

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL DE LA ESFOT.**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**PABLO ALEXIS ONOFRE ANALUCA**

pablo.onofre@epn.edu.ec

**ITALO GABRIEL VERA BOHÓRQUEZ**

italo.vera@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO**

pablo.proano@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSC.**

carlos.romo@epn.edu.ec

**Quito, septiembre 2020**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo Alexis Onofre Analuca e Italo Gabriel Vera Bohórquez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación -COESC, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

Firma:



---

Pablo Alexis Onofre Analuca  
C.I: 1721394326  
Teléfono: 0987246181-(02) 2963526  
E-mail: pablo.onofre@epn.edu.ec



---

Italo Gabriel Vera Bohórquez  
C.I: 1723014716  
Teléfono: 0995402607-(02)3430139  
E-mail: italo.vera@epn.edu.ec

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Pablo Alexis Onofre Analuca e Italo Gabriel Vera Bohórquez, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Pablo Andrés Proaño  
Chamorro  
DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera  
CODIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primera instancia a todos aquellos maestros que han transmitido su conocimiento en cada cátedra impartida y en especial a mi tutor de tesis el Ing. Pablo Proaño por darnos la oportunidad de desarrollar ese proyecto de tesis.

Agradecer a la Escuela Politécnica Nacional por formarme como un profesional en el campo que elegí y poder seguir mi sueño. Además, agradecer a la Escuela de Formación de Tecnólogos en la que cruce mis estudios como Tecnólogo Electromecánico.

Por último, pero no menos importante agradecer a mis padres Paulo y Esperanza, así como mi esposa Maleny Zambrano ya que gracias a sus consejos, apoyo incondicional y paciencia hoy puedo culminar mis estudios y sacar adelante a mi familia.

*Pablo Onofre*

## **DEDICATORIA**

A todos aquellos que han estado en el transcurso de mis estudios y vida, y en especial a mis padres y esposa que han sido los pilares de mi vida. Ya que sin su apoyo esto no se podría haber logrado.

A mi hijo que me da la fuerza y el ánimo a seguir superándome profesionalmente.

*Pablo Onofre*

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los Profesores, quienes fueron instrumento clave para potenciar los conocimientos profesionales brindados de sus enseñanzas y experiencias de vida, que nos han servido como base y guía en las nuestras.

A mi madre Elizabeth por la correcta educación que me brindó y al impulsarme ser siempre un gran profesional en la vida.

*Italo Vera*

## **DEDICATORIA**

A mi familia, quienes creyeron en mí brindándome su apoyo incondicional y en las noches de desvelo siempre me dieron ánimos para continuar, gracias a ustedes hoy puedo estar más cerca de mí objetivo profesional ya que siempre me han impulsado a salir adelante con esfuerzo, dedicación y sacrificio, enseñándome a ser perseverante hasta cumplir con mi objetivo.

A la señorita Marjorie Iza por el apoyo brindado ya que sin su apoyo no podría haber culminado mis estudios y obtener mi título profesional.

*Italo Vera*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
RESUMEN .....	XIV
<i>ABSTRACT</i> .....	XV
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XV</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Descripción de la metodología utilizada .....	4
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>6</b>
3.1. Estudio de requerimientos técnicos de las instalaciones y situación actual .....	6
Situación actual del sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial .....	6
Requerimientos Lumínicos para el sistema de iluminación .....	7



Estudio lumínico del sistema de iluminación .....	9
Resultados del estudio lumínico del sistema de iluminación .....	16
Requerimientos eléctricos para el sistema de iluminación .....	18
Estudio eléctrico para el sistema de iluminación .....	20
Dimensionamiento de los conductores eléctricos .....	21
Resultados del estudio eléctrico del sistema de iluminación .....	26
Dimensionamiento de elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos del sistema de iluminación .....	26
Requerimientos para el tablero de control .....	31
Diseño del tablero eléctrico para el sistema de iluminación del laboratorio .....	31
3.2. Planos Unifilares .....	40
Diagrama unifilar del circuito de paso .....	40
Diagrama unifilar del circuito de trabajo .....	41
Diagrama unifilar del circuito total de iluminación .....	42
3.3. Sistema de iluminación .....	45
3.4. Instalaciones eléctricas necesarias .....	48
Conexión eléctrica del breaker .....	48
Conexión eléctrica del disyuntor diferencial de protección .....	49
Conexión eléctrica de las luminarias .....	50
3.5. Sistema de control automático .....	51
Modo automático .....	55
Modo manual .....	59
Encendido de luminarias .....	60
Entradas y salidas utilizadas del PLC LOGO V8 .....	64
3.6. Análisis de resultados .....	65
Pruebas de funcionamiento del dispositivo de control y automatización del sistema de iluminación .....	65
Análisis presupuestario .....	70
3.7. Manual de usuario .....	71

<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
4.1 Conclusiones .....	72
4.2 Recomendaciones .....	74
<b>5. Bibliografía.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A: DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE PASO .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE TRABAJO .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO C: DIAGRAMA UNIFILAR DE TODO EL SISTEMA DE ILUMINACION DEL LABORATORIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO D: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACION .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO E: MANUAL DE USUARIO .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1:</b> Luminaria fluorescente existente en el laboratorio.....	6
<b>Figura 3.2:</b> Diagrama con las luminarias existentes en el laboratorio. ....	8
<b>Figura 3.3:</b> Fotometría de luminaria tipo LED Tubo T8.....	10
<b>Figura 3.4:</b> Fotometría de focos tipo LED.....	11
<b>Figura 3.5:</b> Escala de colores para la medición de luxes. ....	11
<b>Figura 3.6:</b> Luxes en escala de colores por áreas (vista central). ....	12
<b>Figura 3.7:</b> Luxes en escala de colores por áreas (vista lateral derecha). ....	13
<b>Figura 3.8:</b> Luxes en escala de colores por áreas (vista lateral izquierda).....	13
<b>Figura 3.9:</b> Terreno total a iluminar en 3D. ....	14
<b>Figura 3.10:</b> Vista lateral derecha de laboratorio en 3D.....	15
<b>Figura 3.11:</b> Vista frontal de laboratorio en 3D. ....	15
<b>Figura 3.12:</b> Plano de la disposición de las luminarias. ....	16
<b>Figura 3.13:</b> Diagrama con las luminarias simuladas con sus respectivas isolíneas. ....	17
<b>Figura 3.14:</b> Diagrama eléctrico de las luminarias LED 9w-3u (circuito de trabajo). .	19
<b>Figura 3.15:</b> Diagrama eléctrico del circuito de paso. ....	20
<b>Figura 3.16:</b> Disyuntor diferencial RIEL DIN. ....	28
<b>Figura 3.17:</b> Contactor SCHNEIDER.....	30
<b>Figura 3.18:</b> Apariencia física del tablero de control diseñado.....	33
<b>Figura 3.19:</b> Dispositivos necesarios en el tablero de control. ....	34
<b>Figura 3.20:</b> Representación de los conductores dentro del tablero. ....	36
<b>Figura 3.21:</b> Parte frontal del tablero. ....	37
<b>Figura 3.22:</b> Medida del alto del tablero. ....	38
<b>Figura 3.23:</b> Medida del ancho del tablero. ....	39
<b>Figura 3.24:</b> Medida de la base del tablero. ....	40
<b>Figura 3.25:</b> Diagrama unifilar del circuito de paso.....	41
<b>Figura 3.26:</b> Diagrama unifilar del circuito de trabajo.....	42
<b>Figura 3.27:</b> Diagrama unifilar del circuito total de iluminación. ....	43
<b>Figura 3.28:</b> Diseño general de los dispositivos del sistema de iluminación. ....	45
<b>Figura 3.29:</b> Conexión del interruptor diferencial y breaker. ....	49
<b>Figura 3.30:</b> Conexión eléctrica de las luminarias de paso.....	50

<b>Figura 3.31:</b> Conexión eléctrica de las luminarias de trabajo.....	51
<b>Figura 3.32:</b> Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 1) .....	52
<b>Figura 3.33:</b> Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 2) .....	52
<b>Figura 3.34:</b> Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 3) .....	53
<b>Figura 3.35:</b> Programa diseñado en el software LOGO!Soft Comfort. ....	54
<b>Figura 3.36:</b> Temporizador semanal.....	55
<b>Figura 3.37:</b> Bloque funcional de la salida Q4 del LOGO V8. ....	56
<b>Figura 3.38:</b> Marcas para mostrar mensajes en la pantalla del LOGO V8. ....	56
<b>Figura 3.39:</b> Pantalla del LOGO V8 para las luminarias de paso.....	57
<b>Figura 3.40:</b> Representación del Bloque funcional NOT.....	58
<b>Figura 3.41:</b> Programa total del modo automático. ....	58
<b>Figura 3.42:</b> Apariencia de las Marcas en el LOGO!Soft Comfort.....	59
<b>Figura 3.43:</b> Programa total del modo manual.....	60
<b>Figura 3.44:</b> Programa para el encendido de las luminarias de trabajo. ....	61
<b>Figura 3.45:</b> Pantalla del LOGO V8 para las luminarias de trabajo.....	62
<b>Figura 3.46:</b> Programa para el encendido de las luminarias de paso. ....	63
<b>Figura 3.47:</b> Aspecto del temporizador semanal en su programación. ....	66
<b>Figura 3.48:</b> Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de paso en el modo automático. ....	67
<b>Figura 3.49:</b> Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de paso en el modo manual. ....	68
<b>Figura 3.50:</b> Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de trabajo. ....	69
<b>Figura 3.51:</b> Mensaje de activación del sensor de presencia. ....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1:</b> Características de focos fluorescentes compactos. ....	7
<b>Tabla 3.2:</b> Iluminancia mínima para locales educacionales y asistenciales. ....	7
<b>Tabla 3.3:</b> Características de focos LED 9w-3u. ....	9
<b>Tabla 3.4:</b> Características para el montaje de luminarias. ....	9
<b>Tabla 3.5:</b> Características de focos LED Tubo T8. ....	10
<b>Tabla 3.6:</b> Datos obtenidos de las isolíneas de la Figura 3.13. ....	17
<b>Tabla 3.7:</b> Bombillas utilizadas en el estudio lumínico. ....	18
<b>Tabla 3.8:</b> Conductores eléctricos AWG. ....	21
<b>Tabla 3.9:</b> Conductores eléctricos necesarios para el sistema de iluminación. ....	26
<b>Tabla 3.10:</b> Condiciones de dimensionamiento de breaker. ....	27
<b>Tabla 3.11:</b> Clasificación de los contactores. ....	29
<b>Tabla 3.12:</b> Dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos existentes en el laboratorio. ....	30
<b>Tabla 3.13:</b> Condiciones tomadas del cableado antiguo, a las que el nuevo trabajaría. ....	31
<b>Tabla 3.14:</b> Elementos usados para el diseño del tablero con sus respectivas especificaciones. ....	32
<b>Tabla 3.15:</b> Descripción de los componentes del tablero según el número. ....	35
<b>Tabla 3.16:</b> Descripción de los conductores del tablero según el número. ....	37
<b>Tabla 3.17:</b> Detalles de los elementos de la parte frontal del tablero. ....	38
<b>Tabla 3.18:</b> Medida del alto del tablero. ....	39
<b>Tabla 3.19:</b> Medida del ancho del tablero. ....	39
<b>Tabla 3.20:</b> Medida de la base del tablero. ....	40
<b>Tabla 3.21:</b> Simbología de los diagramas unifilares. ....	43
<b>Tabla 3.22:</b> Simbología del diseño general del sistema de iluminación. ....	46
<b>Tabla 3.23:</b> Entradas y salidas del LOGO V8 detalles. ....	64
<b>Tabla 3.24:</b> Dispositivos existentes en el Laboratorio de Tecnología Industrial. ....	70
<b>Tabla 3.25:</b> Dispositivos necesarios para el sistema de iluminación. ....	70

## **RESUMEN**

El proyecto realizado permite el mejoramiento y automatización del sistema de iluminación dentro del Laboratorio de Tecnología Industrial, para que tanto estudiantes como docentes tengan un lugar adecuado donde puedan impartir y recibir clases respectivamente bajo el mínimo nivel de iluminación, 300 luxes, para el tipo de establecimiento y sus actividades recomendados por norma (NEC, 2018).

El presente documento cuenta con cuatro capítulos de desarrollo, mismos que son resumidos como se describe a continuación:

El capítulo uno se encuentra estructurado primeramente por una introducción del proyecto donde se describe el problema existente dentro del Laboratorio de Tecnología Industrial, respecto al sistema de iluminación, seguido por la justificación de este proyecto y él porque es necesario un nuevo sistema de iluminación más eficiente y por último se detallan los objetivos planteados.

El capítulo dos describe la metodología utilizada para llegar a cumplir con todos los objetivos propuestos en el proyecto.

El capítulo tres corresponde al análisis de resultados donde se encuentra el estudio lumínico realizado en el programa Dialux 9.0, los diagramas eléctricos necesarios para el desarrollo del mejoramiento del sistema de iluminación, componentes necesarios, diagramas unifilares, el sistema de iluminación diseñado en este documento, programa para la automatización de las luminarias, análisis de los resultados obtenidos y el manual de usuario necesario para el sistema.

Finalmente, en el capítulo cuatro se encuentran las conclusiones y recomendaciones conseguidas durante el diseño del proyecto.

## ***ABSTRACT***

The project carried out allows the improvement and automation of the lighting system within the Industrial Technology Laboratory, so that both students and teachers have an adequate place where they can teach and receive classes respectively under the minimum level of lighting, 300 luxes, for the type of establishment and its activities recommended by standard (NEC, 2018).

This document has four development chapters, which are summarized as described below:

Chapter one is first structured by an introduction to the project describing the problem existing within the Industrial Technology Laboratory, regarding the lighting system, followed by the justification of this project and it because a new lighting system is needed more efficient and finally the objectives set are detailed.

Chapter Two describes the methodology used to meet all the objectives proposed in the project.

Chapter three corresponds to the analysis of results where the light study carried out in the Dialux 9.0 program is located, the electrical diagrams necessary for the development of the improvement of the lighting system, necessary components, one-line diagrams, the lighting system designed in this document, program for the automation of luminaires, analysis of the results obtained and the user manual necessary for the system.

Finally, Chapter Four contains the conclusions and recommendations made during the design of the project.

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar un sistema de iluminación adecuado para que tanto estudiantes como docentes puedan realizar sus actividades bajo un sistema que cumpla con el nivel lumínico recomendado por la norma (NEC, 2018).

Para mejorar y automatizar el sistema de iluminación actual del Laboratorio de Tecnología Industrial, se propone la utilización de un controlador lógico programable que se encargue exclusivamente del sistema de iluminación y para obtener dos tipos de funcionamiento, uno manual y otro automático, y así se pueda manejar el sistema a partir de un pulsador o selector instalado en el tablero de control.

Para el correcto funcionamiento del sistema de iluminación con las luminarias seleccionadas en este documento, se dimensionó todos los dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos necesarios para que el sistema de iluminación funcione correctamente.

Además, se muestran los rangos de iluminación que se podría llegar a obtener, mediante el software Dialux 9.0, como también los elementos para el control del sistema en su totalidad.

## 1.1. Planteamiento del problema

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. El diseño de iluminación requiere comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones además, conocer y manejar los métodos para producirla, fundamentalmente demanda una fuerte dosis de intuición y creatividad para producirlas (Morales, 2018).

Hasta no hace mucho el diseño de iluminación implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. Sin embargo, el descubrimiento de que la luz no sólo afecta las capacidades visuales de las personas sino también su salud y bienestar, se puede decir que los estudiantes necesitan una fuente de luz apropiada para la realización de las distintas actividades; sin embargo, se debe tomar en cuenta el ahorro energético, también denominado ahorro de energía o



eficiencia energética que consiste en la optimización del consumo energético con el objetivo final de disminuir el uso de energía, aunque sin que por ello se vea afectado el resultado final. (Teldec, 2019).

Teniendo en cuenta ese nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que además, de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, por lo que, para solucionar dicho problema lumínico en el laboratorio se propone el diseño de un nuevo sistema automático con luminarias tipo LED para obtener un resultado más eficiente y seguro para los estudiantes (Raitelli, 2016).

En la Escuela de Formación de Tecnólogos específicamente en el Laboratorio de Tecnología Industrial se tiene un bajo nivel de iluminación por lo que, por lo expuesto anteriormente esto podría causar fatiga en los estudiantes, bajo rendimiento y problemas de seguridad. Para solucionar esto se propone el diseño de un sistema automático de iluminación en el Laboratorio de Tecnología Industrial. Además, el sistema de iluminación del laboratorio es obsoleto por lo que consume demasiada energía (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2016).

## **1.2. Justificación**

Este proyecto responde a la necesidad de mejorar el consumo eléctrico realizando diseños con equipos más eficientes, evitando afectar el estilo de vida de las personas y maximizar el confort visual, debido a que la iluminación afecta diversos factores en el ambiente del lugar. (Castro, 2016).

Mediante el diseño de un sistema de iluminación, adecuado para que los estudiantes puedan desenvolverse de mejor manera en el laboratorio, de beneficiar a los alumnos de las carreras de Tecnología Electromecánica y de Electrónica y Telecomunicaciones, así también como profesores (Espinosa, 2016).

Para solventar la deficiencia de intensidad lumínica se realizó un estudio lumínico donde se llega al nivel adecuado que se requiere, según la norma NEC, para una sala de clases. Para solucionar el problema de desperdicio de energía se dividió en dos tipos de circuitos uno cuando se utilice exclusivamente para prácticas de laboratorio (modo trabajo el cual será manual) y otro modo (modo de paso el cual es automático o manual). Estos dos

modos tienen el fin de aumentar la eficiencia energética ya que se utilizó todas las luminarias tipo LED, todo esto comandado por un tablero de control el cual estaría ubicado en el laboratorio y tiene un temporizador que haga automático el modo de paso y otro circuito que permita ser comandado de forma manual (Montiel, 2016).

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Diseñar un sistema de control automático para la iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT.

#### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de los requerimientos técnicos de las instalaciones y situación actual del sistema de iluminación.
- Diseñar las instalaciones eléctricas para el sistema de iluminación.
- Determinar la ubicación adecuada de las luminarias.
- Diseñar el sistema de control automático para la iluminación.
- Realizar pruebas y análisis de resultados.

## **2. METODOLOGÍA**

Se utilizó un tipo de investigación aplicada para encontrar estrategias que puedan ser empleadas en el abordaje del problema existente en el Laboratorio de Tecnología Industrial, respecto a su iluminación, y se diseñó un tablero de control que se encarga de controlar exclusivamente la iluminación del laboratorio, donde se utiliza únicamente luminarias tipo LED para garantizar un bajo consumo energético. Además, el diseño se dividió en dos circuitos de iluminación. El primero se utiliza exclusivamente para prácticas de laboratorio, denominado circuito de trabajo, garantizando la correcta iluminación de los espacios para los estudiantes y docentes y el segundo funciona de manera automática, denominado circuito de paso, todo el tiempo que se encuentre programado en el dispositivo de control y automatización del sistema. (Significados, 2019)

### **2.1. Descripción de la metodología utilizada**

El proyecto consistió en el diseño de un sistema de iluminación automatizado que proporcione los niveles de iluminación recomendados de acuerdo lo establece la norma (NEC, 2018) para una sala de clases de educación superior.

Para completar el diseño total de iluminación se detallan las actividades que se realizaron a continuación:

- **Realizar un estudio de los requerimientos técnicos de las instalaciones y situación actual del sistema de iluminación**

Para empezar el proyecto se realizó un reconocimiento de las instalaciones donde se iba a llevar a cabo el desarrollo del proyecto, esto antes de la pandemia del COVID 19, y se realizó la medición actual, luxes existentes, de las luces existentes dentro del laboratorio mediante el software Dialux 9.0, y con ese resultado se empezó a dimensionar y cotizar todos los materiales necesarios con empresas especialistas en el campo de iluminación.

- **Elaborar planos unifilares**

Después de obtener el dimensionamiento de todos los equipos necesarios y la cantidad de elementos que están dentro del proyecto se procedió a realizar los respectivos planos unifilares de todos los circuitos que intervienen en el sistema completo de iluminación.

- **Dimensionar y seleccionar las luminarias para mejorar el sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial.**

Se empezó midiendo el valor existente por cada luminaria para después compararlo con el valor que proporcionaría una luminaria nueva reemplazando aquella luminaria además, de medir todos los valores existentes dentro del laboratorio para el diseño de las nuevas luminarias.

- **Diseñar el sistema de iluminación**

Se realizó el diseño del nuevo sistema de iluminación para los dos propósitos específicos con sus luminarias adecuadas donde se encuentra todos los valores pertinentes y necesarios para la verificación del correcto dimensionamiento de las luminarias para mejorar los niveles de iluminación dentro del laboratorio.

