCE-Ethernet	145	145
4	Contactador 3RT2015 18 [A]	18.5	74
5	Interruptor termomagnético 16 [A]	2.91	14.55
1	Interruptor termomagnético 4 [A]	2.91	2.91
1	Caja de borneras de 4 polos	25.4	25.4
5	Luz piloto	1.3	6.5
1	Canaleta de 25x40 [mm]	5.5	5.5
1	Canaleta de d60x40 [mm]	9.9	9.9
1	Riel din de 35 [mm]	0.45	0.45
1	Cinta aislante color rojo	2.5	2.5
1	Cinta aislante color negro	2.5	2.5
1	Rollo de manguera liza	13	13
6	Cajetín hexagonal	0.38	2.28
1	Adhesivos	16	16
TOTAL			778.49

El sistema de control tiene un costo total de 778.49 dólares americanos, en si es un precio elevado, pero se debe considerar que los costos de automatización siempre tienen este nivel de gastos. El sistema de control al pasar el tiempo recompensará el costo total. Además, aporta con la eficiencia energética de la institución y se obtiene iluminación de calidad para el trabajo dentro del LTI.

Código QR del video de funcionamiento

En el ANEXO VI se incorpora el código QR el cual contiene un enlace que mostrara el video de funcionamiento.

4 CONCLUSIONES

- El sistema implementado cuenta con luminarias tipo led que consumen una potencia máxima de 36 watts cada una, aportando a la eficiencia energética y consumiendo menos electricidad que las luminarias incandescentes. El sistema de control de luminarias implementado en el LTI-ESFOT será de utilidad para los docentes y estudiantes que trabajen dentro del lugar.
- El sistema anterior contaba con luminarias tipo dicroicos que no superaban los 150 luxes mientras que el sistema actual, en sus dos modos tanto de espera como de trabajo, superan los niveles de iluminación requeridos por la NEC.
- El sistema de control de luminarias implementado es un circuito independiente, por lo que cuenta con un solo tablero dedicado para el sistema de iluminación. Para la implementación del tablero se siguieron los parámetros indicados por la NEC, de esta manera se garantiza la correcta ubicación y ensamblado de los componentes electromecánicos que conforman el circuito de control.
- La fase de pruebas de funcionamiento fue satisfactoria en cada elemento del sistema de control, igualmente en el nivel de iluminación que supera los valores de 500 luxes en las áreas de trabajo. Cabe destacar que en lugares donde existe sombra a causa de anaqueles y en las esquinas de las paredes se obtuvo un nivel de iluminación mayor a los 400 luxes.