- **Diseñar el sistema de control automático**

La opción escogida de realizar el control automático del sistema de iluminación fue mediante el dispositivo PLC LOGO V8, mismo que es una opción muy adecuada para el diseño del sistema de iluminación por su reducido tamaño, precio accesible y programación relativamente fácil.

- **Analizar los resultados**

Con los resultados obtenidos con anterioridad se realizó un análisis de estos para determinar si se podía llegar a obtener los valores necesarios que cumplan con las expectativas de los objetivos y se realizaron las pruebas pertinentes del dispositivo de control y automatización del proyecto.

- **Elaborar manual de usuario**

Finalmente, se elaboró un manual de usuario donde primero se da una breve presentación del sistema y sus generalidades y por último se establecieron los requerimientos técnicos del sistema, instalación y configuración.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

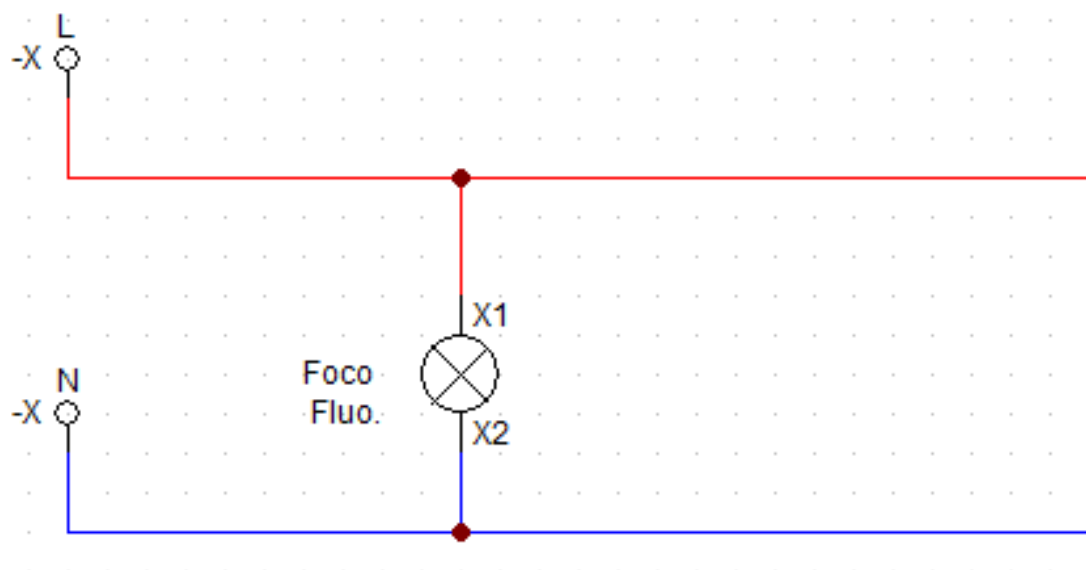
En el presente proyecto se tiene como objetivo principal el mejoramiento y automatización del sistema de iluminación existente en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT donde, tanto estudiantes como docentes realizan diferentes actividades a diario bajo un sistema que no cumple con las especificaciones lumínicas necesarias para realizar dichas actividades según la norma (NEC, 2018).

#### 3.1. Estudio de requerimientos técnicos de las instalaciones y situación actual

Los requerimientos y condiciones fueron determinados para cumplir con los objetivos de calidad y eficiencia, además, de cumplimiento de las normas (NEC, 2018) garantizando que el diseño pueda solventar las necesidades actuales y futuras en caso de reemplazar alguno de los elementos aquí mencionados.

##### Situación actual del sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial

El Laboratorio de Tecnología Industrial tiene un sistema de iluminación con 20 luminarias, cercanas a las mesas de trabajo, que contienen focos de tipo fluorescente y el diagrama de la conexión de estos focos se encuentra representado en la Figura 3.1.



**Figura 3.1:** Luminaria fluorescente existente en el laboratorio.

En la Figura 3.1, se encuentra representado la conexión de una luminaria de focos fluorescentes instalada actualmente en el Laboratorio de Tecnología Industrial y representa de igual forma la conexión de los 19 restantes, conectadas en paralelo.

En la Tabla 3.1 se observa de igual manera las características de los focos fluorescentes compactos instalados en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT, son 20 luminarias que contienen 2 focos cada una.

**Tabla 3.1:** Características de focos fluorescentes compactos.

COMPONENTE	CANTIDAD	EFICIENCIA (Lm/W)
Bombilla fluorescente	40	45

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).

En el Laboratorio de Tecnología Industrial, con el sistema de iluminación instalado, no se pueden realizar las prácticas de laboratorio o utilizar las instalaciones de una manera satisfactoria, ya que no se realizan las mismas bajo las condiciones normadas de iluminación. El sistema de iluminación actual es un sistema obsoleto que ni siquiera proporciona los niveles de luz adecuados para una sala de clases de educación superior según la norma (NEC, 2018).

### **Requerimientos Lumínicos para el sistema de iluminación**

Para reemplazar el sistema de iluminación actual del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT se procedió a verificar los valores mínimos necesarios para una sala de clases de educación superior regidos por la norma (NEC, 2018).

En la Tabla 3.2 se encuentran los datos de iluminancia mínima recomendada por la norma (NEC, 2018) para el tipo de establecimiento que se trate.

**Tabla 3.2:** Iluminancia mínima para locales educacionales y asistenciales.

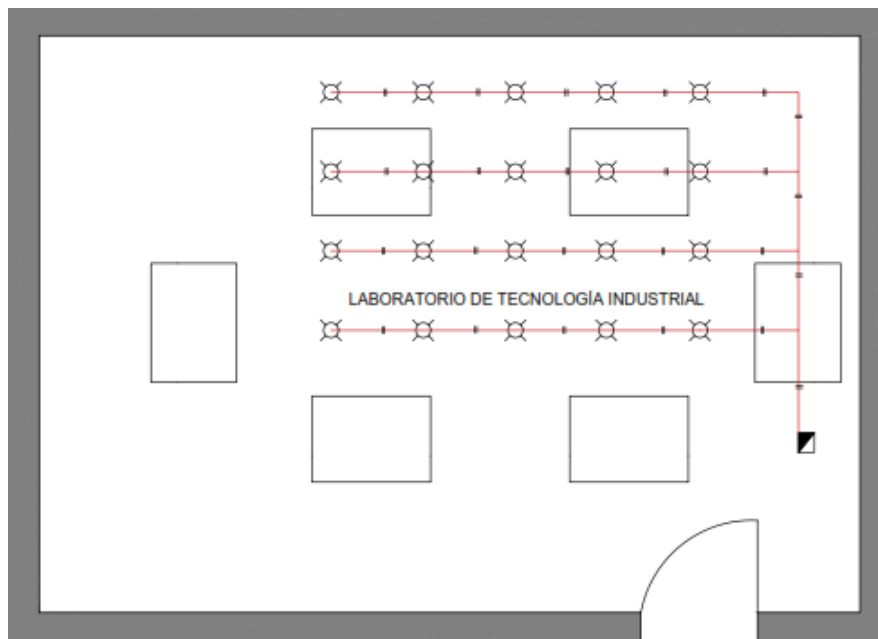
LUGAR	ILUMINANCIA (LUX)
Atención administrative	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400

Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos	500
Salas de clase, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de dibujo	600
Salas de espera	150
Salas de pacientes	100
Salas de profesores	400

Fuente: (NEC, 2018).

Como se observa en la Tabla 3.2 el valor mínimo que debería existir en el laboratorio debería ser de 300 (luxes) para el área de trabajo respetando este valor en el diseño del sistema de iluminación.

En la Figura 3.2 se encuentra el diagrama con las luminarias existentes en el laboratorio y que se encuentran cercanas a las mesas de trabajo.



**Figura 3.2:** Diagrama con las luminarias existentes en el laboratorio.

Como se observa en la Figura 3.2 el total de luminarias existentes es de 20 y se requiere reemplazar los focos que contienen estas luminarias, tipo fluorescentes, por otros focos, tipo LED, para garantizar un sistema más eficiente y más amigable con el medio ambiente, ya que se ha demostrado que este tipo de focos causa un daño al medio ambiente, al momento de su desecho y para llegar a obtener los valores lumínicos óptimos deseados en este proyecto (Salud sin daño, 2012).

Para cumplir el objetivo de mejorar el nivel lumínico del sistema de iluminación, es necesario reemplazar los focos existentes en el Laboratorio de Tecnología Industrial, tipo fluorescentes, por los focos de la Tabla 3.3, que son de tipo LED.

**Tabla 3.3:** Características de focos LED 9w-3u.

COMPONENTE	CANTIDAD	EFICIENCIA (Lm/W)
Bombilla tipo LED 9w-3u	40	89

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).

### Estudio lumínico del sistema de iluminación

El estudio lumínico se realizó en el software Dialux 9.0 donde se decidió tener un nivel de iluminación de 300 luxes como mínimo en la zona de trabajo, recomendado para laboratorios según el programa Dialux 9.0 y la norma (NEC, 2018).

En la Tabla 3.4 se encuentran los datos que se especificaron en el software Dialux 9.0 para el montaje de las luminarias.

**Tabla 3.4:** Características para el montaje de luminarias.

DATO	VALOR
Base	150,00 (m <sup>2</sup> )
Grado de reflexión	Techo: 70,0 %
	Paredes: 84,4 %
	Suelo: 75,6 %
Factor de degradación	0,80 (Global)
Altura interior del local	3,000 (m)
Altura de montaje	3,00 (m) – 3,24 (m).

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).



Además, se necesitan de 7 luminarias extras para cumplir el objetivo del mejoramiento del sistema en su totalidad y se encuentran detallados en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5:** Características de focos LED Tubo T8.

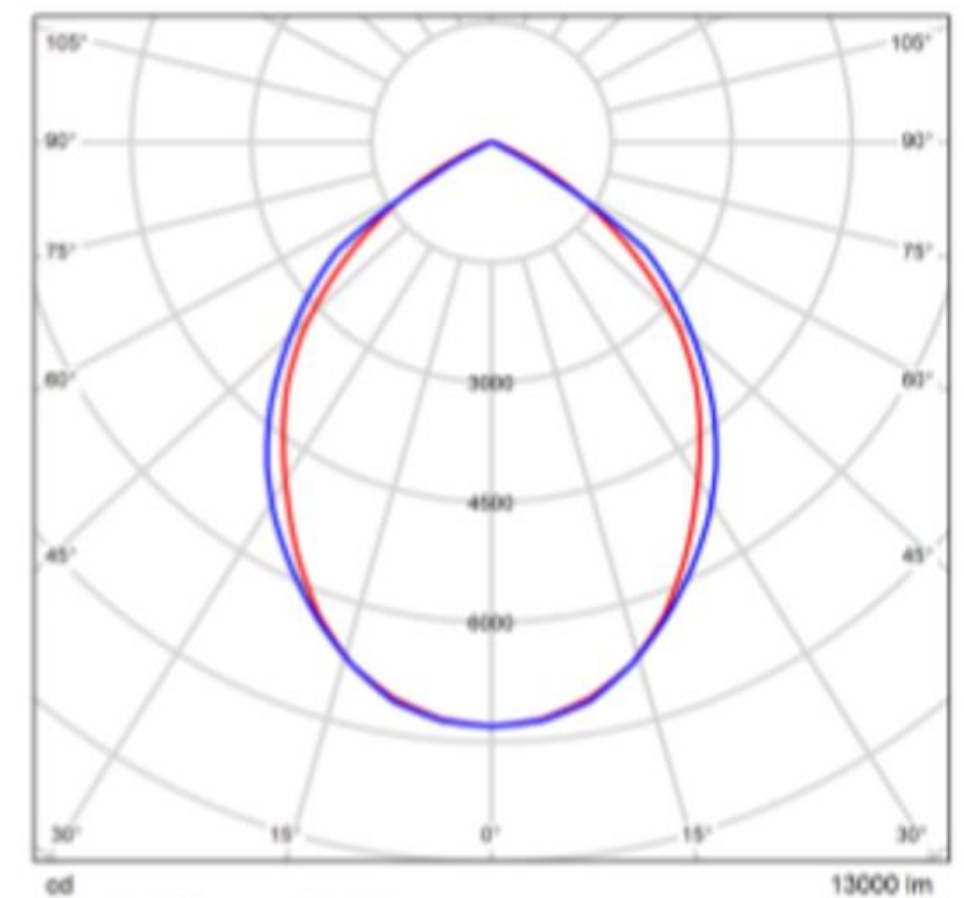
COMPONENTE	CANTIDAD	EFICIENCIA (Lm/W)
LED Tubo T8	7	100

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).

Además, las luminarias de la Tabla 3.5 son las luminarias que se utilizan para el circuito de paso del sistema de iluminación.

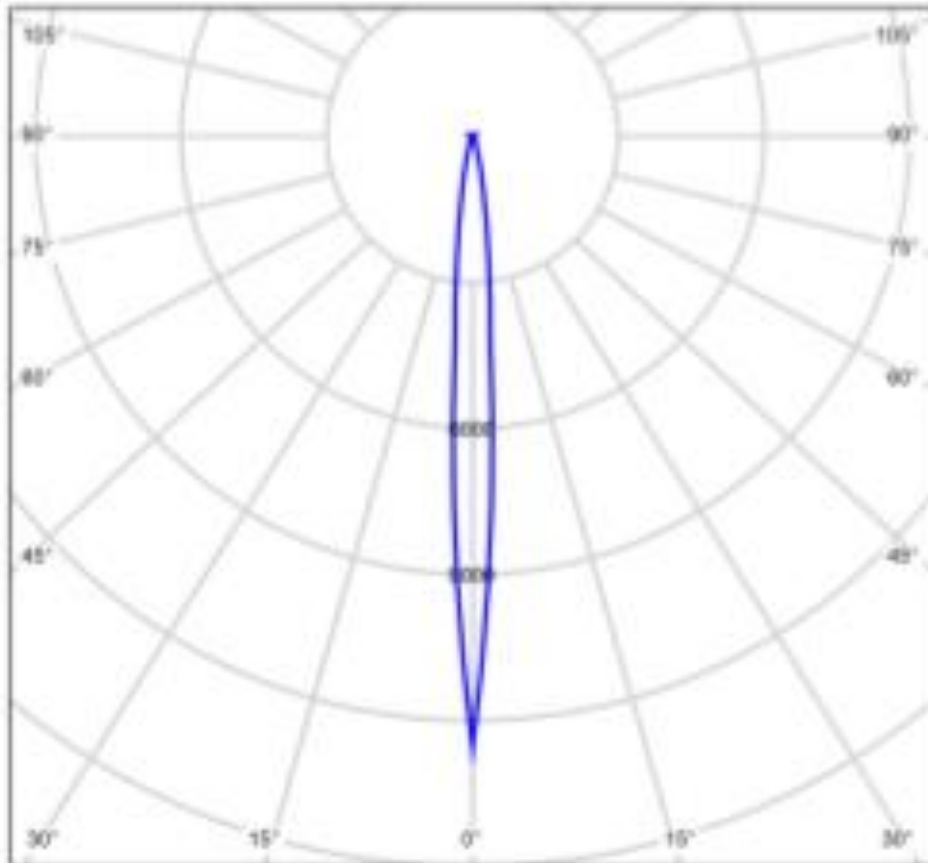
Después se procedió a verificar las características lumínicas, a través de su fotometría, que tiene cada luminaria que se utilizó en este estudio.

En la Figura 3.3 se encuentra la fotometría de la lámpara LED Tubo T8 que se obtuvo mediante el software Dialux 9.0, para el circuito de paso.



**Figura 3.3:** Fotometría de luminaria tipo LED Tubo T8.

En la Figura 3.4 se encuentra la fotometría de los focos tipo LED necesarios para el circuito de trabajo del sistema de iluminación y que deben reemplazar a los focos fluorescentes instalados actualmente en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT.



**Figura 3.4:** Fotometría de focos tipo LED.

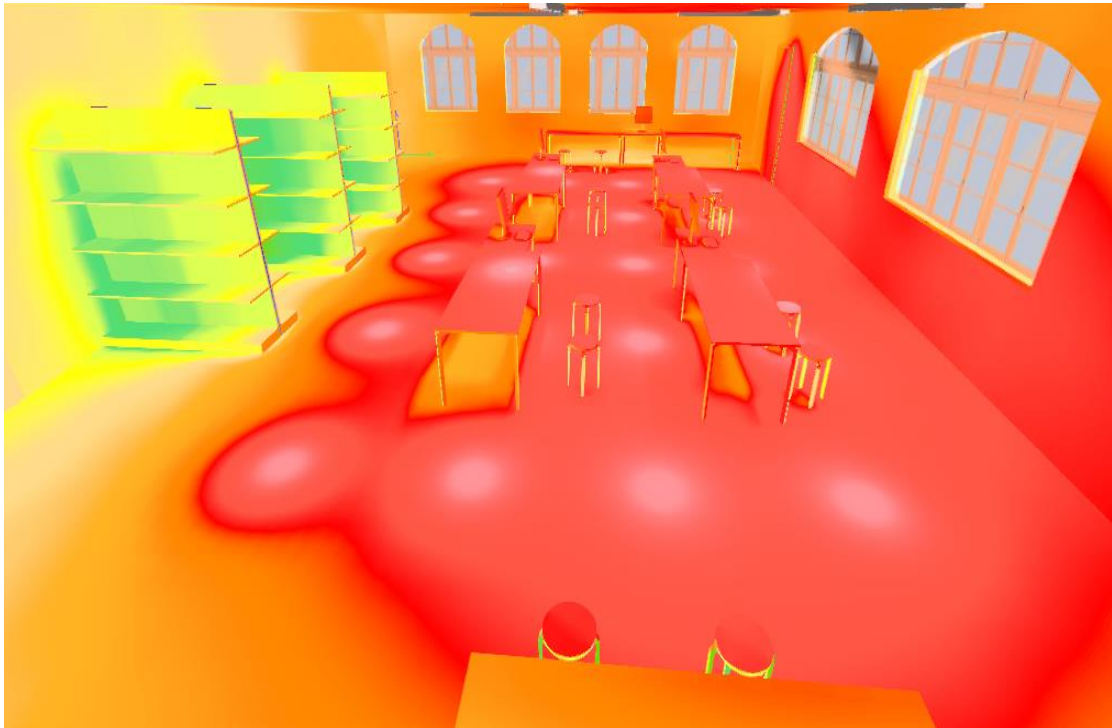
Se procedió a realizar las respectivas simulaciones para obtener el valor de luxes promedio en base a una escala de colores. Para verificar que cada rincón del laboratorio se encuentre correctamente iluminado.

La Figura 3.5 es una escala de 23 tonalidades que cambian de color, de vino tinto a gris, conforme aumenta los niveles de luminosidad en el medio en el cual se mida.



**Figura 3.5:** Escala de colores para la medición de luxes.

En la Figura 3.6 se puede apreciar en base a una escala de colores el total de luxes en áreas específicas del laboratorio. (Ejemplo: el color naranja indica que en esa área específica se tiene un total de 335 (luxes)). En el lado izquierdo de la figura se tiene áreas de color verde, esto se debe a que no es un área de trabajo como tal por lo cual no es necesario valores altos de luxes.



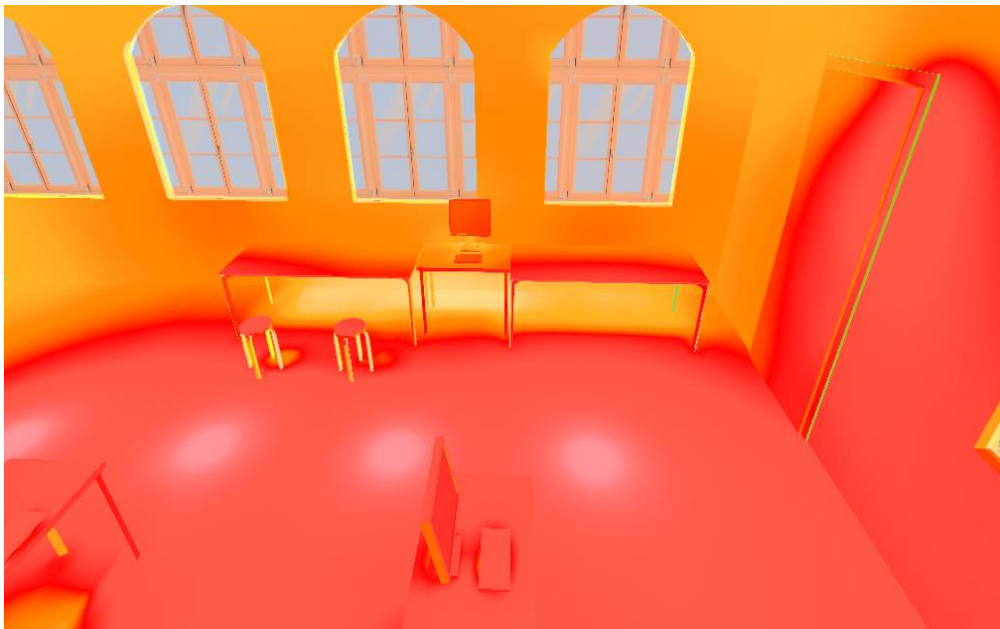
**Figura 3.6:** Luxes en escala de colores por áreas (vista central).

En la Figura 3.7 se puede apreciar en base a una escala de colores el total de luxes en áreas específicas del laboratorio. (Ejemplo: el color amarillo indica que en esa área específica se tiene un total de 162 (luxes)).



**Figura 3.7:** Luxes en escala de colores por áreas (vista lateral derecha).

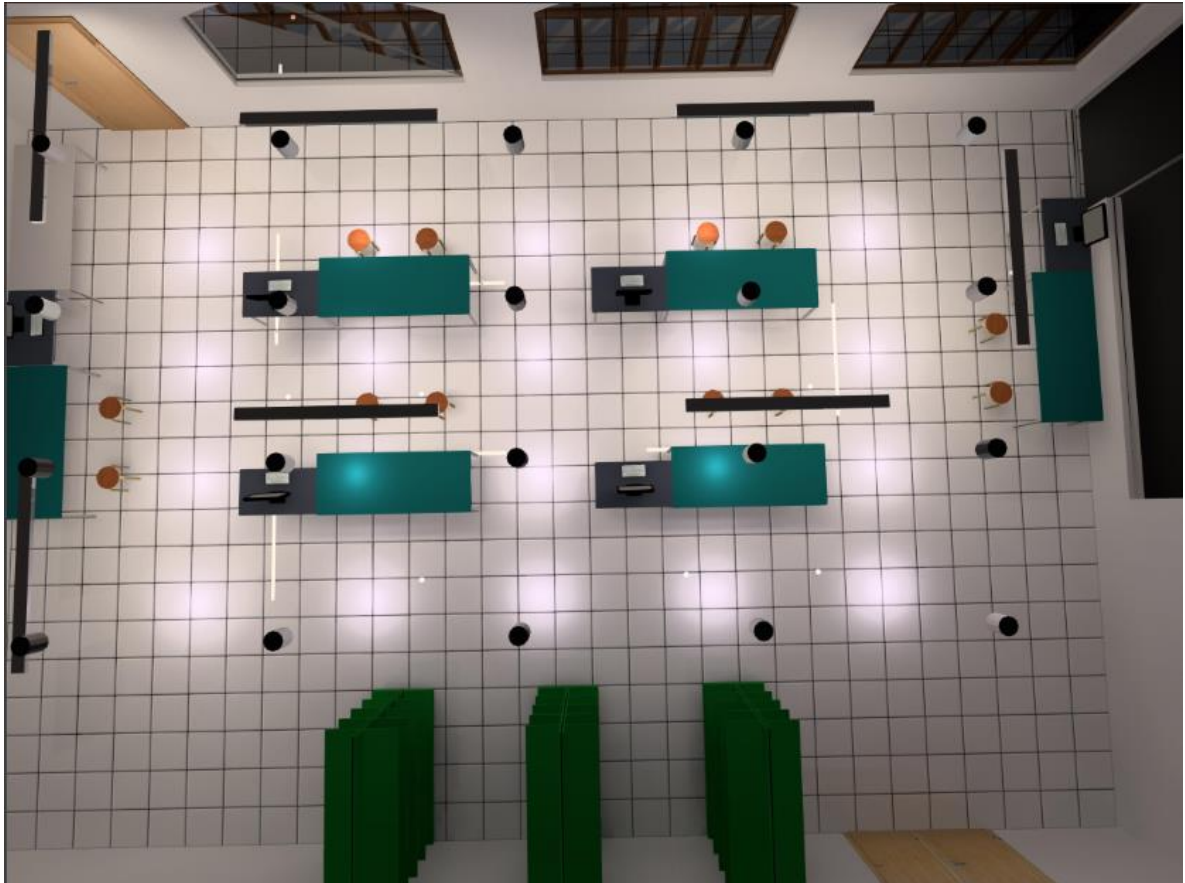
En la Figura 3.8 se puede apreciar en base a una escala de colores el total de luxes en áreas específicas del laboratorio. (Ejemplo: el color rojo indica que en esa área específica se tiene un total de 695 (luxes)).



**Figura 3.8:** Luxes en escala de colores por áreas (vista lateral izquierda).

El sistema de iluminación diseñado en el software Dialux 9.0 muestra la imagen del aspecto físico del Laboratorio de Tecnología Industrial, con los dispositivos de iluminación seleccionados en este documento, y se presentan a continuación.

En la Figura 3.9 se puede apreciar la captura de pantalla de una vista superior de la simulación realizada en el programa Dialux 9.0 en la cual se diseñó el sistema de iluminación de Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT.



**Figura 3.9:** Terreno total a iluminar en 3D.

En la Figura 3.10 se puede apreciar la captura de pantalla de una vista lateral de la simulación realizada en el programa Dialux 9.0.





**Figura 3.10:** Vista lateral derecha de laboratorio en 3D.

En la Figura 3.11 se puede apreciar la captura de pantalla de una vista frontal de la simulación realizada en el programa Dialux 9.0.

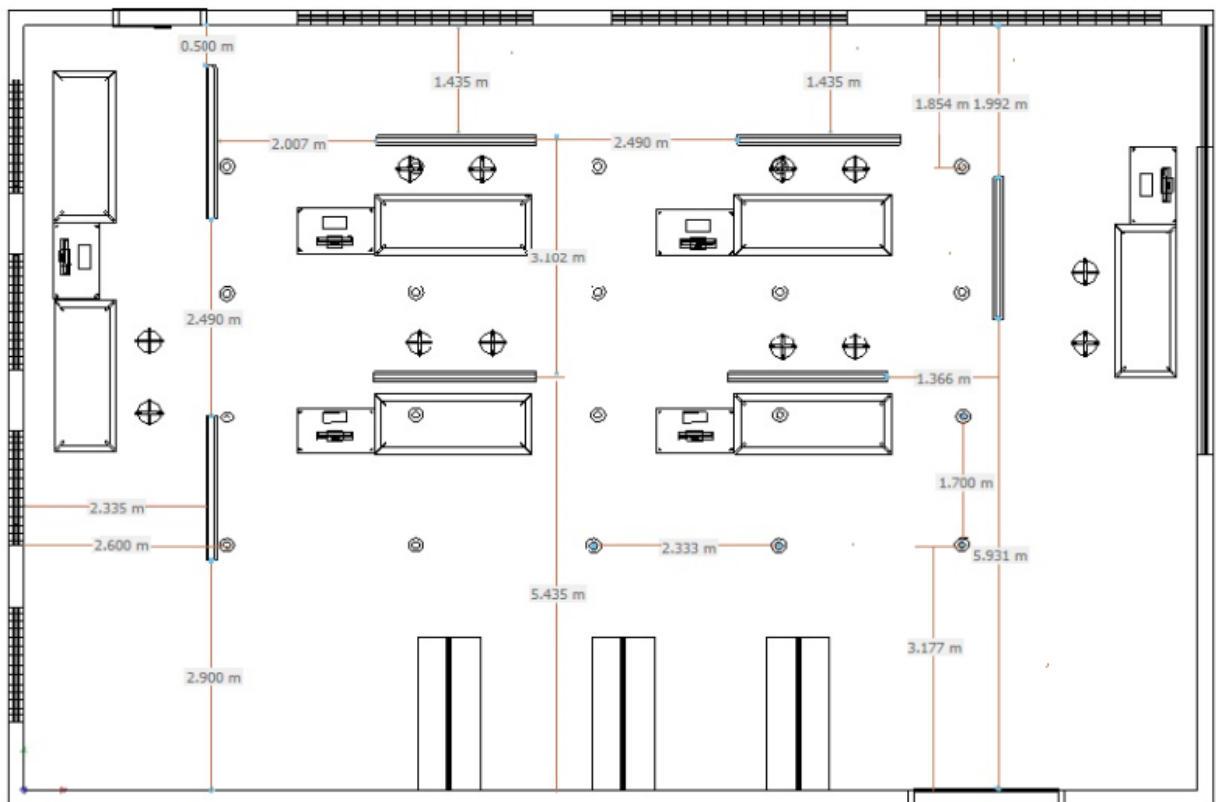


**Figura 3.11:** Vista frontal de laboratorio en 3D.

## Resultados del estudio lumínico del sistema de iluminación

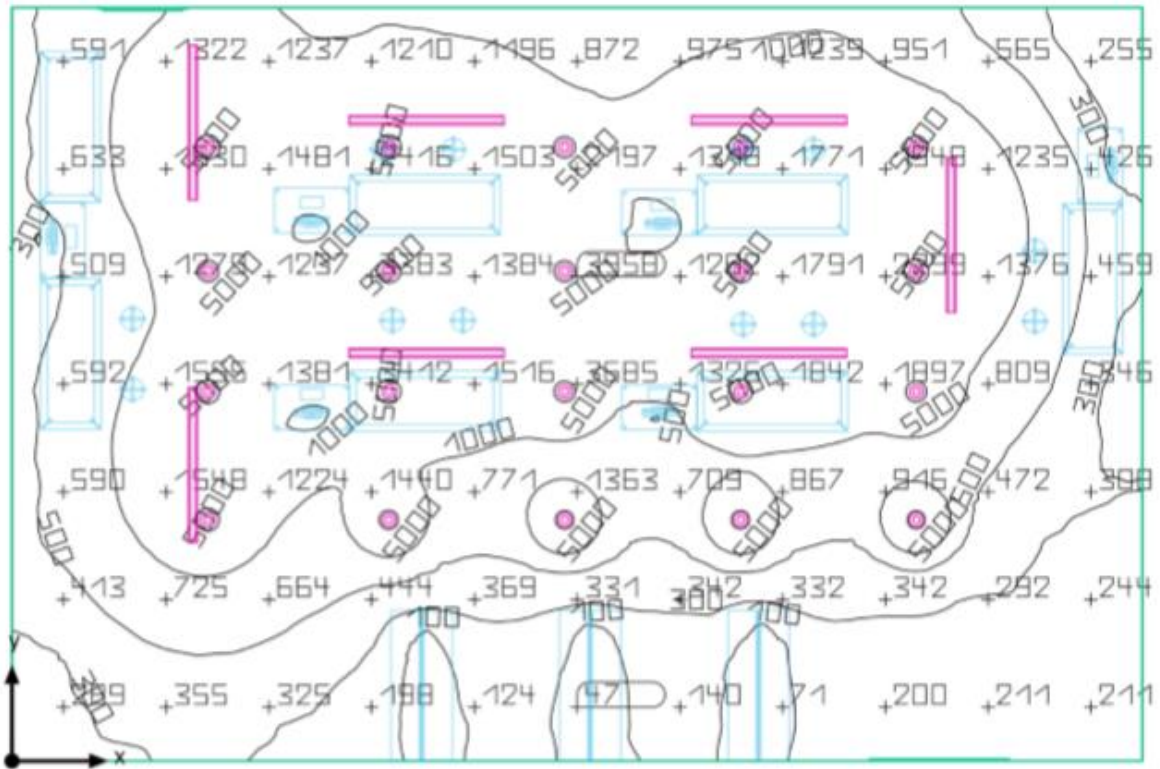
Después de realizar el estudio lumínico se obtuvieron los resultados de la cantidad y tipo de luminarias necesarias para el mejoramiento del sistema de iluminación como también la disposición de estas con respecto a las mesas de trabajo.

En la Figura 3.12 se puede apreciar la disposición de las luminarias en un plano 2D, respecto a las mesas de trabajo, realizado en el programa Dialux 9.0 del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT.



**Figura 3.12:** Plano de la disposición de las luminarias.

En la Figura 3.13 se puede apreciar el valor de luxes promedio que se obtiene de cada luminaria situadas en la simulación. Las isolíneas representan la uniformidad de la iluminación.



**Figura 3.13:** Diagrama con las luminarias simuladas con sus respectivas isolíneas.

El resumen de los datos obtenidos de las isolíneas de la Figura 3.13 se encuentra detallado en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6:** Datos obtenidos de las isolíneas de la Figura 3.13.

ELEMENTO		VALOR
Luminosidad (nominal)		1020 luxes.
Luminosidad (mínima)		28.9 luxes.
Luminosidad (máxima)		8560 luxes.
Factor de reflexión	Techo	0,7
	Paredes	0,5
	Suelo	0,3
Uniformidad total de la instalación (g1)		0,028
Desigualdad total de la instalación (g2)		0,003

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).



La luminosidad que se observa en la Tabla 3.6 se refiere al valor de luxes, de todas las luminarias trabajando en conjunto, que se podría llegar a obtener en el Laboratorio de Tecnología Industrial con las luminarias seleccionadas en este documento.

Para mejorar notablemente la iluminación actual del laboratorio, el estudio se realizó con todas las luminarias tipo LED y así se logró obtener un sistema más eficiente y los niveles de iluminación recomendados por la norma (NEC, 2018).

Todas las bombillas utilizadas en el estudio se detallan en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7:** Bombillas utilizadas en el estudio lumínico.

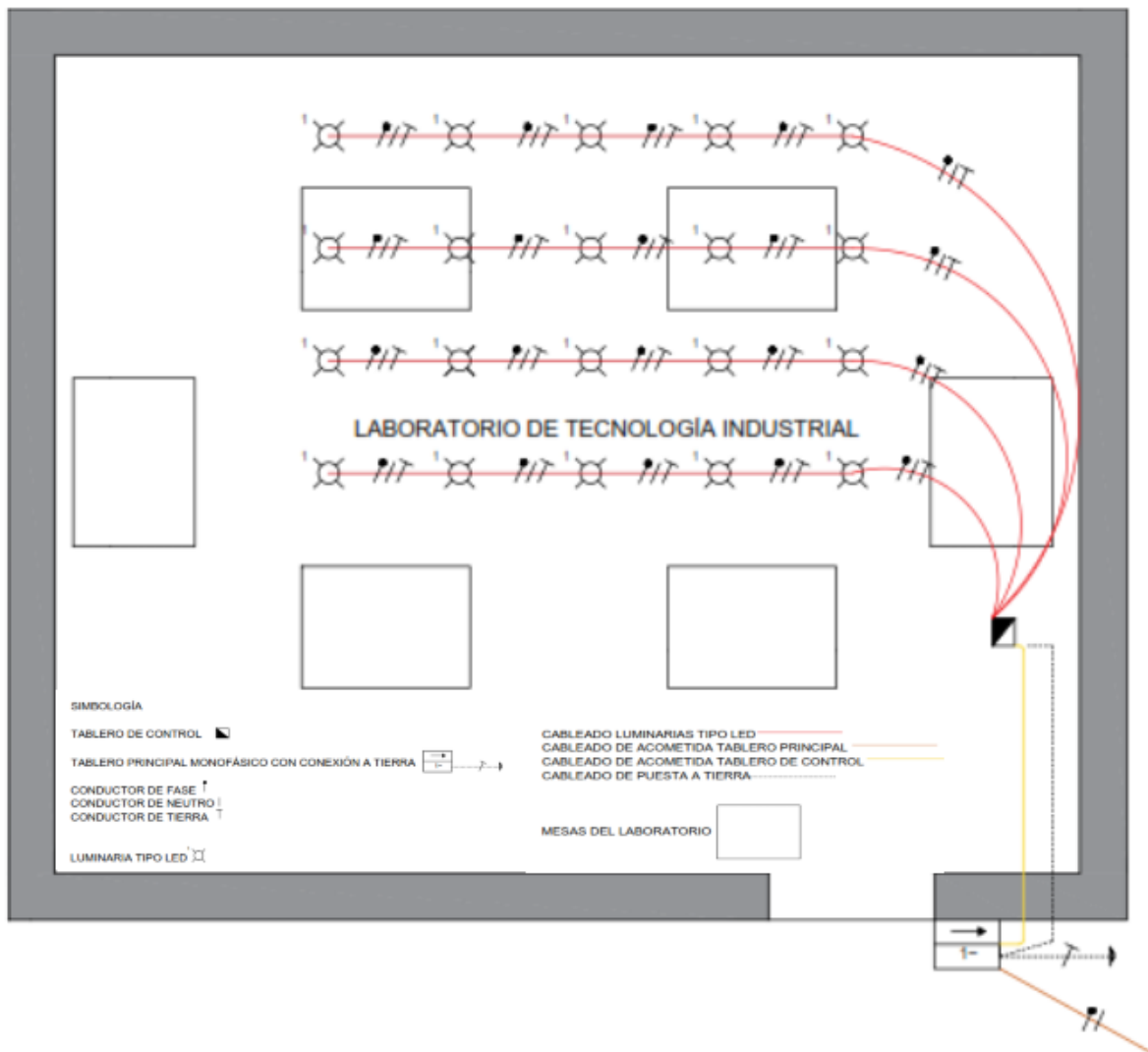
<b>COMPONENTE</b>	<b>MARCA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA UNITARIA (W)</b>	<b>EFICIENCIA (Lm/W)</b>
Lámparas tipo LED Tubo T8	SYLVANIA	7	18	100
Focos LED 9w-3u	PACIFICLED	40	9	89
Lámparas tipo fluorescente T12	SYLVANIA	7	75	30.3
Focos incandescentes	PHILIPS	40	100	14

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).

### **Requerimientos eléctricos para el sistema de iluminación**

Después de haber escogido todas las luminarias necesarias para la correcta iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial se dimensionó los conductores eléctricos necesarios para el sistema de iluminación y se realizaron los diagramas eléctricos de la nueva instalación del sistema de iluminación.

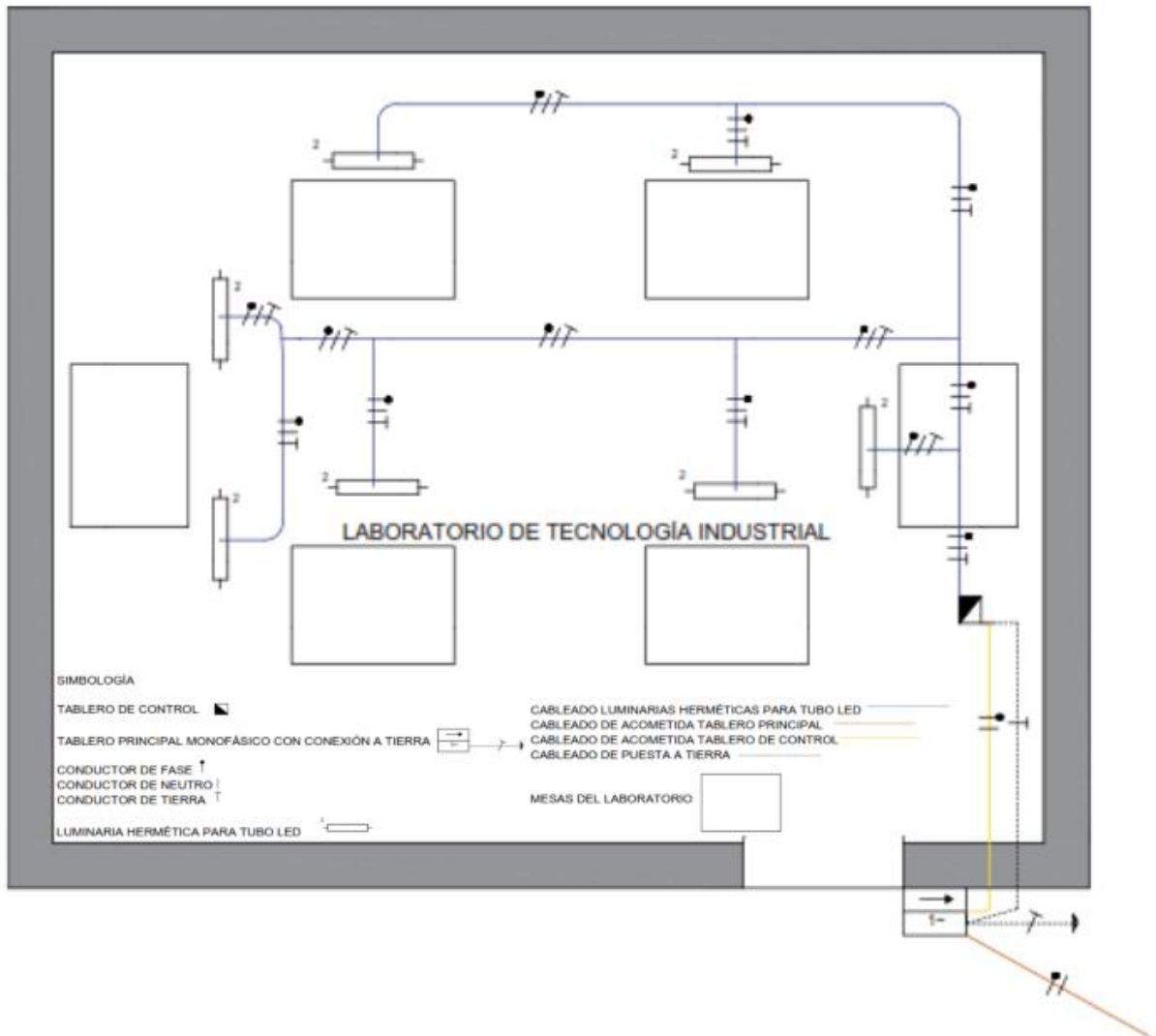
El diagrama eléctrico de las luminarias correspondientes al circuito de trabajo, que se necesita para el correcto entendimiento del proyecto, se encuentra representado en la Figura 3.14.