5 RECOMENDACIONES

- Las luminarias que componen el sistema implementado en su mayoría son tipo led. Por lo tanto, se recomienda que al terminar la vida útil de alguna de estas, se la sustituya por otra de las mismas características, así se aportará al ahorro energético de la institución y se ayuda al medio ambiente. Cabe recalcar que estos tipos de luminarias no requieren mantenimiento.
- La NEC recomienda un nivel de iluminancia mayor a los 500 luxes para áreas trabajo, como lo son los laboratorios, salas de cirugía, entre otros lugares. Por lo que se recomienda que al momento de realizar una instalación eléctrica de iluminación se realice un estudio previo mediante algún software de diseño como el Dialux para obtener el nivel de luminancia adecuada.
- El conjunto de elementos electromecánicos que conforman el sistema son de marcas reconocidas comercialmente, garantizando su funcionamiento y cuentan una larga vida útil. Sus hojas de datos son accesibles mediante la internet, para conocer sus características, manual de uso y de mantenimiento. Al momento de querer cambiar estos dispositivos se sugiere que sus reemplazos sean de igual o mayor calidad.
- Para el correcto manejo del sistema de control se recomienda observar el video adjunto en el presente proyecto, dónde se indican los modos de funcionamiento y el manual de mantenimiento del sistema lumínico.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Escuela de Formación de Tecnólogos - Escuela Politécnica Nacional, «<https://esfot.epn.edu.ec>,» 01 01 2020. [En línea]. Available: <https://esfot.epn.edu.ec/index.php/esfot/447-area-industrial>. [Último acceso: 17 01 2022].
- [2] MIDUVI, «<https://www.habitatyvivienda.gob.ec>,» 01 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>. [Último acceso: 17 01 2022].
- [3] Syscom, «<https://www.syscomblog.com>,» 09 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.syscomblog.com/2019/11/que-es-el-control-de-iluminacion.html>. [Último acceso: 14 01 2022].
- [4] Cámara de la construcción de Quito, «Instalaciones Electromecánicas,» de *Norma Ecuatoriana de Construcción*, Quito, Pichincha: Convenio Miduvi, 2013, p. 173.
- [5] Firmesa, «<https://firmesa.com>,» 20 01 2016. [En línea]. Available: <https://firmesa.com/productos/energia/distribucion-de-energia/tablero#>. [Último acceso: 15 01 2022].
- [6] DIEEC_UNED, «<http://www.ieec.uned.es>,» 31 01 2019. [En línea]. Available: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf. [Último acceso: 16 01 2022].
- [7] I. A. Cuenca, «<https://aulasvirtuales.epn.edu.ec>,» 10 11 2021. [En línea]. Available: <https://aulasvirtuales.epn.edu.ec/course/view.php?id=16014§ion=1>. [Último acceso: 16 01 2022].
- [8] SIEMENS, «<https://media.automation24.com>,» 14 06 2018. [En línea]. Available: https://media.automation24.com/datasheet/es/6ED10521FB080BA0_es.pdf. [Último acceso: 16 01 2021].

- [9] I. P. A. Martiez, «<http://eprints.uanl.mx>,» 01 06 2002. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>. [Último acceso: 16 01 2022].
- [10] P. S. S. R. H. Alberto Brunete, «<https://bookdown.org>,» bookdown, 01 10 2021. [En línea]. Available: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/diagrama-de-escalera.html. [Último acceso: 16 01 2022].
- [11] Elementos Industriales Panamá, «<http://www.elementosindustriales.com.pa>,» Cytronic, 01 01 2018. [En línea]. Available: http://www.elementosindustriales.com.pa/?y_source=1_MTEwMjk4NDUtNTU5LWxvY2F0aW9uLndiYnNpdGU%3D. [Último acceso: 18 01 2022].
- [12] NIVIHE SA, «<https://motores-electricos.com.ar>,» 01 01 2022. [En línea]. Available: <https://motores-electricos.com.ar/catalogo/contactores-siemens/contactador-sirius-innovations-siemens/>. [Último acceso: 18 01 2022].
- [13] I. J. R. Duque, «<https://www.researchgate.net>,» 01 05 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/351458721_COMPONENTES_DE_LOS_SISTEMAS_ELECTRONEUMATICOS_Y_ELECTROHIDRAULICOS. [Último acceso: 12 01 2022].
- [14] Herramientas10, «<https://herramientas10.top>,» 01 01 2021. [En línea]. Available: <https://herramientas10.top/mejores-sensores-de-movimiento/>. [Último acceso: 18 01 2022].
- [15] Proyectos Peninsulares, S.A. de C.V., *Tableros Eléctricos*, CE. del Carmen Campeche, México: Propesa, 2007.
- [16] YoREPARO, «<https://www.yoreparo.com>,» 01 01 2022. [En línea]. Available: <https://www.yoreparo.com/es/electricidad/electricidad-del-hogar/preguntas/1574265/esquema-unifilar-y-multi-de-una-casa>. [Último acceso: 02 02 2022].
- [17] ITC, Energías renovables y eficiencia energética, Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008.