**Figura 3.14:** Diagrama eléctrico de las luminarias LED 9w-3u (circuito de trabajo).

Además, para el correcto funcionamiento del sistema de iluminación se requiere que al momento de utilizar este sistema, en horas de clase, se utilice al mismo tiempo el circuito de paso ya que con la ayuda de este se puede llegar a obtener los rangos de iluminación recomendados por la norma (NEC, 2018) para una sala de clases de educación superior.

El diagrama eléctrico de las luminarias correspondientes al circuito de paso, que se necesita para el correcto entendimiento del proyecto, se encuentra representado en la Figura 3.15.



**Figura 3.15:** Diagrama eléctrico del circuito de paso.

En los diagramas mostrados se requiere que la instalación tenga una acometida con fase y neutro y además, de una correcta conexión de puesta a tierra del sistema.

### **Estudio eléctrico para el sistema de iluminación**

Se realizó el estudio para determinar todos los valores necesarios para los conductores eléctricos del sistema de iluminación, circuito de paso, de trabajo, acometida y a continuación se va a detallar dichos valores.

## Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Los conductores eléctricos necesitan ser dimensionados tomando como base la potencia total demandada por el circuito. Los calibres de algunos conductores se detallan en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8:** Conductores eléctricos AWG

CONDUCTOR	DIÁMETRO (mm)	CORRIENTE ADMISIBLE (A)
5 AWG	4,621	117
6 AWG	4,115	89
7 AWG	3,665	89
8 AWG	3,264	66
9 AWG	2,906	66
10 AWG	2,588	52
11 AWG	2,305	50
12 AWG	2,053	45
13 AWG	1,828	17
14 AWG	1,628	15
15 AWG	1,450	12
16 AWG	1,291	10
17 AWG	1,150	7
18 AWG	1,023	5

Fuente: (Incables, 2020)

Como el sistema de iluminación está dividido en dos circuitos, de paso y de trabajo, se dimensionó para cada uno en particular a continuación:

- **Conductores para el circuito de paso**

Como se mencionó anteriormente el circuito de paso utilizará un foco tipo LED Tubo T8, sin embargo, se dimensionó para el uso de bombillas fluorescente con balastro, de darse el caso de que en algún momento se determine cambiar el sistema de iluminación aquí diseñado y así no exista algún problema de sobrecarga en los conductores al momento de hacerlo.

Se utilizó el método de cálculo de conductor por caída de voltaje, por lo que en primera instancia se debe utilizar la potencia total consumida por la carga obteniendo un total de: 525 (W), según la marca SYLVANIA, esto asumiendo que se utilizaría lámparas T12 que utiliza balasto electromagnético.

Para la obtención de la corriente total se utiliza un margen de seguridad del 15%.

$$P_t = P_{tc} \cdot 115\% \quad \text{Ec.1}$$

$P_t$  = Potencia total (W).

$P_{tc}$  = Potencia total consumida por lámpara (W).

115% = Porcentaje incluido el margen de seguridad.

$$P_t = 525 \cdot 115\% = 603,75 \text{ (W)} \quad \text{Ec. 2}$$

El resultado de la (Ec. 2) es el valor de la potencia consumida solamente por la lámpara, pero en una luminaria fluorescente se tiene otros elementos adicionales, como el balasto, que también consumen energía por lo que la intensidad total se calcularía con la (Ec. 3).

$$I = \frac{(P_{aux} + P_{lamp})}{(V \cdot \cos \emptyset)} \quad \text{Ec.3}$$

$I$  = Intensidad de corriente.

$P_{aux}$  = Potencia consumida por los elementos auxiliares.

$P_{lamp}$  = Potencia consumida por la lámpara.

$V$  = Voltaje nominal de la instalación.

$\cos \emptyset$  = Factor de potencia.

El factor de potencia en una luminaria con tubos fluorescente depende del balasto con el que trabaje con el que se puede tomar un valor de 0,96.

Además, para el valor de  $P_{aux}$  se puede tomar el valor de 40 (W) por cada uno y como son 7 luminarias serían un total de 280 (W) además, se puede interpretar que dentro de los 280 (W) está incluido la corriente de arranque del balasto (Pidre, 2015).

$$I = \frac{(280 + 603,75)}{(120 \cdot 0,96)} = 7,67 \text{ (A)} \quad \text{Ec.4}$$

Ahora se va a calcular la sección del conductor con la (Ec. 5).

$$S = \rho \frac{2 \cdot L \cdot I}{u} \quad \text{Ec. 5}$$

S = Sección mínima del conductor.

$\rho$  = Resistividad del cobre.

I = Corriente total consumida por la carga.

L = Longitud del conductor.

u =caída de tensión admisible

La caída de tensión admisible (u) para los dos circuitos, de trabajo y de paso, es del 3% por lo que sería el resultado de la Ec.6.

$$u = 3\% \cdot 120 = 3,6 \text{ (V)} \quad \text{Ec. 6}$$

Ahora se va a calcular la sección del conductor con la Ec.7.

$$S = \frac{0,0171 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 7,67}{3,6} = 0,364 \text{ (mm}^2\text{)} = 27 \text{ AWG} \quad \text{Ec. 7}$$

Con el resultado de la (Ec. 7) se puede escoger un calibre mínimo de 0,364 (mm<sup>2</sup>) que corresponde al conductor 27 AWG sin embargo, según la norma (NEC, 2018) para instalaciones eléctricas se recomienda utilizar conductor del tipo 14 AWG y así también se pueda tener un margen de seguridad mucho más amplio.

- **Conductores para el circuito de trabajo**

En el sistema de iluminación diseñado en este documento se utiliza solamente luminarias de tipo LED, sin embargo, se dimensionó los conductores para el sistema de trabajo para la utilización de bombillas incandescentes de 100 (W).

Para hallar la potencia total del circuito se utiliza la (Ec. 8).

$$P = \sum Pu = 4000 \text{ (W)} \quad \text{Ec. 8}$$

P = Potencia total.

$\sum$  = Sumatoria.

$P_u$  = Potencia de cada foco incandescente de 100 (W).

Ahora para calcular el valor de la corriente se utiliza la (Ec. 9).

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. 9}$$

$I$  = Intensidad de corriente.

$P$  = Potencia total de la carga.

$V$  = Voltaje nominal de la instalación.

$$I = \frac{4000}{120} = 33,3 \text{ (A)} \quad \text{Ec. 10}$$

Con el valor de la corriente de la (Ec. 10) y la caída de tensión admisible, calculado anteriormente, se procede a encontrar la sección con la fórmula de la (Ec. 11).

$$S = \frac{0,0171 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 33,3}{3,6} = 1,581 \text{ (mm}^2\text{)} = 15 \text{ AWG} \quad \text{Ec. 11}$$

Con el resultado de la (Ec. 11) se puede escoger un conductor de calibre 15 AWG como sección mínima, pero se va a utilizar el valor referido por la norma (NEC, 2018) que dice que el valor del conductor debe soportar el 125% de la corriente nominal por lo que, se va a utilizar en el diseño un conductor 12 AWG para tener un margen de seguridad más amplio en los equipos y las personas.

En este sistema no se usan balastos por lo que no existe ninguna potencia adicional a las de las bombillas.

- **Conductores para la acometida de todo el sistema de iluminación**

En el Laboratorio de Tecnología Industrial ya existe un tablero que se encarga del sistema de iluminación actual por lo que, se va a dimensionar el calibre necesario para los conductores de la acometida teniendo en cuenta la potencia total consumida por la carga del sistema de iluminación diseñado en este documento, asumiendo que no se utilice luminarias tipo LED, mediante el método de la caída de voltaje.

Para empezar, se va a encontrar la corriente total con la (Ec. 12).

$$I(\text{tot}) = I(\text{sis. paso}) + I(\text{sis. trabajo}) \quad \text{Ec. 12}$$

I(tot) = Intensidad de corriente total de todo el sistema de iluminación.

I(sis.paso) = Intensidad de corriente que circula a través del sistema de paso.

I(sis.trabajo) = Intensidad de corriente que circula a través del sistema de trabajo.

$$I(\text{tot}) = 7,67 + 33,3 = 40,97 \text{ (A)} \quad \text{Ec. 13}$$

Ahora con el resultado de la (Ec. 13) se va a determinar la sección del conductor para la acometida con el método de caída de voltaje con la (Ec. 14).

$$S = \rho \frac{2 \cdot L \cdot I}{u} \quad \text{Ec. 14}$$

S = Sección del conductor.

$\rho$  = Resistividad del cobre.

L = Longitud a la que se encuentra la carga.

I = Intensidad de corriente que circula por lo cables.

u = Caída de tensión admisible.

La caída de tensión admisible es del 1%, para acometidas, por lo que:

$$u = 120 \cdot \frac{1}{100} = 1,2 \text{ (V)} \quad \text{Ec. 15}$$

Con el resultado de la caída de tensión admisible (Ec. 15) del sistema se puede determinar la sección del conductor utilizando la (Ec. 16).

$$S = 0,0171 \frac{2 \cdot 2 \cdot 40,97}{1,2} = 2,33 \text{ (mm}^2\text{)} = 11 \text{ AWG} \quad \text{Ec. 16}$$

Con el resultado de la (Ec. 16) se obtiene un calibre del conductor de 11 AWG pero al igual que en los conductores de las secciones anteriores se dimensionó el sistema de iluminación con un conductor 10 AWG para mantener un margen de seguridad recomendado por la norma (NEC, 2018) para conductores de la acometida del sistema.

- **Tuberías o canaletas de los conductores**

Según la norma (NEC, 2018) en una misma canaleta pueden llevarse los conductores pertenecientes a un mismo circuito, por lo que, en las canaletas deben ir solamente los



conductores respectivos al circuito de iluminación correspondiente por lo tanto, en el sistema de iluminación diseñado consta de dos circuitos ,uno de paso y otro de trabajo, que requieren de dos canaletas únicas independientes para cada uno y una tercer canaleta para los conductores de la acometida del sistema de iluminación.

Los conductores que fueron antes dimensionados por su sección no sobrepasan 2,33 (mm<sup>2</sup>) por lo que se puede seleccionar una tubería: Manguera Corrugada para conducción de Cables Eléctricos con una medida de 3/8” para todos los conductores del sistema de iluminación para que se introduzcan los conductores de fase, neutro y tierra del circuito de iluminación correspondiente en la manguera.

### **Resultados del estudio eléctrico del sistema de iluminación**

Después de haber realizado el dimensionamiento de los conductores eléctricos, del circuito de paso, de trabajo y de la acometida, se logró obtener todos los conductores eléctricos necesarios para el sistema de iluminación, con la cantidad y calibre propuestos por la norma (NEC, 2018), y se encuentran detallados en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9:** Conductores eléctricos necesarios para el sistema de iluminación.

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>MODELO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DATOS TÉCNICOS</b>
Conductores	-	9	3 conductores 10 AWG. 3 conductores 12 AWG. 3 conductores 14 AWG.

Fuente: (NEC, 2018).

### **Dimensionamiento de elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos del sistema de iluminación**

Para el funcionamiento del sistema de iluminación en su totalidad se requiere dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que fueron dimensionados en este documento para su correcto funcionamiento dentro del sistema de iluminación.

- **Breaker**

Este elemento fue dimensionado para soportar la corriente total del circuito, para ello fue necesario conocer los datos de placa y especificaciones de cada carga que componen el sistema de iluminación diseñado en este documento.

Los valores de corriente que consumen el PLC LOGO V8 y los contactares no son relativamente altos por lo que se toman despreciables.

Por lo que en la Tabla 3.10 se encuentran detalladas las cargas y el valor de corriente que consumen las luminarias tipo LED Tubo T8, que requieren ser instaladas, y LED 9w-3u, que son las luminarias por las que se debería reemplazar a las actuales, ya que para las protecciones eléctricas del sistema de iluminación, se debe utilizar la corriente nominal que circula por el sistema y para este sistema de iluminación las cargas de las luminarias que utiliza el sistema diseñado son las luminarias 9w-3u y las luminarias LED Tubo T8.

**Tabla 3.10:** Condiciones de dimensionamiento de breaker.

<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA TOTAL (W)</b>	<b>INTENSIDAD (A)</b>
LED 9w-3u	40	360	3
LED Tubo T8	7	126	1,05
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>486</b>	<b>4,05</b>

Fuente: (Dialux 9.0, 2020).

Según la Tabla 3.10 se obtiene una intensidad total del sistema de 4,05 (A) y para la corriente de protección se va a considerar un margen de seguridad del 125% por lo que se obtiene 5,06 (A) y se podría seleccionar el breaker más cercano a ese valor que puede ser el breaker enchufable Square D, que es un breaker termomagnético monopolar que soporta hasta 10 (A), también el disyuntor diferencial debe ser seleccionado con este valor de corriente.

- **Disyuntor diferencial de protección**

Se tiene una corriente de protección de 5,06 (A) por lo que el disyuntor diferencial debe funcionar y garantizar la seguridad de las personas que se encuentren en el laboratorio respetando este valor teórico calculado con anterioridad. Por lo que se puede seleccionar el siguiente disyuntor diferencial:



**Figura 3.16:** Disyuntor diferencial RIEL DIN.

El disyuntor diferencial de la Figura 3.16 es el adecuado para ser instalado conjuntamente con el breaker por soportar hasta 16 (A).

Además, para garantizar el correcto funcionamiento del disyuntor diferencial del sistema este requiere tener una correcta conexión eléctrica a un punto de tierra.

- **Contactores**

Para seleccionar un contactor es muy importante tener en cuenta dos términos fundamentales que son: la vida útil de sus contactos y la categoría del empleo deseado.

La vida útil de los contactos es el tiempo, en función del número de maniobras que realiza dicho contactor durante el cual los contactos conservan las condiciones mínimas de funcionamiento. Normalmente suelen ser de 1'000.000 de maniobras pero esto depende de la marca que se esté utilizando. (SCHNEIDER, 2020)

Para la categoría de empleo existe una clasificación en la cual se especifica el tipo y la aplicación de los contactores. Y el tipo de contactor para poder definir a que categoría pertenece el contactor necesario para el sistema de iluminación se encuentran especificado en la Tabla 3.11. (Tecnología Electrónica, 2014)

**Tabla 3.11:** Clasificación de los contactores.

TIPO DE CONTACTOR	APLICACIONES RECOMENDADAS
AC-1	Para cargas resistivas o débilmente inductivas $\cos\phi = 0,95$ , instalaciones electromecánicas o instalaciones eléctricas.
AC-2	Para cargar inductivas ( $\cos \phi = 0.65$ ). Arranque e inversión de marcha de motores de anillos rozantes.
AC-3	Para cargas fuertemente inductivas ( $\cos \phi = 0.35$ a $0.65$ ). Arranque y desconexión de motores de jaula.
AC-4	Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión.

Fuente: (SCHNEIDER, 2020).

Como se observa en la Tabla 3.11 el contactor que se requiere es uno de la categoría: AC-1 debido a que las cargas que van a manejar estos contactores son cargas resistivas o débilmente inductivas.

Como ya se tiene el tipo de contactor que se requiere se necesita también el voltaje, para la bobina del contactor, y la corriente nominal, que circularía a través de sus contactos, por lo que para este proyecto se va a necesitar un contactor que trabaje a 120 (V) y 9 (A), para el circuito de paso, y otro que trabaje a 120 (V) y 40 (A), para el circuito de trabajo, en el caso de no utilizar las luminarias tipo LED.

En la Figura 3.17 se encuentra la imagen de un contactor Schneider que tiene una amplia gama de contactores dependiendo el servicio que se necesite.



**Figura 3.17:** Contactor SCHNEIDER.

Para la automatización del sistema de iluminación se decidió la utilización de un PLC LOGO V8 por su reducido tamaño, precio accesible y su relativa facilidad de programación.

Los dispositivos restantes para terminar todos los dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos necesarios para el sistema de iluminación se encuentran detallados en la Tabla 3.12 con el nombre del dispositivo y la cantidad necesaria y que además, algunos se encuentran ya instalados en el Laboratorio de Tecnología Industrial como lo son algunos pulsadores, el selector y el sensor de presencia.

**Tabla 3.12:** Dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos existentes en el laboratorio.

DISPOSITIVO	CANTIDAD
Pulsadores (instalado).	2
Selector de 3 posiciones (instalado).	1
Sensor de presencia (instalado).	1
Dispositivo indicador de voltaje	1

Fuente: (Italo Vera, 2020).

## Requerimientos para el tablero de control

Los requerimientos para el diseño del tablero se basaron en conocer el estado de las instalaciones del Laboratorio de Tecnología Industrial con sus elementos correspondientes, esto se realizó haciendo un recorrido por el mismo, para así determinar la ubicación del tablero.

De igual manera, se realizó una inspección visual por el techo del laboratorio correspondiente al proyecto con el fin de conocer las condiciones actuales que tenía el sistema de iluminación en ese entonces y así también determinar de qué manera sería posible instalar un nuevo cableado para este, con el fin de llevar a cabo los objetivos del proyecto.

De esta manera, se dimensionó varios elementos técnicos requeridos para el funcionamiento del tablero a futuro, siendo algunos de ellos: Tipo y calibre de conductores, relés o contactores, protecciones eléctricas y un nuevo sistema de conexión.

En la Tabla 3.13 se presentan magnitudes y condiciones obtenidas durante todo el estudio detallado previamente, debido a que el nuevo cableado y alimentación del tablero debe ser tomado con las acometidas existentes en la ESFOT.

**Tabla 3.13:** Condiciones tomadas del cableado antiguo, a las que el nuevo trabajaría.

DESCRIPCION	VALOR
Voltaje	120 (Vrms)
Tipo de alimentación	Monofásica
Tipo de corriente	AC

Fuente: (Laboratorio de Tecnología Industrial (ESFOT), 2020).

Estos datos fueron medidos en las acometidas existentes en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT. Según los valores de la Tabla 3.13 los elementos y cables usados para la alimentación del nuevo tablero deben operar respetando dichos parámetros.

## Diseño del tablero eléctrico para el sistema de iluminación del laboratorio

Gracias a los datos, especificaciones y condiciones recogidas en los estudios realizados con anterioridad, se pudo seleccionar todos los elementos que fueron necesarios para el diseño del nuevo tablero del sistema de iluminación.

En la Tabla 3.14 se especifica todos los elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que fueron necesarios para el diseño del nuevo tablero.

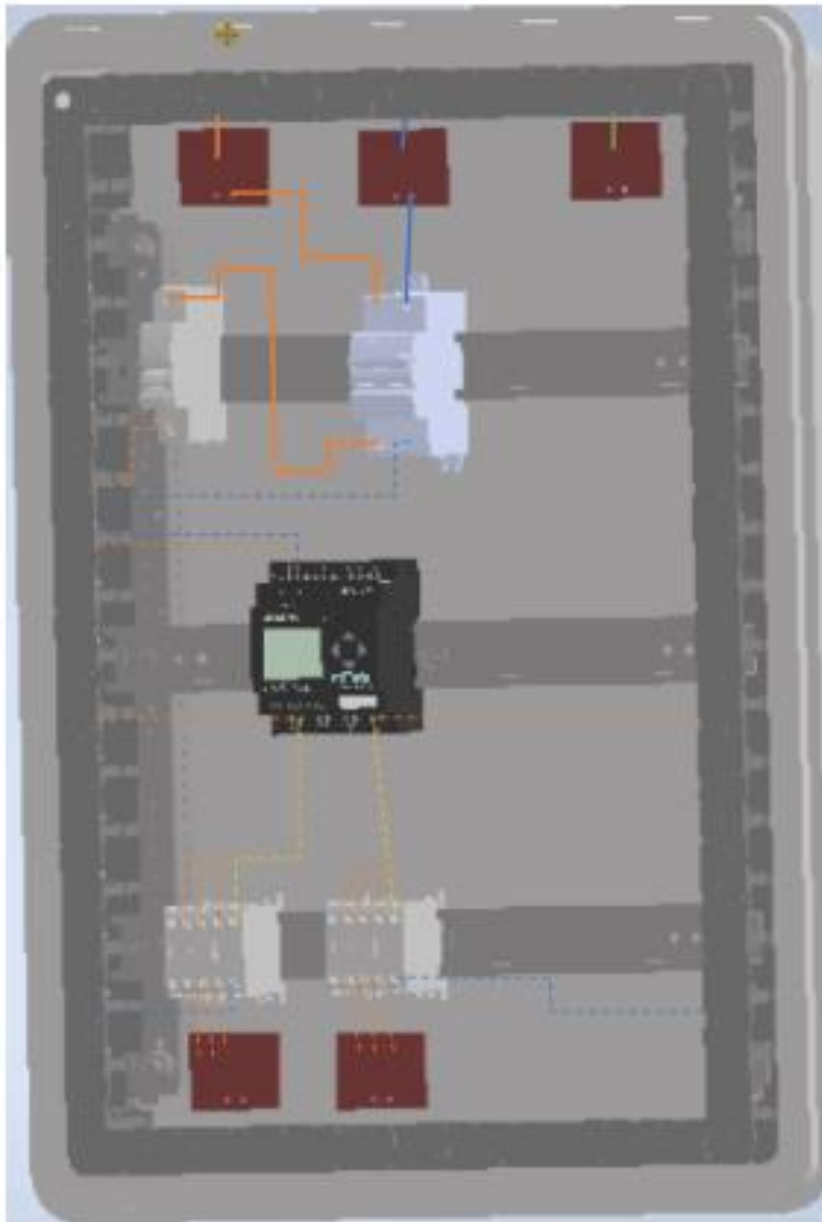
**Tabla 3.14:** Elementos usados para el diseño del tablero con sus respectivas especificaciones.

<b>ELEMENTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Breaker	ENCHUFABLE SQUARE D	1
Disyuntor diferencial de protección	CHINT NEXT	1
Contactores	SCHNEIDER	2
Pulsador básico	-	2
Sensor de presencia	-	1
PLC LOGO V8	SIEMENS	1
Indicador de voltaje	-	1
Interruptor selector de 3 posiciones	-	1

Fuente: (Italo Vera, 2020).

Se dimensionó el tablero con todos los requerimientos necesarios según la norma (TAN, 2018) que establece que los tableros deben estar dimensionados para garantizar la mínima probabilidad de fallas internas, protección de las personas y de los equipos instalados. (Legrand, 2017).

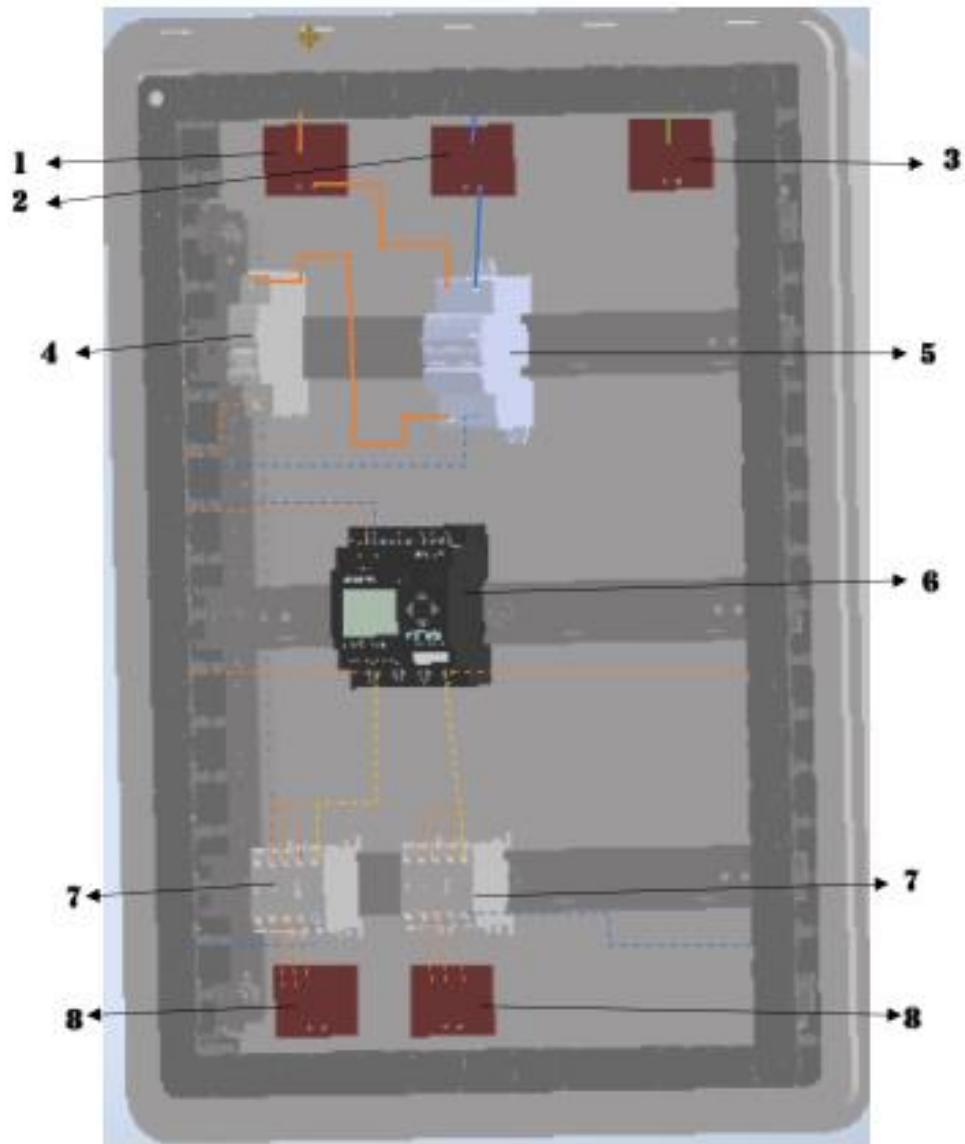
La apariencia interna dimensionada del tablero se encuentra representada en la Figura 3.18 donde constan los dispositivos internos del mismo, necesarios para controlar el sistema de iluminación planteado en este documento y dejando un espacio para posibles dispositivos que se instale en un futuro en el sistema de iluminación.



**Figura 3.18:** Apariencia física del tablero de control diseñado.

El tablero fue dimensionado según los componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos que se necesita para el correcto funcionamiento del sistema de iluminación mismos que se encuentran detallados con un número en la Figura 3.19.





**Figura 3.19:** Dispositivos necesarios en el tablero de control.

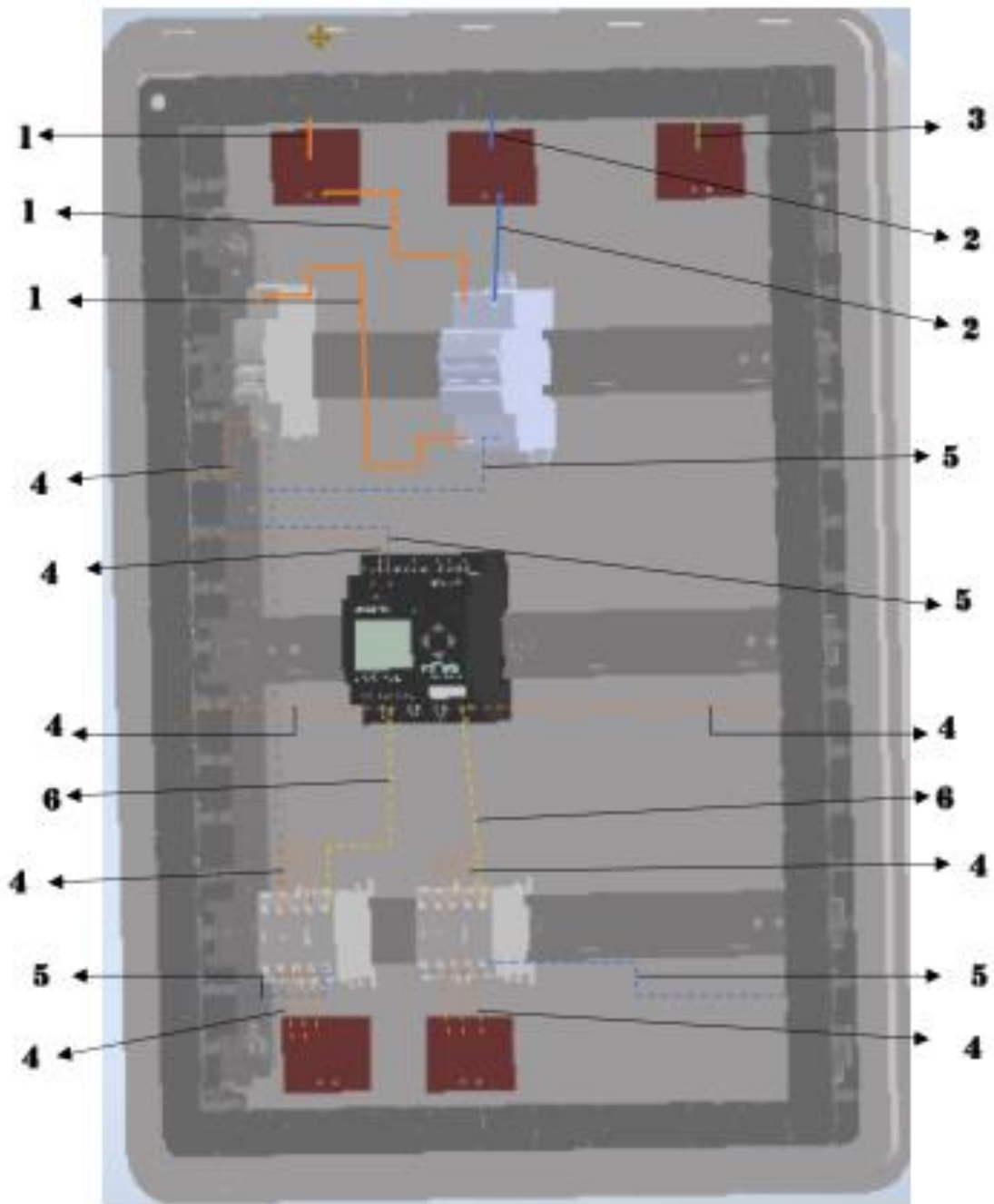
Los números de la Figura 3.19 que se refieren a los componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos del tablero se encuentran detallados en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15:** Descripción de los componentes del tablero según el número.

<b>NÚMERO</b>	<b>COMPONENTE</b>
1	Barra de cobre para la fase de la acometida.
2	Barra de cobre para el neutro de la acometida.
3	Barra de cobre para la toma de tierra de la instalación.
4	Breaker monofásico.
5	Disyuntor diferencial de protección.
6	PLC LOGO V8.
7	Contactador
8	Barra de cobre para la fase del circuito al que correspondan las luminarias.

Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).

Los conductores que se encuentran dentro del tablero fueron de igual forma representados en la Figura 3.20.



**Figura 3.20:** Representación de los conductores dentro del tablero.

Los números de la Figura 3.20 que se refieren a los conductores del tablero se encuentran detallados en la Tabla 3.16.

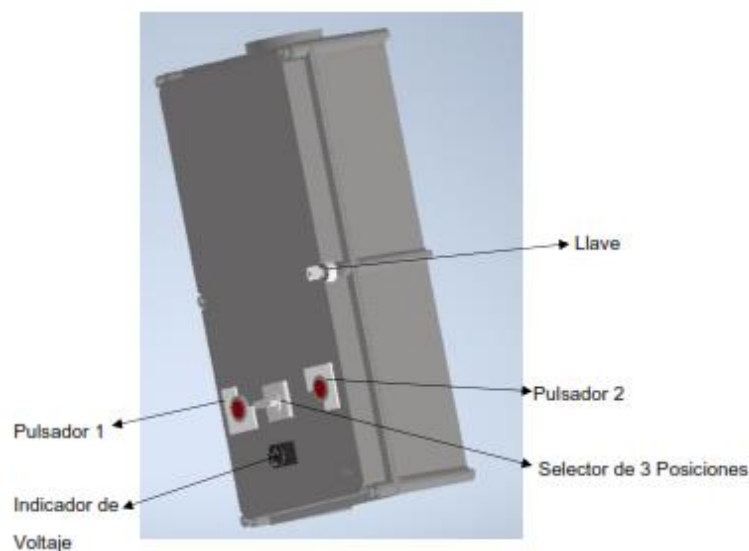
**Tabla 3.16:** Descripción de los conductores del tablero según el número.

NÚMERO	CONDUCTOR
1	Conductor de fase de la acometida.
2	Conductor de neutro de la acometida.
3	Conductor de la toma de tierra de la instalación.
4	Conductor de fase después del sistema de protección.
5	Conductor de neutro después del sistema de protección.
6	Conductor de fase después del sistema de protección para activar la bobina del contactor.

Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).

De igual manera se dimensionó el tablero con la capacidad de contener todos los elementos necesarios para manejar el sistema de iluminación en su totalidad.

Se dimensionó los componentes de la parte frontal del tablero, que son: dos pulsadores, un selector de 3 posiciones y un dispositivo indicador de voltaje, mismos que se encuentra reflejados en la Figura 3.21.



**Figura 3.21:** Parte frontal del tablero.

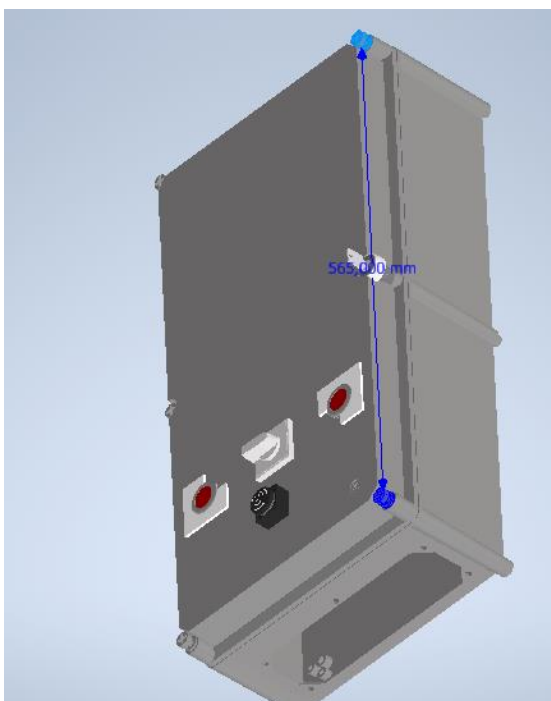
En la Tabla 3.17 se detallan los elementos de la parte frontal del tablero de la Figura 3.21.

**Tabla 3.17:** Detalles de los elementos de la parte frontal del tablero.

ELEMENTO	DETALLE
Llave	Llave del tablero para la seguridad de los dispositivos dentro de este.
Pulsador 1	Pulsador para activar y desactivar las luminarias del circuito de trabajo.
Pulsador 2	Pulsador para activar y desactivar as luminarias del circuito de paso.
Indicador de voltaje	Dispositivo indicador de voltaje que enseña que el sistema de iluminación se encuentra energizado y que está funcionando.
Selector de 3 posiciones	Dispositivo para seleccionar el modo de trabajo (manual o automático).

Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).

A continuación, en la Figura 3.22, Figura 3.23 y Figura 3.24 se detallan las medidas obtenidas del alto, ancho y base del tablero respectivamente:



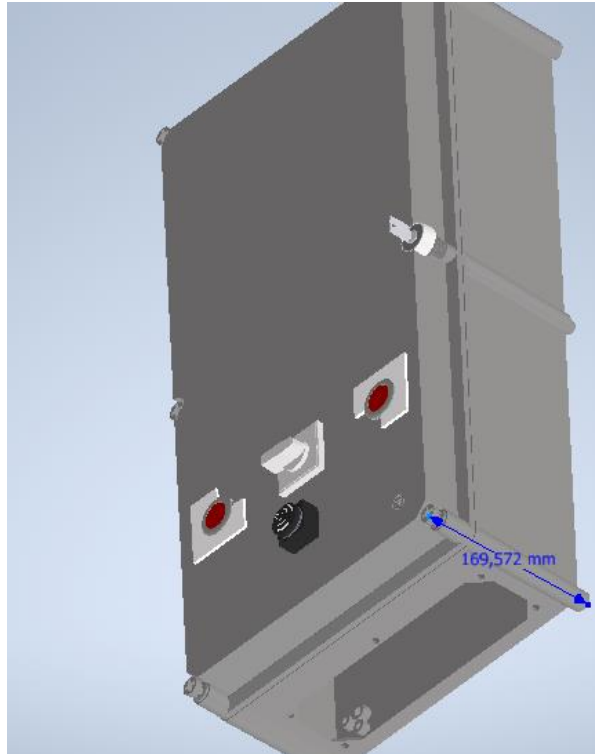
**Figura 3.22:** Medida del alto del tablero.

La medida del alto del tablero se encuentra en la Tabla 3.18.

**Tabla 3.18:** Medida del alto del tablero.

DETALLE	MEDIDA (mm)	MEDIDA (cm)
Alto del tablero.	565,00	56,50

Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).



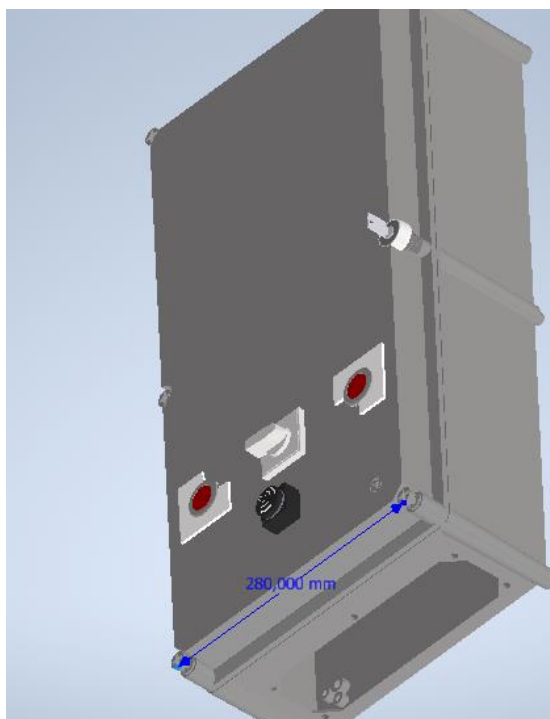
**Figura 3.23:** Medida del ancho del tablero.

La medida del ancho del tablero se encuentra en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19:** Medida del ancho del tablero.

DETALLE	MEDIDA (mm)	MEDIDA (cm)
Ancho del tablero.	169,57	16,95

Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).



**Figura 3.24:** Medida de la base del tablero.

La medida de la base del tablero se encuentra en la Tabla 3.20.

**Tabla 3.20:** Medida de la base del tablero.

DETALLE	MEDIDA (mm)	MEDIDA (cm)
Base del tablero.	280,00	28,00

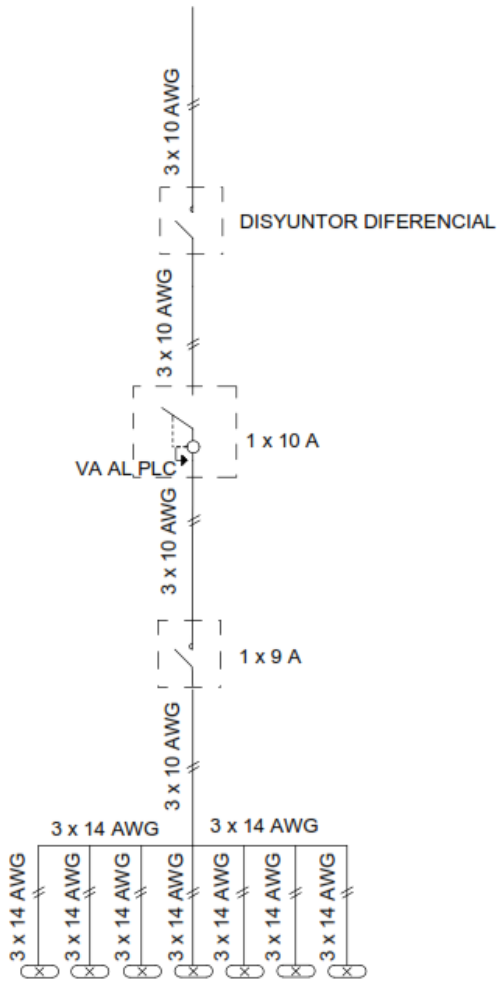
Fuente: (Autodesk Inventor, 2020).