- [18] Argentina.gob.ar, «<https://www.argentina.gob.ar>,» 01 01 2021. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/energia/eficiencia-energetica/etiqueta>. [Último acceso: 18 01 2022].
- [19] Materiales de Laboratorio, «<https://materialeslaboratorio.com>,» 2022. [En línea]. Available: <https://materialeslaboratorio.com/luxometro/>. [Último acceso: 28 01 2022].
- [20] MIDUVI, «<https://www.habitatyvivienda.gob.ec>,» 01 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>. [Último acceso: 28 01 2022].
- [21] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [22] J. A. g. Marulanda, *Fundamentos de Control Eléctrico Industrial*, Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana , 2013.
- [23] B. Guerrero, «<https://www.micasarevista.com>,» 04 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.micasarevista.com/novedades/a35710585/etiqueta-energetica-electrodomesticos/>. [Último acceso: 16 01 2022].

7 ANEXOS

ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 16 de febrero de 2022

Yo, Aracely Inés Yandún Torres, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Fecha de entrega: 16-feb-2022 07:06p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1764175430

Nombre del archivo: Chilig_Tesis16_02_2022_organized.pdf (2.25M)

Total de palabras: 7067

Total de caracteres: 35816

Trabajo de Integración - Cristian Chilig

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

Para el reporte de similitud las secciones a ser analizadas fueron: la caratula, resumen, abstract, capítulo 1, capítulo 2, capítulo 3, capítulo 4 y capítulo 5.

DIRECTOR

Ing. Aracely Inés Yandún Torres

**ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 10 de febrero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como Administrador del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del sistema de iluminación automático para el LTI en las áreas de Control Industrial y Análisis Instrumental, el cual fue implementado por los estudiantes Paillacho Carlos y Chilig Cristian.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar el tablero con seguridad para los equipos y las personas.



Firmado electrónicamente por:
**PABLO ANDRES
PROANO CHAMORRO**

Administrador de Laboratorio

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28

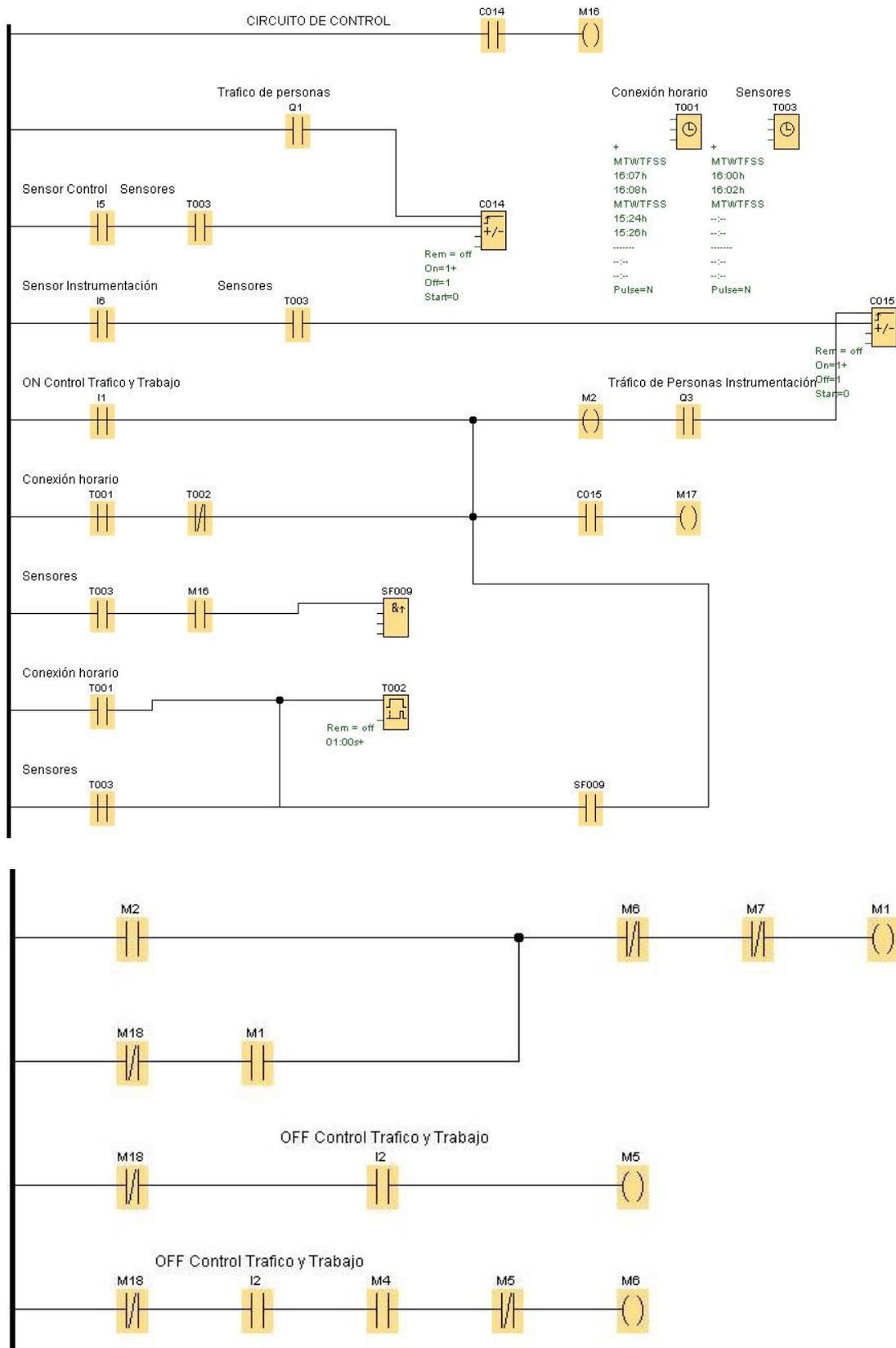
Correo: pablo.proano@epn.edu.ec | **Ext:** 2729