### 3.2. Planos Unifilares

Después de realizar el dimensionamiento de los conductores se procedió a realizar los diagramas unifilares de los circuitos antes mencionados además, del diagrama unifilar de todo el sistema de iluminación.

#### Diagrama unifilar del circuito de paso

El diagrama unifilar donde se encuentra representado el calibre del conductor y los dispositivos necesarios para el circuito de paso se encuentra representado en la Figura 3.25.



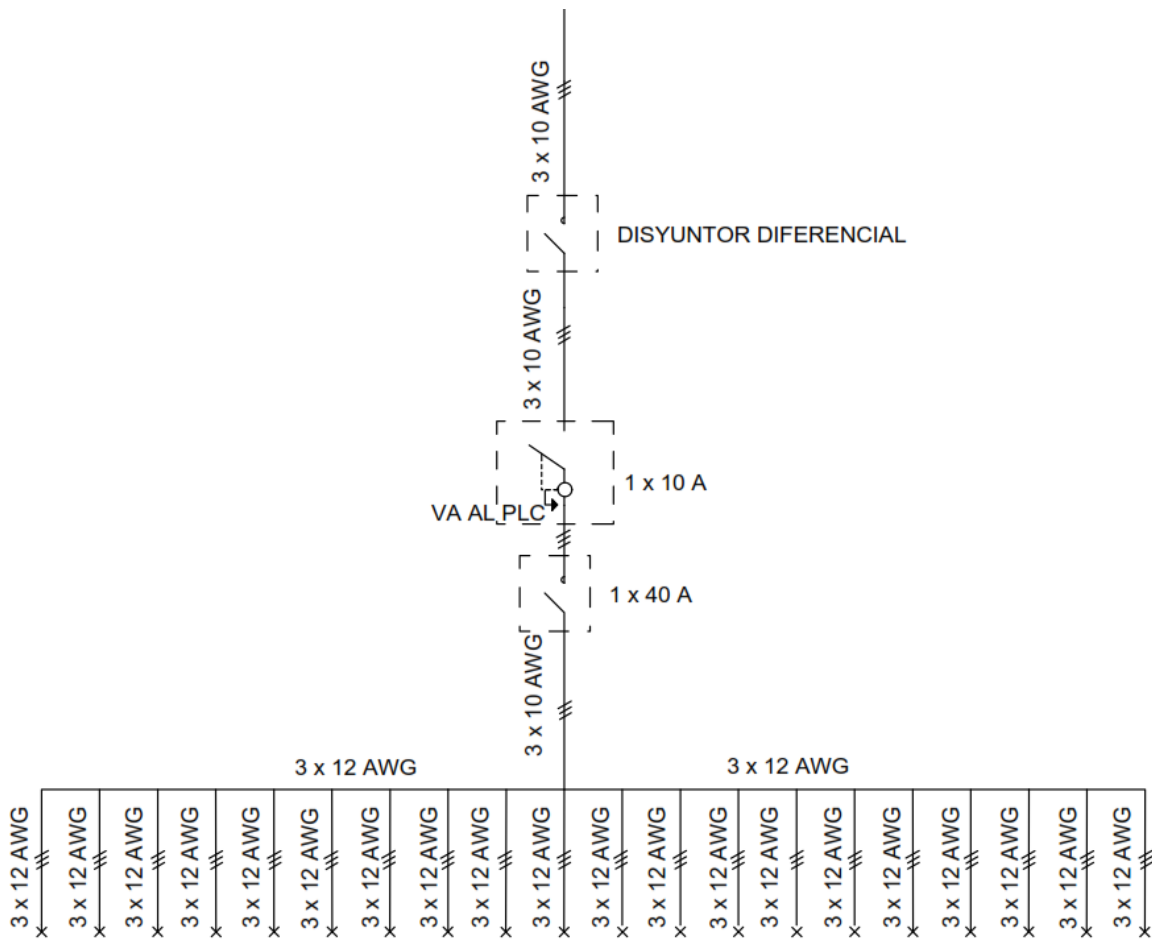
**Figura 3.25:** Diagrama unifilar del circuito de paso.

El diagrama unifilar del circuito de paso se encuentra con el nombre de ANEXO A.

### **Diagrama unifilar del circuito de trabajo**

El diagrama unifilar donde se encuentra representado el calibre del conductor y los dispositivos necesarios para el circuito de trabajo se encuentra representado en la Figura 3.26.



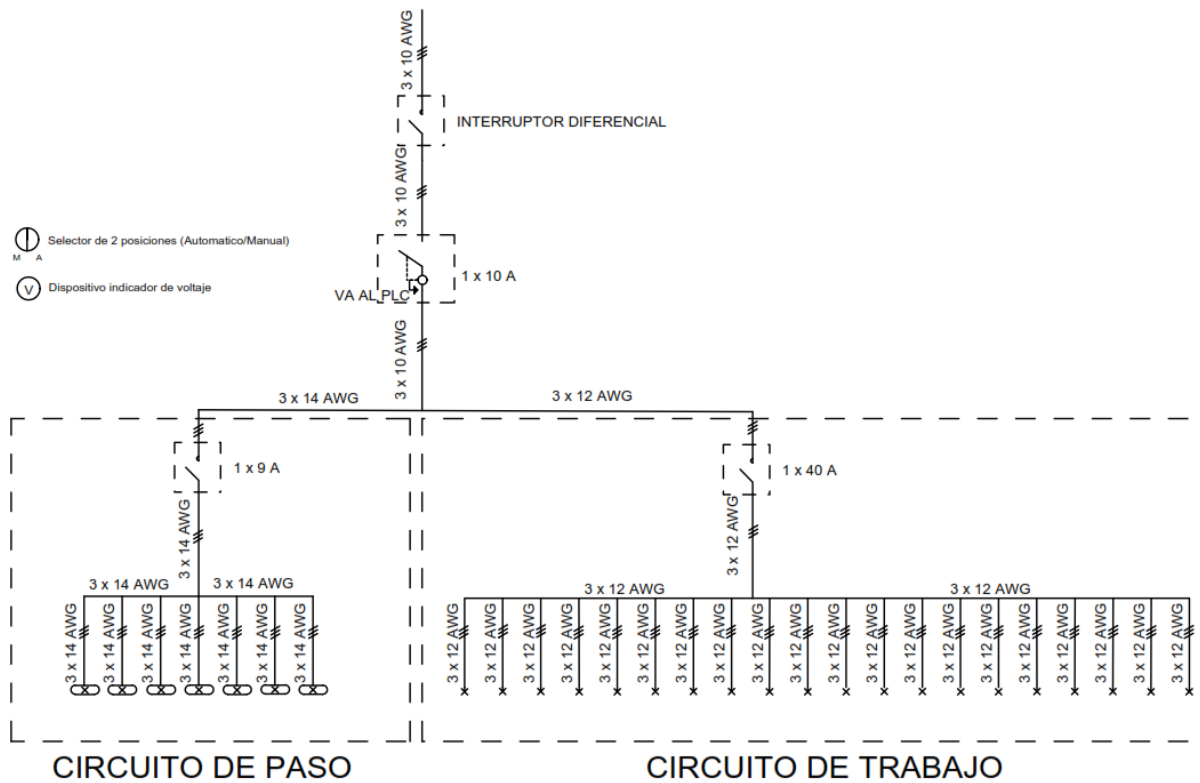


**Figura 3.26:** Diagrama unifilar del circuito de trabajo.

El diagrama unifilar del circuito de trabajo se encuentra con el nombre de ANEXO B.

### **Diagrama unifilar del circuito total de iluminación**

El diagrama unifilar donde se encuentra representado el calibre del conductor y los dispositivos necesarios para todo el sistema de iluminación se encuentra representado en la Figura 3.27.





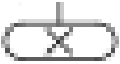


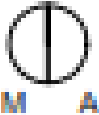

**Figura 3.27:** Diagrama unifilar del circuito total de iluminación.

El diagrama unifilar de todo el sistema de iluminación se encuentra con el nombre de ANEXO C.

Los elementos que comprenden los diagramas unifilares se encuentran detallados a continuación en la Tabla 3.21.

**Tabla 3.21:** Simbología de los diagramas unifilares.

ELEMENTO	NOMBRE	MARCA	MODELO	DATOS ELÉCTRICOS
	Breaker	Enchufable	Square D	Breaker termomagnético monopolar. Corriente: 10 (A).

	Contactor	SCHNEIDER	Electric LC1D32 M7 o F7.	Voltaje bobina: 120(V). Corriente AC1: 9 (A) / 40 (A).
	Disyuntor diferencial.	CHINT	NB7LE	Voltaje: 120 / 220 (V). Corriente: 16 (A).
	Luminaria tipo LED Tubo T8.	SYLVANIA	Tubo T8	Voltaje nominal: 100-277 (V). Corriente: 0.15 (A) a 120 (V).
	Conductor	CONELSA THNN	14 AWG 12 AWG 8 AWG	Voltaje: 300- 500 (V). Corriente: 18 (A).
	Luminaria tipo LED.	PACIFICLED	9w-3u	Voltaje nominal: 100 - 277 (V). Corriente: 0.15 (A) a 120 (V).
	Selector de 3 posiciones.	SIEMENS	SIRIUS ACT	Voltaje nominal: 500 (V) máximo. Corriente: 60 (A).
	Voltímetro indicador.	-	-	-

Fuente: (AutoCAD, 2020).

### 3.3. Sistema de iluminación

En esta sección del documento se procedió a realizar el diagrama de la estructura del sistema de iluminación resultante con los diversos dispositivos que se encuentran dimensionados para cumplir el objetivo de mejorar y automatizar el sistema de iluminación actual del laboratorio.

En la Figura 3.28 se encuentra el diseño general de todos los dispositivos necesarios para el sistema de iluminación.

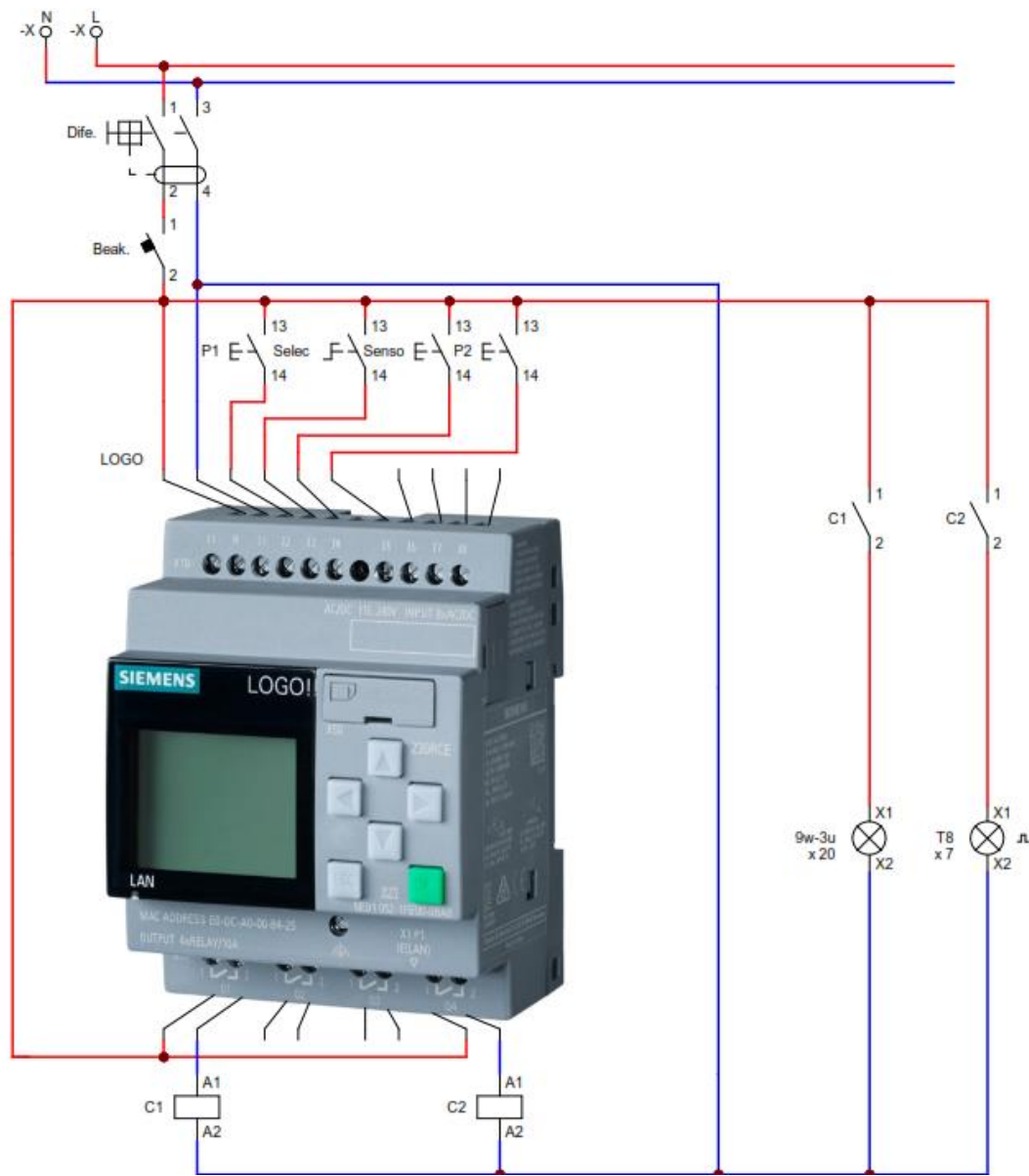


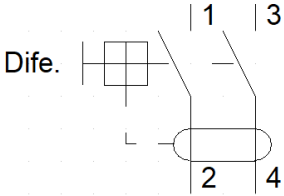
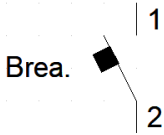
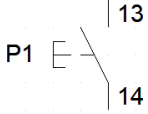
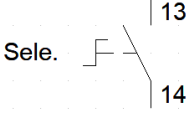
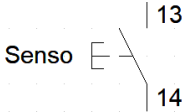
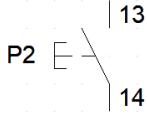
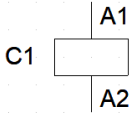
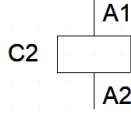
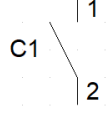
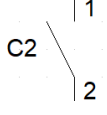
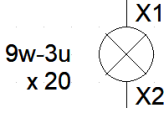
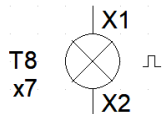



Figura 3.28: Diseño general de los dispositivos del sistema de iluminación.

Para el mejor entendimiento de la Figura 3.28 se encuentra la simbología en la Tabla 3.22.

**Tabla 3.22:** Simbología del diseño general del sistema de iluminación.

FIGURA	NOMBRE	DETALLES
	Línea.	Línea activa de la acometida para el sistema de iluminación.
	Neutro	Neutro de la acometida para el sistema de iluminación para cerrar el circuito en su totalidad.
	Disyuntor diferencial.	Dispositivo de protección de las personas del sistema de iluminación.
	Breaker termomagnético.	Dispositivo de protección de los dispositivos del sistema de iluminación.
	Pulsador P1.	Pulsador para encender y apagar las luminarias del circuito de trabajo.
	Selector de 3 posiciones.	Selector para escoger el modo de trabajo (manual o automático)
	Sensor de presencia.	Sensor de presencia que se encarga de detectar la presencia de alguna persona en el laboratorio.

	<p>Pulsador P2.</p>	<p>Pulsador para encender y apagar las luminarias del circuito de paso.</p>
	<p>Bobina del contactor C1.</p>	<p>Bobina del contactor encargado de encender las luminarias del circuito de trabajo.</p>
	<p>Bobina del contactor C2.</p>	<p>Bobina del contactor encargado de encender las luminarias del circuito de paso.</p>
	<p>Contacto del contactor C1.</p>	<p>Contacto del contactor encargado de encender las luminarias del circuito de trabajo.</p>
	<p>Contacto del contactor C2.</p>	<p>Contacto del contactor encargado de encender las luminarias del circuito de paso.</p>
	<p>Luminaria 9w-3u.</p>	<p>Luminarias del circuito de trabajo y se requieren 20 luminarias de estas.</p>
	<p>Luminaria tipo Tubo T8.</p>	<p>Luminarias del circuito de paso y se requieren 7 luminarias de estas.</p>
	<p>PLC LOGO V8</p>	<p>Dispositivo del Sistema encargado de controlar y automatizar el sistema de iluminación.</p>

Fuente: (CADe\_SIMU, 2020).

Como se observó existen diversos dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos en el sistema de iluminación y la conexión de estos se encuentra detallada en la siguiente sección de este documento.

### **3.4. Instalaciones eléctricas necesarias**

Se tienen diferentes dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que tienen una específica conexión necesaria para su correcto funcionamiento dentro del sistema de iluminación por lo que a continuación se dará a conocer la correcta conexión de estos dispositivos:

#### **Conexión eléctrica del breaker**

Para la instalación del breaker se va a necesitar las siguientes herramientas:

- Probador de voltaje o tester.
- Destornilladores planos y de estrella.
- Alicates de electricista.
- El breaker para instalar.

#### **PROCEDIMIENTO:**

1. Se debe desenergizar el suministro de energía del sitio en donde va a ser instalado el breaker.
2. Desconectar los dispositivos del área de instalación del breaker.
3. Con un comprobador de voltaje o tester se debe verificar que no haya paso de corriente eléctrica en la instalación.
4. Verificar la capacidad del breaker para estar seguro de que sea el adecuado para proteger los equipos.
5. Colocar el breaker en la barra del tablero asegurando su instalación.
6. Verificar que no existan chispazos, recalentamiento o humo en el tablero al momento de conectar el breaker.
7. Energizar el sistema.

Si se siguen los pasos de acuerdo con el procedimiento antes mencionado se podría activar el breaker con seguridad para que cumpla su función en el sistema de iluminación. (ICE, 2016).

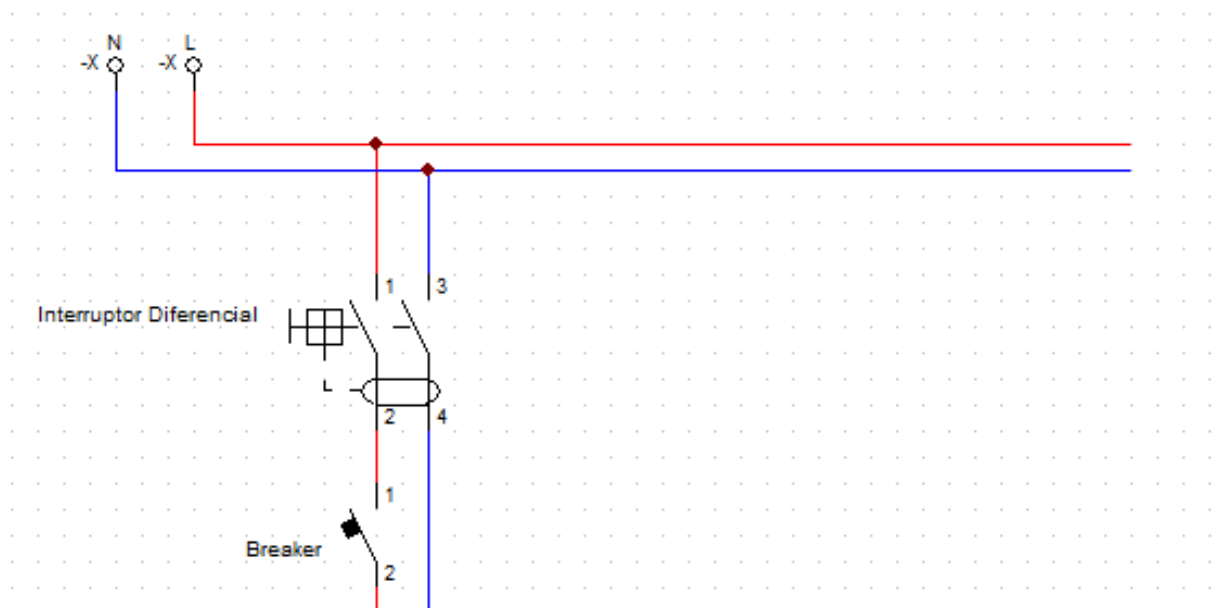
## Conexión eléctrica del disyuntor diferencial de protección

Para la instalación de un disyuntor diferencial de protección se va a necesitar las mismas herramientas que se utilizó para la instalación del breaker con la diferencia que en lugar de necesitar el breaker va a ser el disyuntor diferencial.

### PROCEDIMIENTO:

1. Se debe desenergizar el suministro de energía del sitio en donde va a ser instalado el disyuntor diferencial.
2. Desconectar los dispositivos del área de instalación del disyuntor diferencial.
3. Con un comprobador de voltaje o tester se verifica que no haya paso de corriente eléctrica en la instalación.
4. Colocar el disyuntor diferencial en la barra del tablero asegurando su instalación.
5. Verificar que no existan chispazos, recalentamiento o humo en el tablero al momento de conectar el disyuntor diferencial.
6. Energizar el sistema.

Al tener instalado el breaker y el disyuntor diferencial se va a tener un circuito parecido al de la Figura 3.29.



**Figura 3.29:** Conexión del interruptor diferencial y breaker.

Como se observa en la Figura 3.29 el disyuntor diferencial debe ir antes del breaker por mayor seguridad de las personas y del sistema.

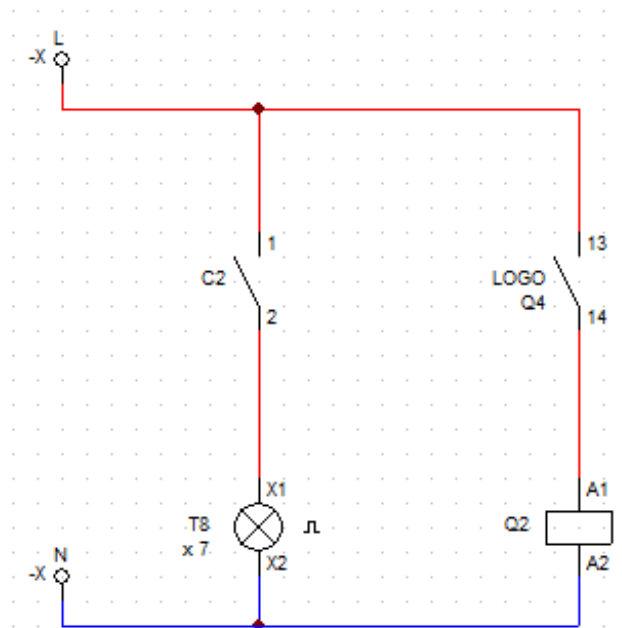


## Conexión eléctrica de las luminarias

En el sistema de iluminación se tiene dos circuitos que van a funcionar independientemente por lo que se va a presentar la instalación eléctrica de cada circuito a continuación:

- **Luminarias del circuito de paso:**

En la Figura 3.30 se tiene la conexión de una luminaria LED Tubo T8 que representa la conexión de las 7 luminarias, conectadas en paralelo, con la bobina de un contactor y la representación eléctrica de la salida del PLC LOGO V8 denominada Q4.

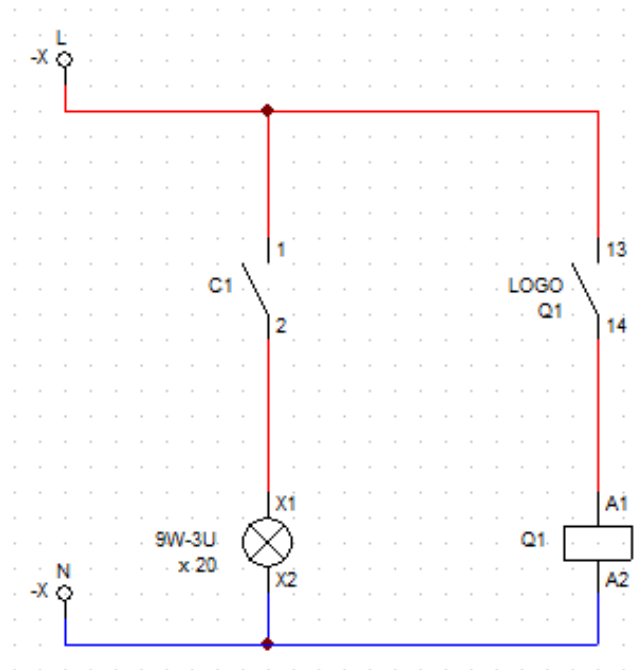


**Figura 3.30:** Conexión eléctrica de las luminarias de paso.

Como se observa en la Figura 3.30 se tiene la conexión de una lámpara LED Tubo T8, mencionadas con anterioridad, para mejorar el nivel lumínico del laboratorio y representa la conexión de las 7 luminarias en paralelo. También se observa la conexión de la bobina de un contactor (Q2) que se energiza cuando la salida del PLC LOGO V8 active la salida (Q4) y cierra el contacto (C2) para encender todas las luminarias del circuito de paso.

- **Luminarias del circuito de trabajo:**

En la Figura 3.31 se tiene la conexión de una luminaria 9w-3u que representa la conexión de las 20 luminarias, conectadas en paralelo, con la bobina de un contactor y la representación eléctrica de la salida del PLC LOGO V8 denominada Q1.



**Figura 3.31:** Conexión eléctrica de las luminarias de trabajo.

Como se observa en la Figura 3.31 se tiene la conexión de una lámpara 9w-3u, mencionadas con anterioridad, para mejorar el nivel lumínico del laboratorio y representa la conexión de las 20 luminarias en paralelo. También se observa la conexión de la bobina de un contactor (Q1) que se energiza cuando la salida del PLC LOGO V8 active la salida (Q1) y cierra el contacto (C1) para encender todas las luminarias del circuito de trabajo.

### 3.5. Sistema de control automático

El sistema de control automático se encuentra comandado por el PLC LOGO V8 por lo que con la ayuda del software LOGO!Soft Comfort se procedió a diseñar el programa necesario para el sistema de iluminación diseñado en este documento.

En la Figura 3.32, Figura 3.33 y Figura 3.34 se encuentran todas las partes del diagrama de flujo que representa el funcionamiento del sistema automático de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT que caracteriza a este proyecto.

El diagrama de flujo también se encuentra con el nombre de ANEXO D.

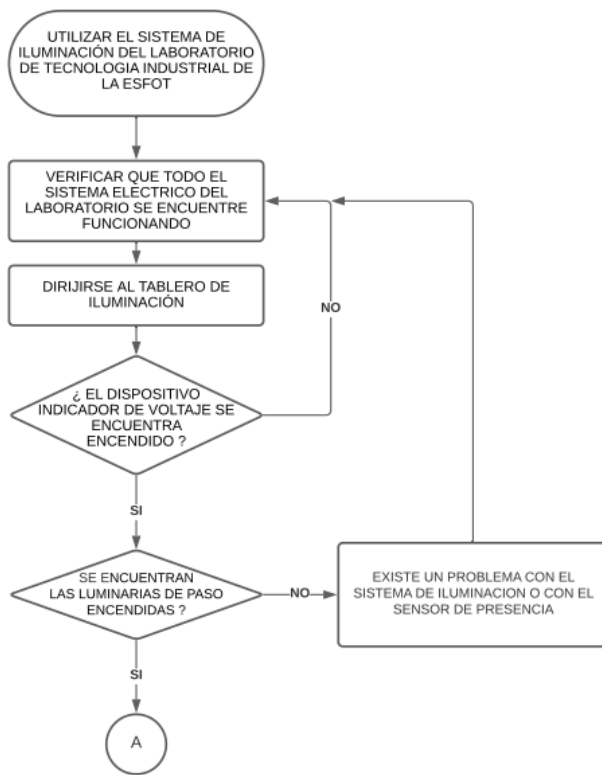


Figura 3.32: Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 1)

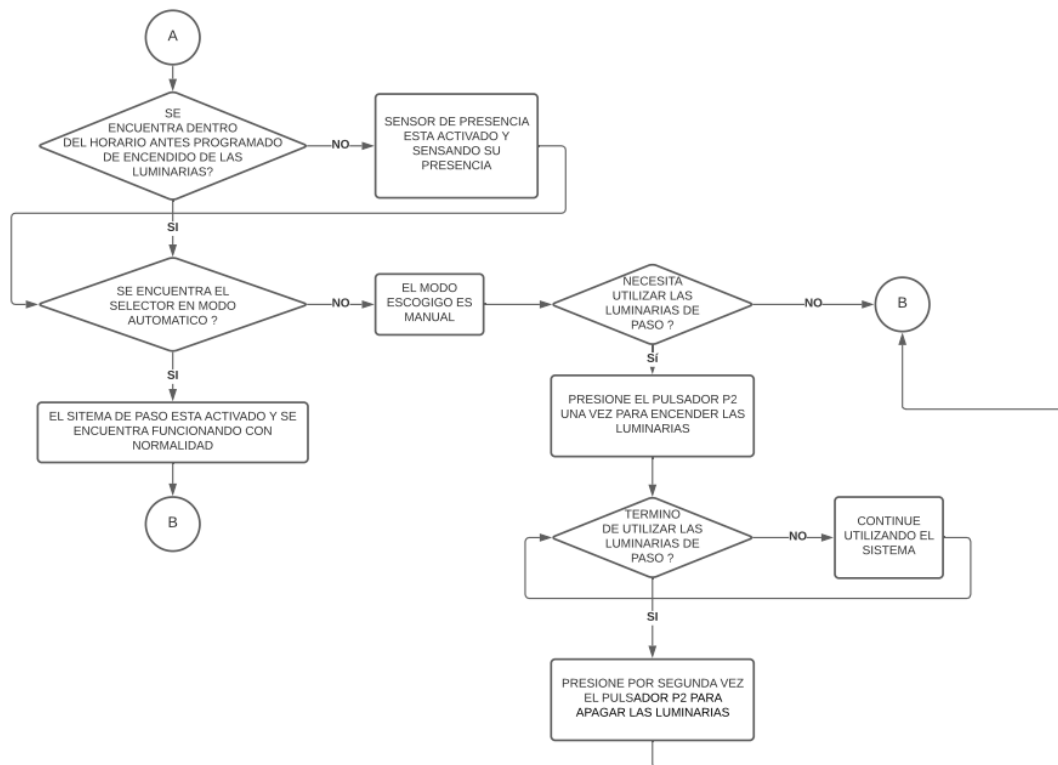
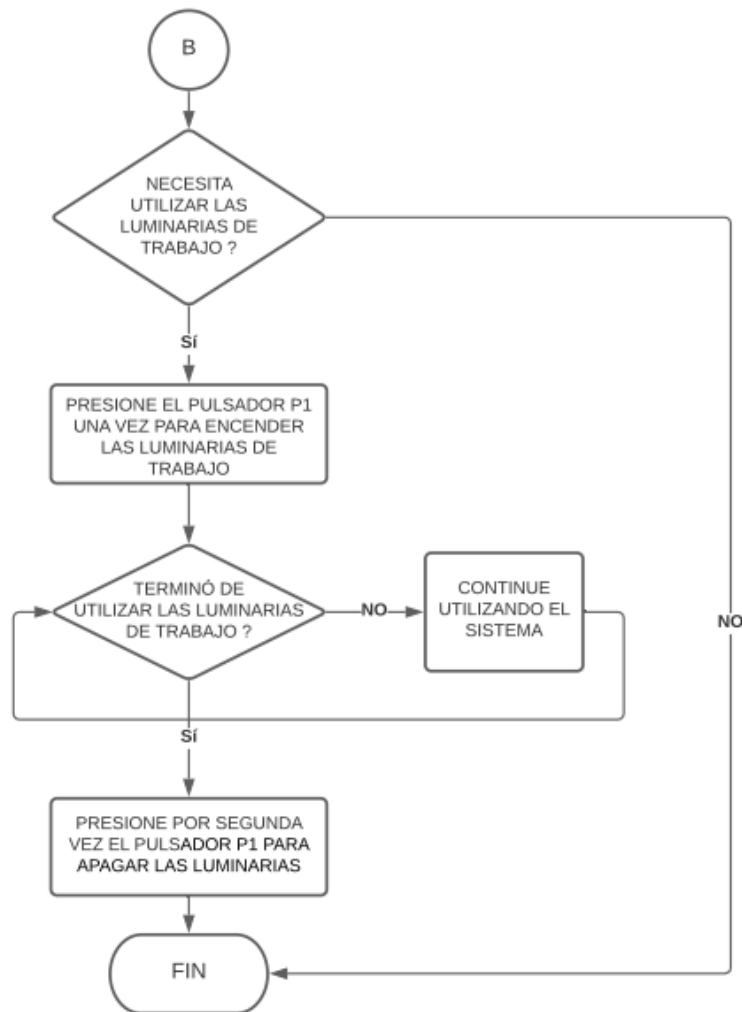


Figura 3.33: Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 2)

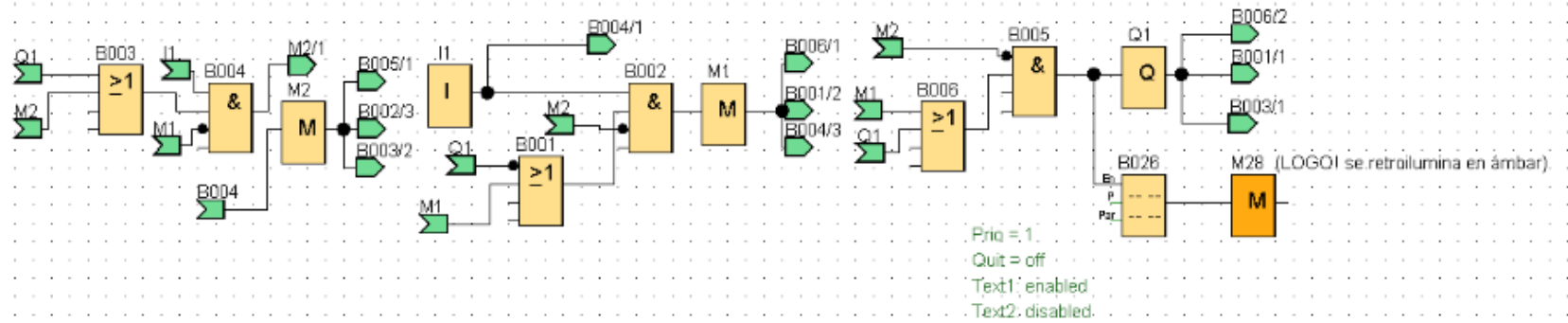


**Figura 3.34:** Diagrama de flujo del sistema automático de iluminación. (Parte 3)

Para la utilización del PLC LOGO V8 se requiere que mediante la programación de este, con el software LOGO!Soft Comfort, se pueda determinar todos los aspectos generales del funcionamiento del sistema de iluminación y se pueda programar el PLC.

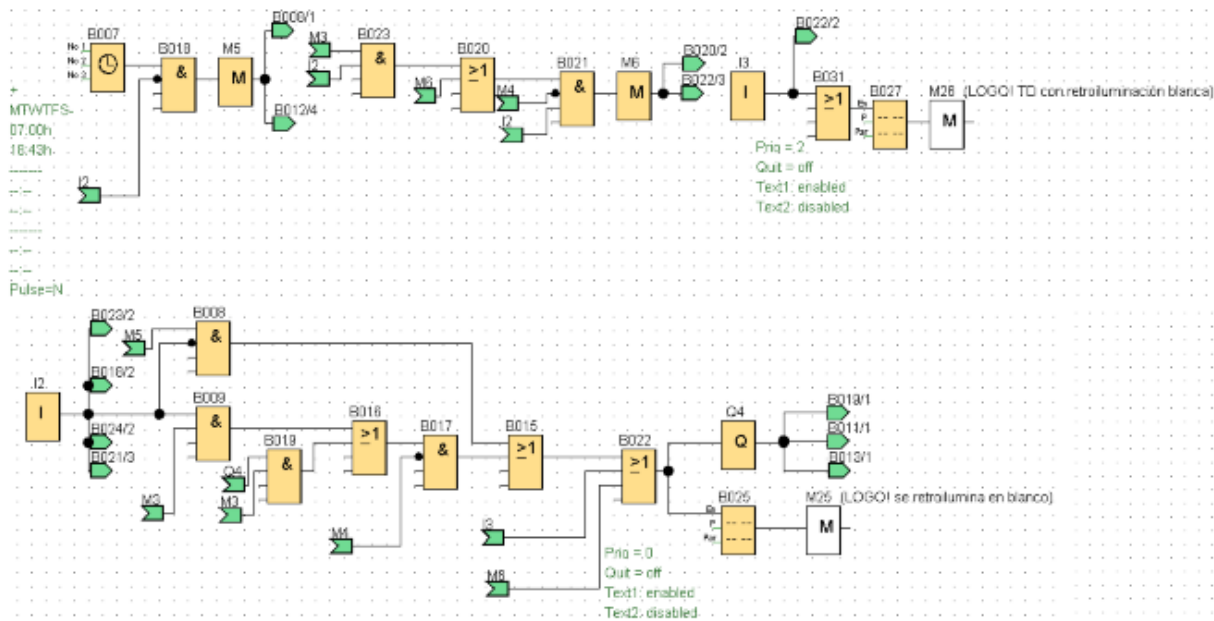
En la Figura 3.35 se encuentra el programa realizado en el software LOGO!Soft Comfort para el correcto funcionamiento del PLC LOGO V8 en el sistema de iluminación diseñado en este documento.

## LUMINARIAS PARA CLASES



## LUMINARIAS DE PASO

### MODO AUTOMATICO



### MODO MANUAL

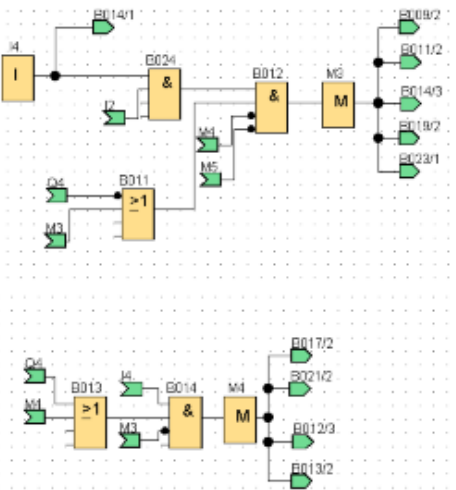


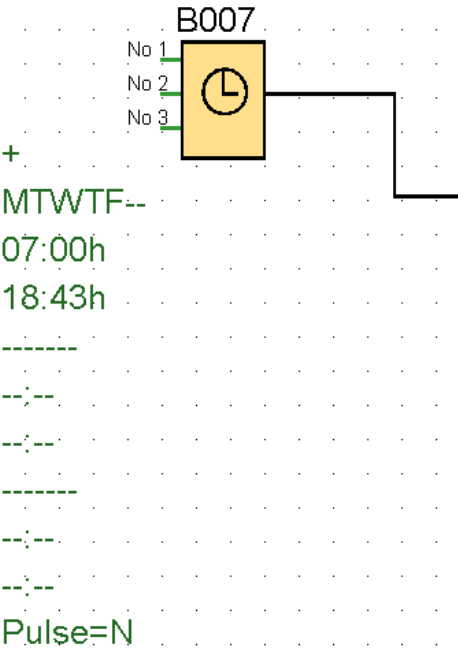
Figura 3.35: Programa diseñado en el software LOGO!Soft Comfort.

El programa del sistema automático realizado mediante el software LOGO!Soft Comfort se divide en las siguientes secciones:

**Modo automático**

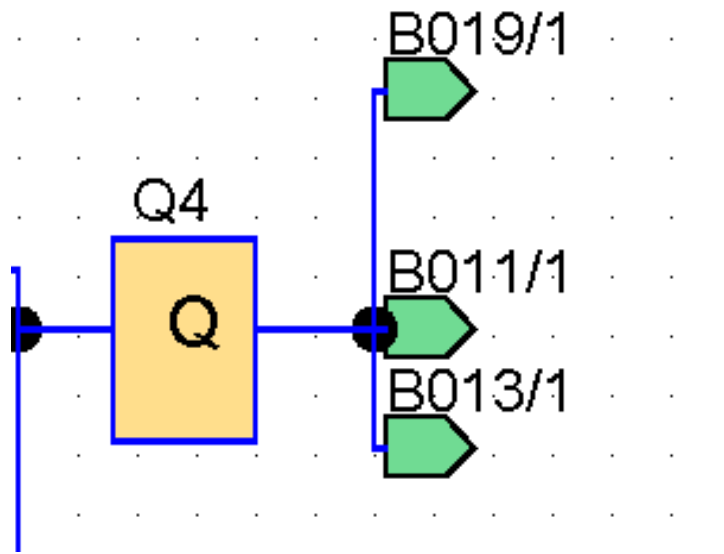
Gracias a las opciones que se tiene con la programación de un PLC como lo es el LOGO V8 se puede obtener la función de encender las luminarias de paso de forma automática, siempre y cuando se encuentre el selector del tablero en modo automático, las horas que se encuentren programadas.