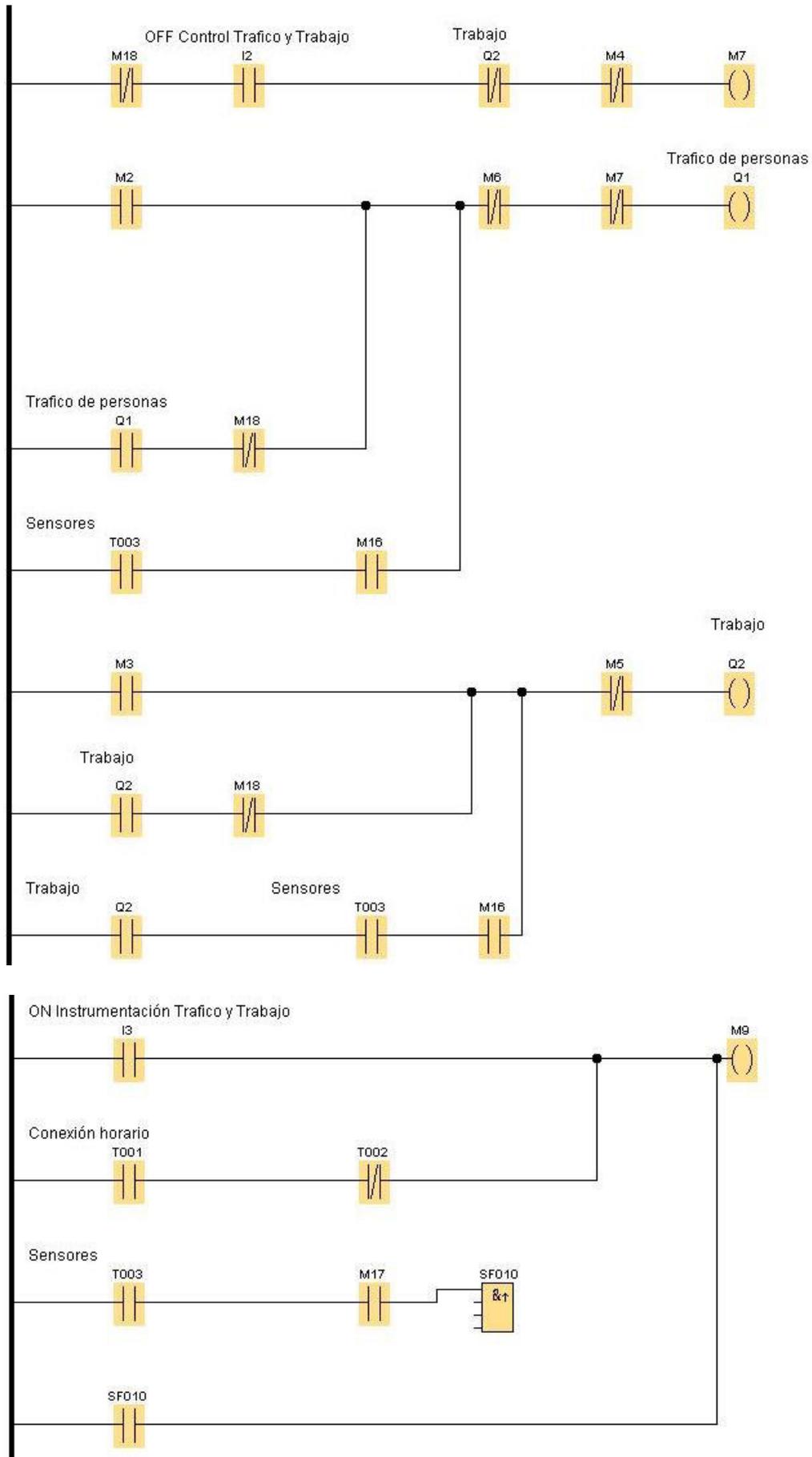
ANEXO III. HOJA DE DATOS DEL LOGO 230RCE

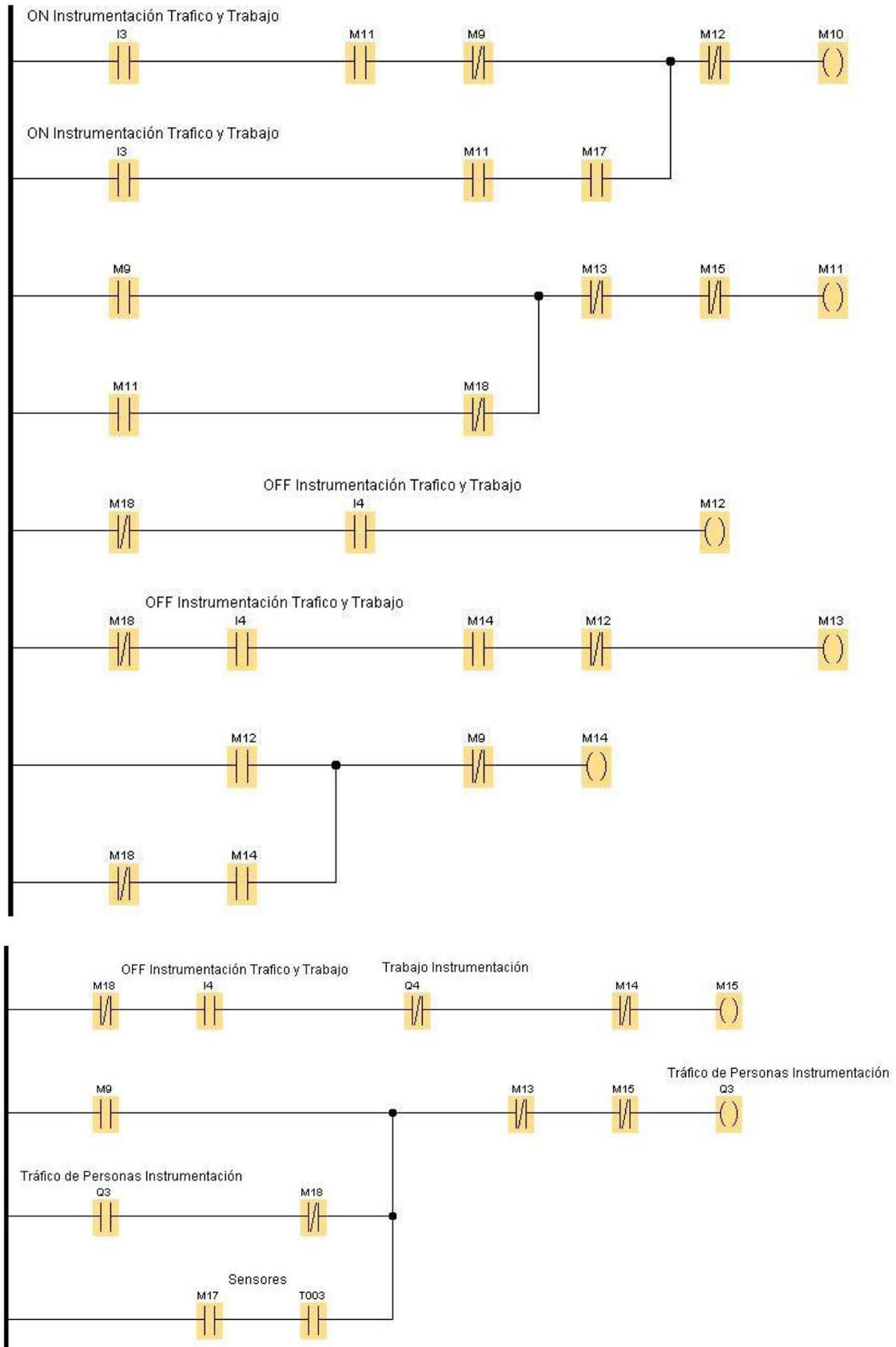
Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	Sí
• 115 V DC	Sí; 240 V DC
• 230 V DC	
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
Valor nominal (AC)	Sí
• 115 V AC	Sí; 240 V AC
• 230 V AC	
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí; Desparasitado según EN 55011, clase límite B
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	60 mm

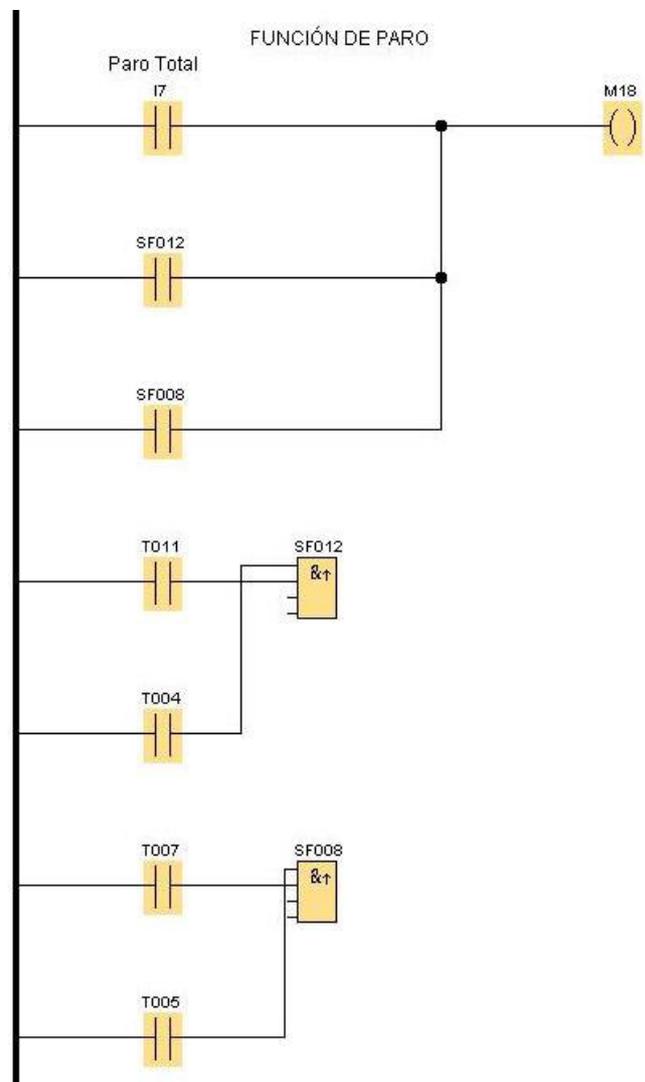
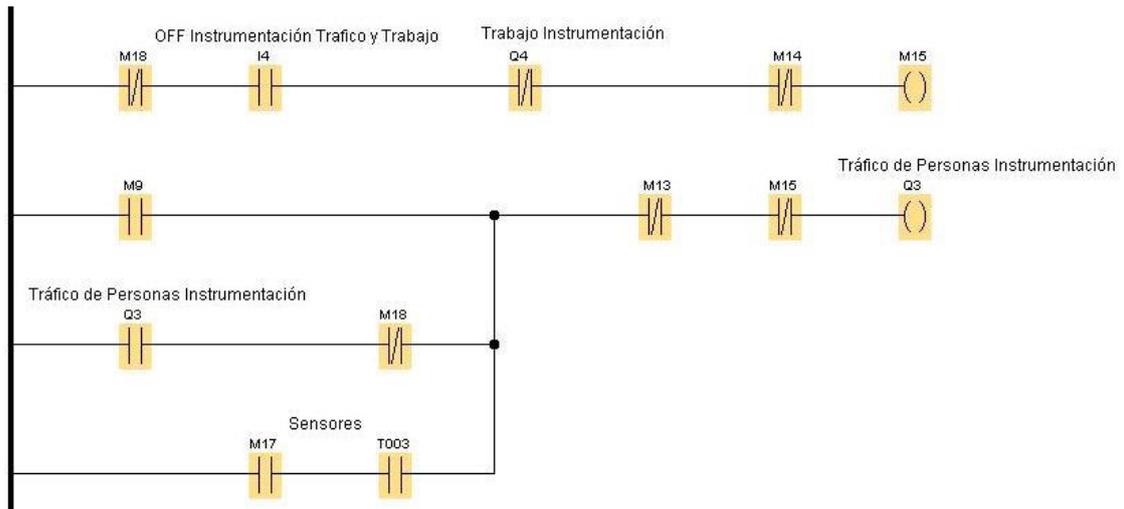
ANEXO IV. DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS CIRCUITOS LUMÍNICOS

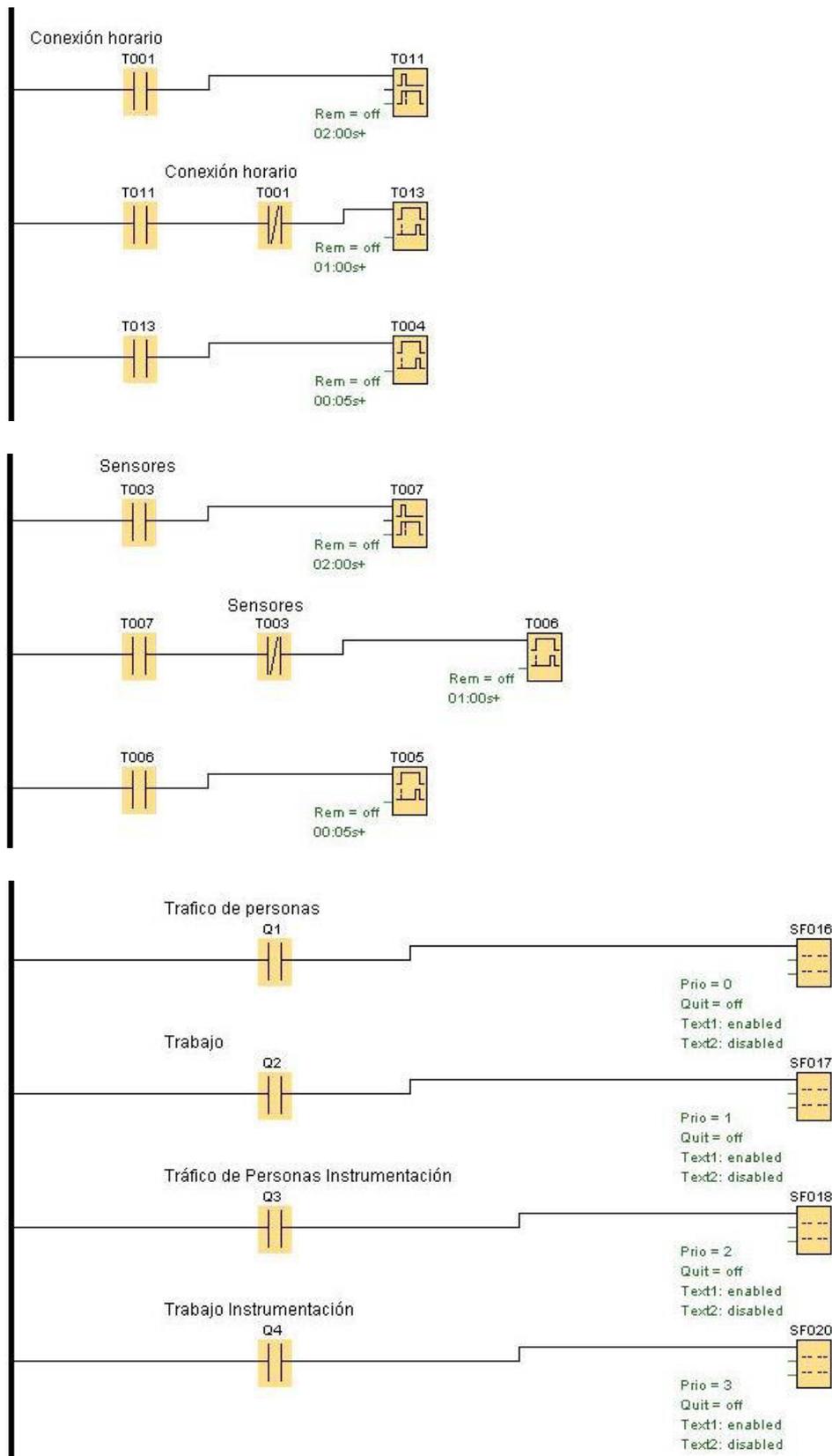
ANEXO V. ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS

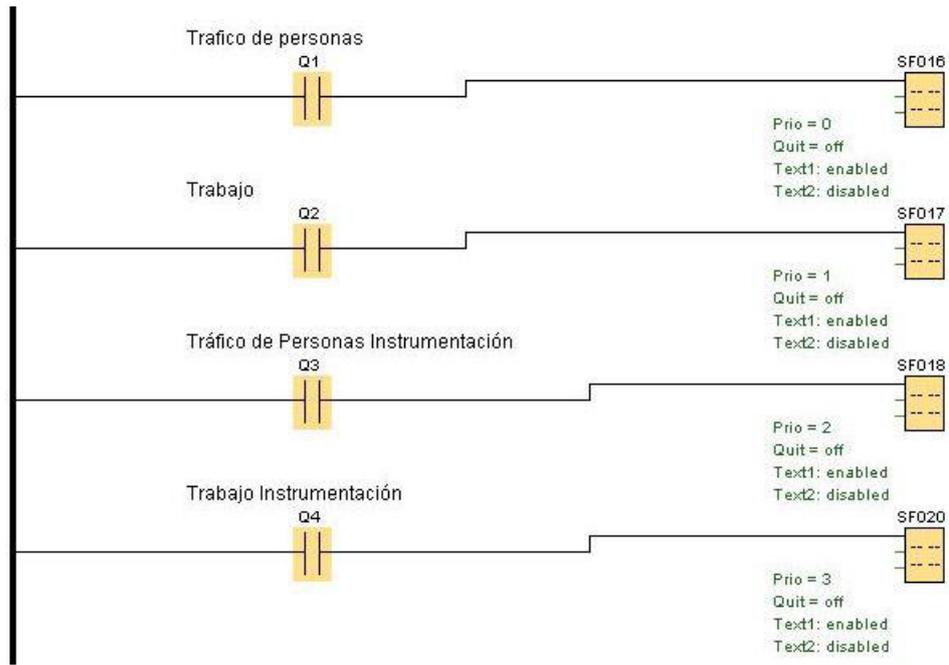












ANEXO VI. CÓDIGO QR