En la Figura 3.36 se encuentra la imagen del bloque funcional denominado temporizador semanal que es el que se encarga de activar las luminarias en el horario ya antes programado mediante computadora o personalmente a través del dispositivo LOGO V8.



**Figura 3.36:** Temporizador semanal.

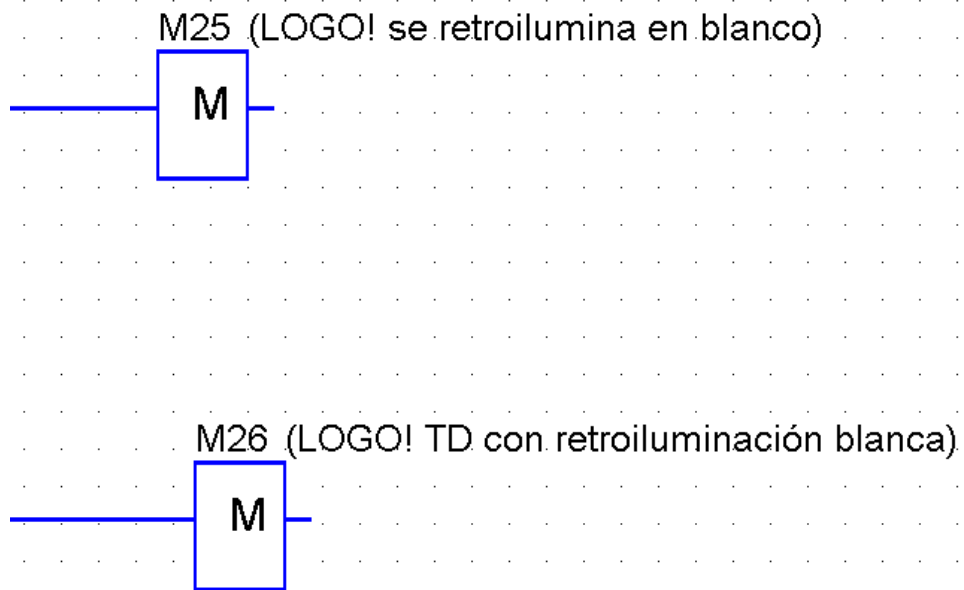
Además, en la Figura 3.37 se tiene el bloque funcional que representa la salida del PLC LOGO V8 que en este caso es la salida Q4 para la activación de las luminarias de paso.



**Figura 3.37:** Bloque funcional de la salida Q4 del LOGO V8.

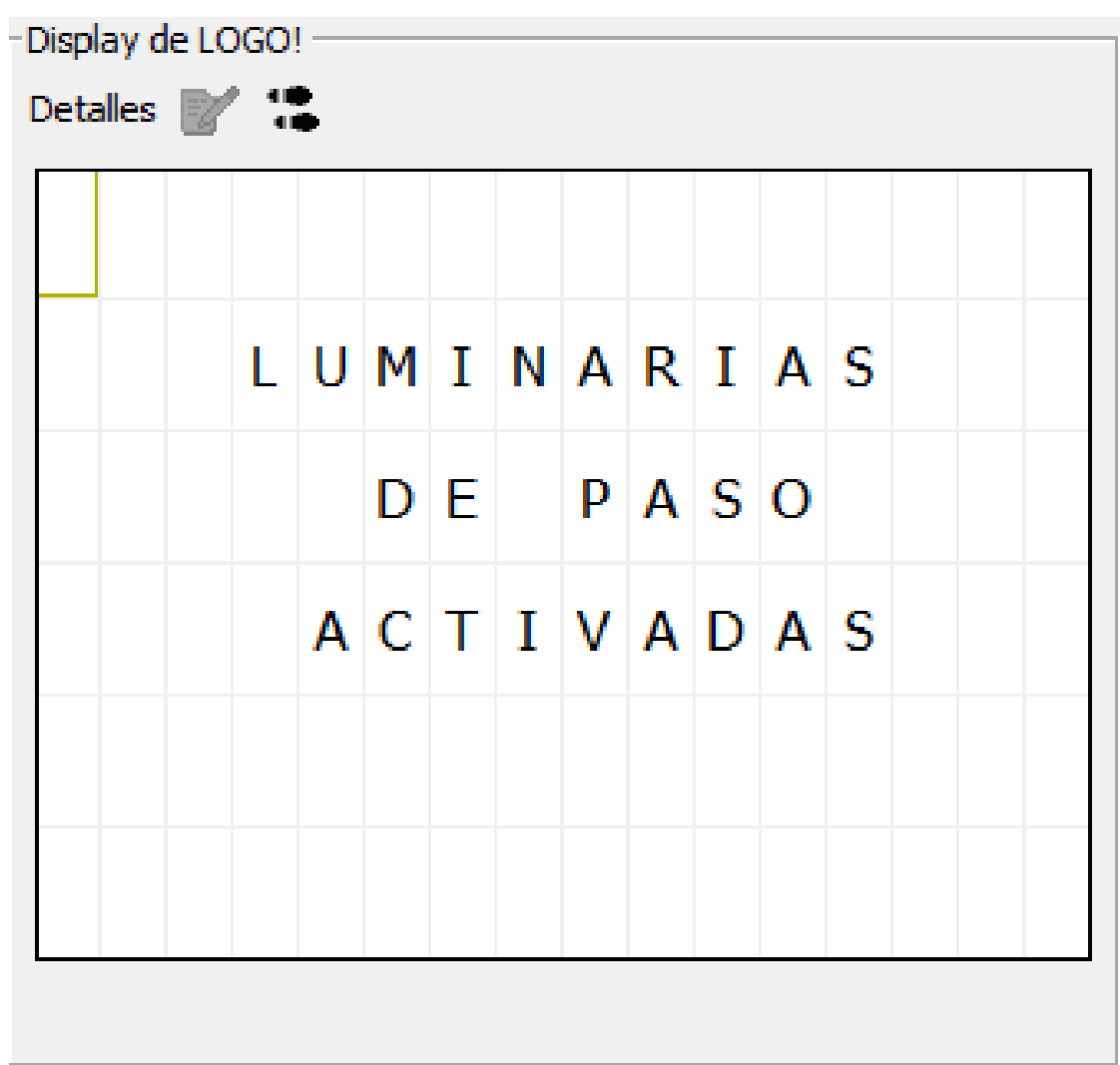
El PLC LOGO V8 tiene la funcionalidad de indicar mensajes de texto a través de su pantalla lo que sirve también para informar al usuario si se encuentra en modo automático o en modo manual además, de informarle que sistema se encuentra encendido.

Para presentar dichos mensajes de texto a través de la pantalla del LOGO V8 se necesitan los bloques funcionales denominados “Marcas” mismos que se encuentran representados en la Figura 3.38.



**Figura 3.38:** Marcas para mostrar mensajes en la pantalla del LOGO V8.

Además, de presentar el texto a través de la pantalla del LOGO V8 estas marcas dan la posibilidad de escoger el color de la pantalla en que se quiere que se muestre el texto en este caso se escogió color blanco para las luminarias de paso como se observa en la Figura 3.39 que refleja el programa LOGO!Soft Comfort.

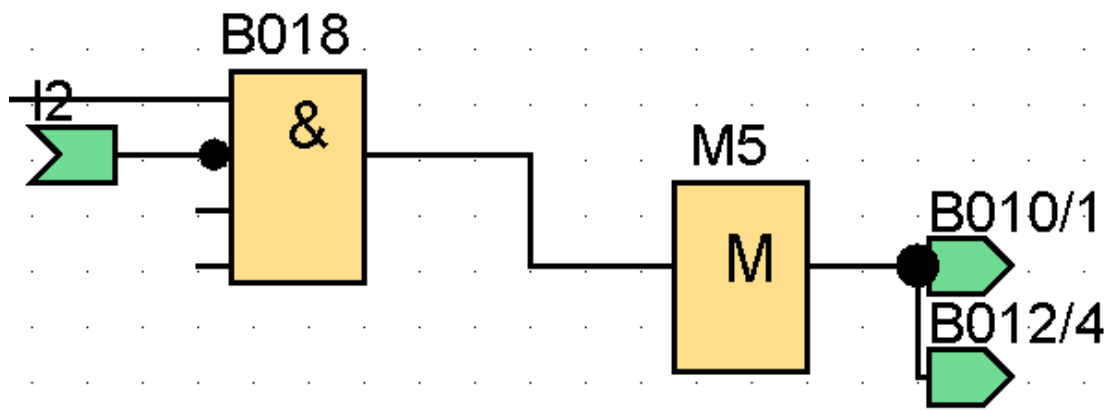


**Figura 3.39:** Pantalla del LOGO V8 para las luminarias de paso.

El resto de los componentes que se encuentran en el diagrama de bloques funcionales corresponde a todos aquellos que ayudan a cumplir el objetivo planteado a través de sus funciones lógicas como lo es el bloque funcional OR y el bloque funcional AND.

El bloque funcional NOT no se representa con un bloque como el bloque funcional OR o AND este se representa con un punto negro en alguna de las conexiones al que se está refiriendo como se observa en la Figura 3.40.

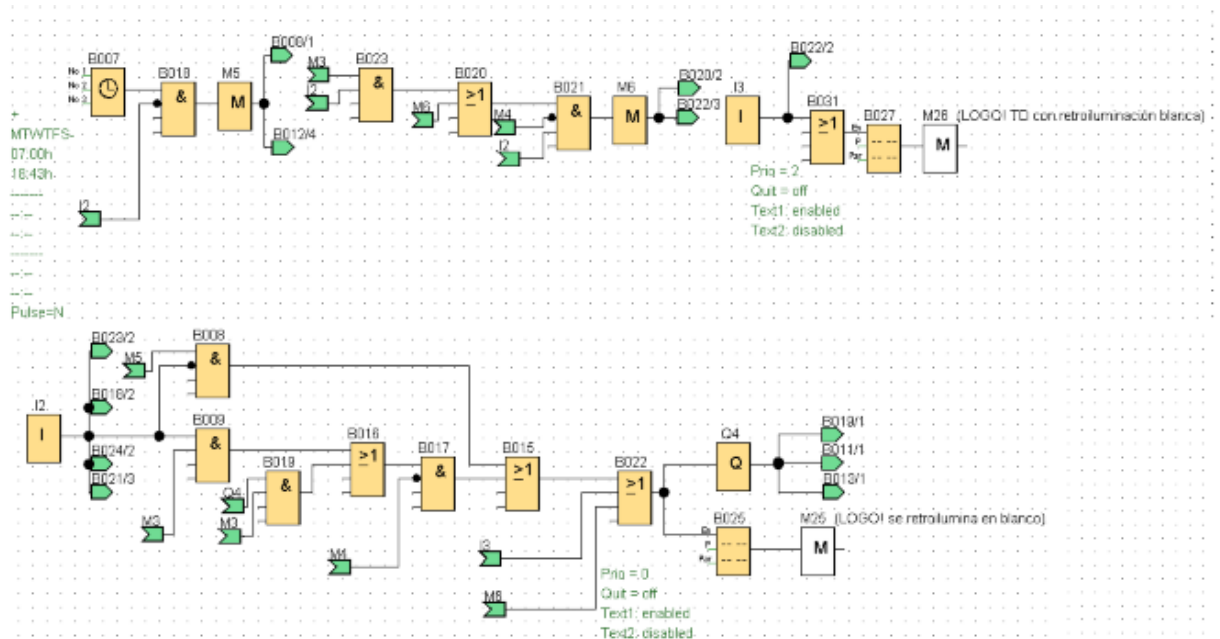




**Figura 3.40:** Representación del Bloque funcional NOT.

Este bloque funcional NOT ayuda mucho a determinar los llamados “bloqueos” es decir, para evitar que dos compuertas funcionen al mismo tiempo cuando no se requiere que su funcionamiento sea ese, este bloque corresponde a un contacto cerrado en cualquier otro sistema de programación.

En la Figura 3.41 se encuentra el diagrama de la programación para el modo automático con todas las características ya antes mencionadas.

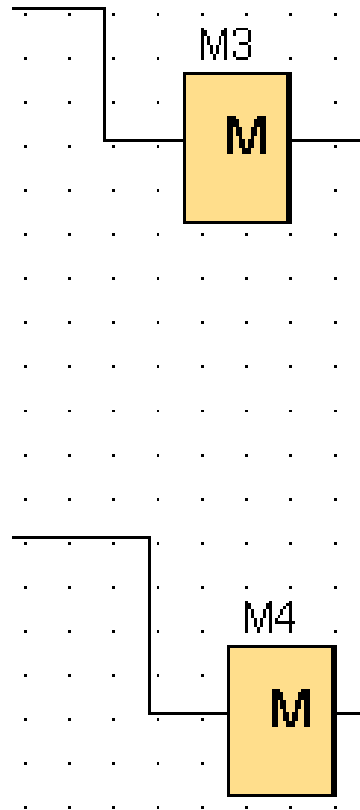


**Figura 3.41:** Programa total del modo automático.

## Modo manual

En el modo manual se utilizó la facilidad que te da el programa de crear una especie de variables denominadas también “Marcas” para poder utilizarlas en otras partes del sistema, con el fin de presentar de una forma más ordenada el programa final utilizado para la programación del PLC LOGO V8.

En la Figura 3.42 se encuentra la apariencia de algunas de las marcas utilizadas en este programa que para este caso son la M3 y M4 para este modo.



**Figura 3.42:** Apariencia de las Marcas en el LOGO!Soft Comfort.

En la Figura 3.43 se encuentra el programa total del modo manual donde se encuentran los elementos ya antes mencionados como las marcas y además, los bloques funcionales OR, AND y NOT de igual forma antes mencionados.

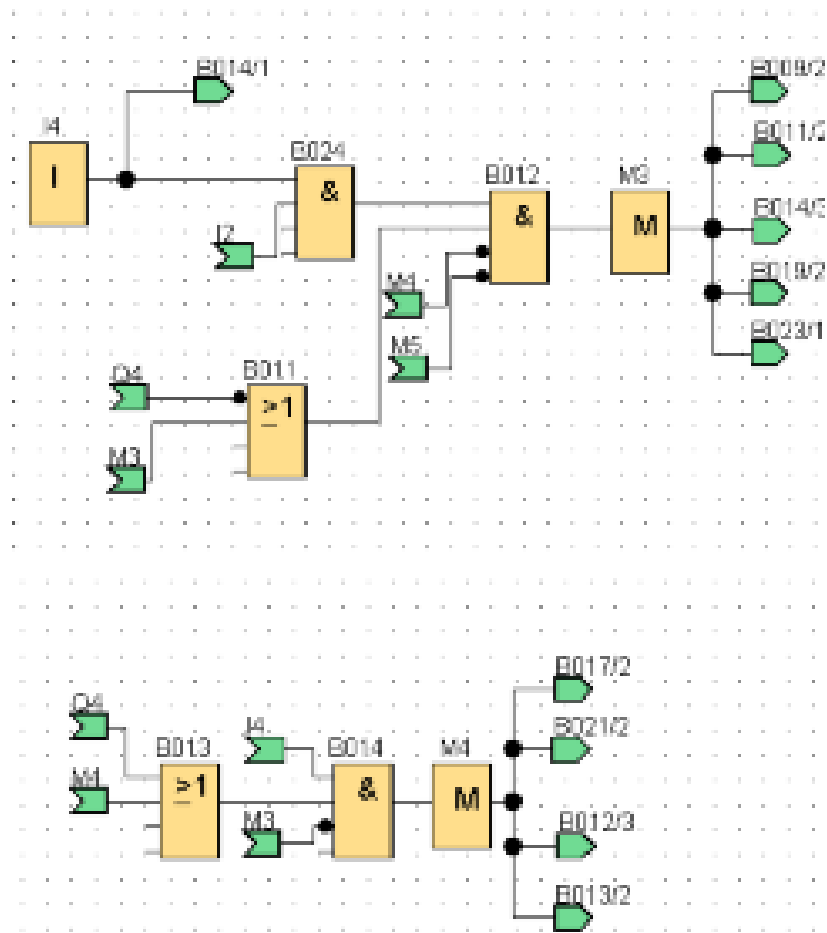
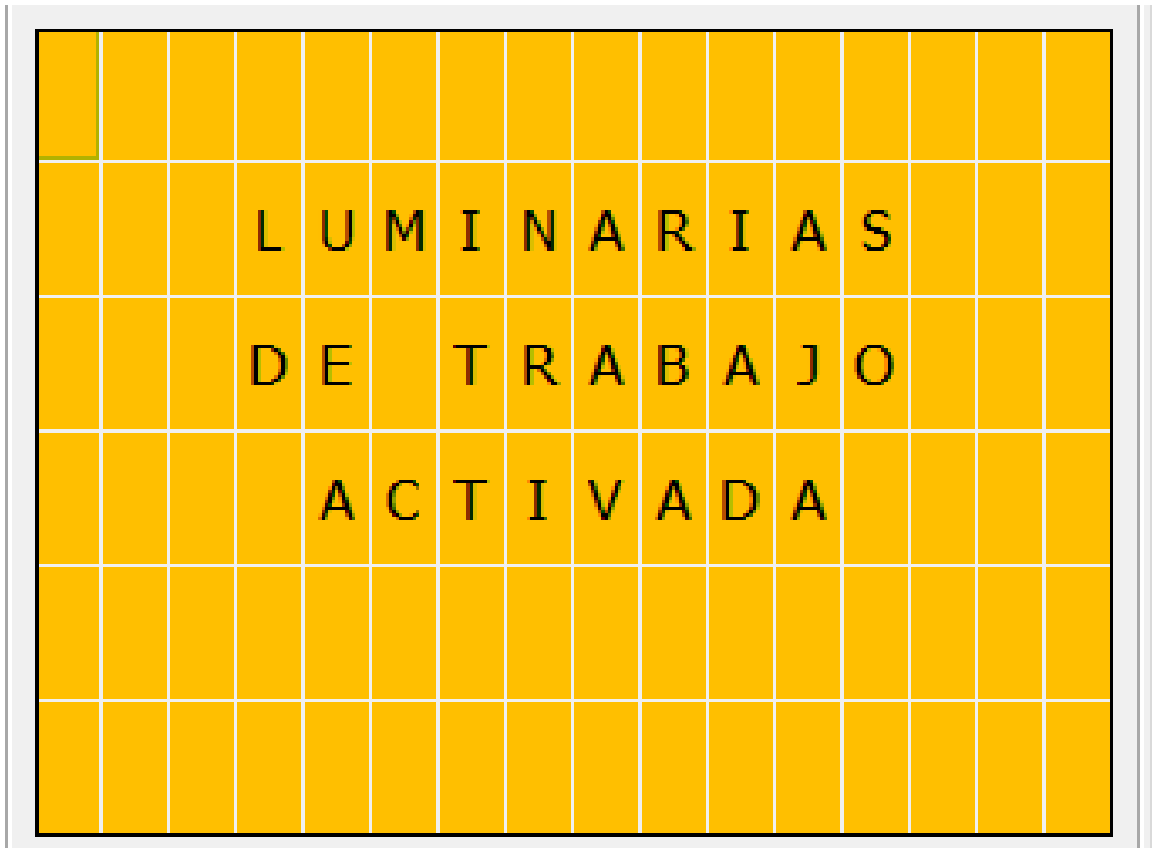


Figura 3.43: Programa total del modo manual.

### Encendido de luminarias

En este sistema de iluminación las luminarias se pueden encender de tres maneras. En el modo automático se encenderían las luminarias de paso de forma automática siempre y cuando se encuentre programado el tiempo de encendido en el PLC LOGO V8. Las luminarias de trabajo se encienden presionando el pulsador conectado en la entrada I1, del PLC LOGO V8, una vez sin importar el modo en el que se encuentre, automático o manual, si se desea apagar las luminarias de trabajo se debe volver a presionar el mismo pulsador conectado en I1. Si se encuentra en modo manual y desea encender las luminarias de paso se debe presionar el pulsador conectado en la entrada I4, del PLC LOGO V8, una vez y de igual forma para apagar las luminarias se debe volver a presionar el pulsador conectado en la entrada I4.





**Figura 3.45:** Pantalla del LOGO V8 para las luminarias de trabajo.

El programa para el encendido de las luminarias de paso se encuentra dividido entre las dos partes en la que funciona el sistema que son modo manual y el modo automático el programa para el encendido de las luminarias de paso se encuentra en la Figura 3.46.

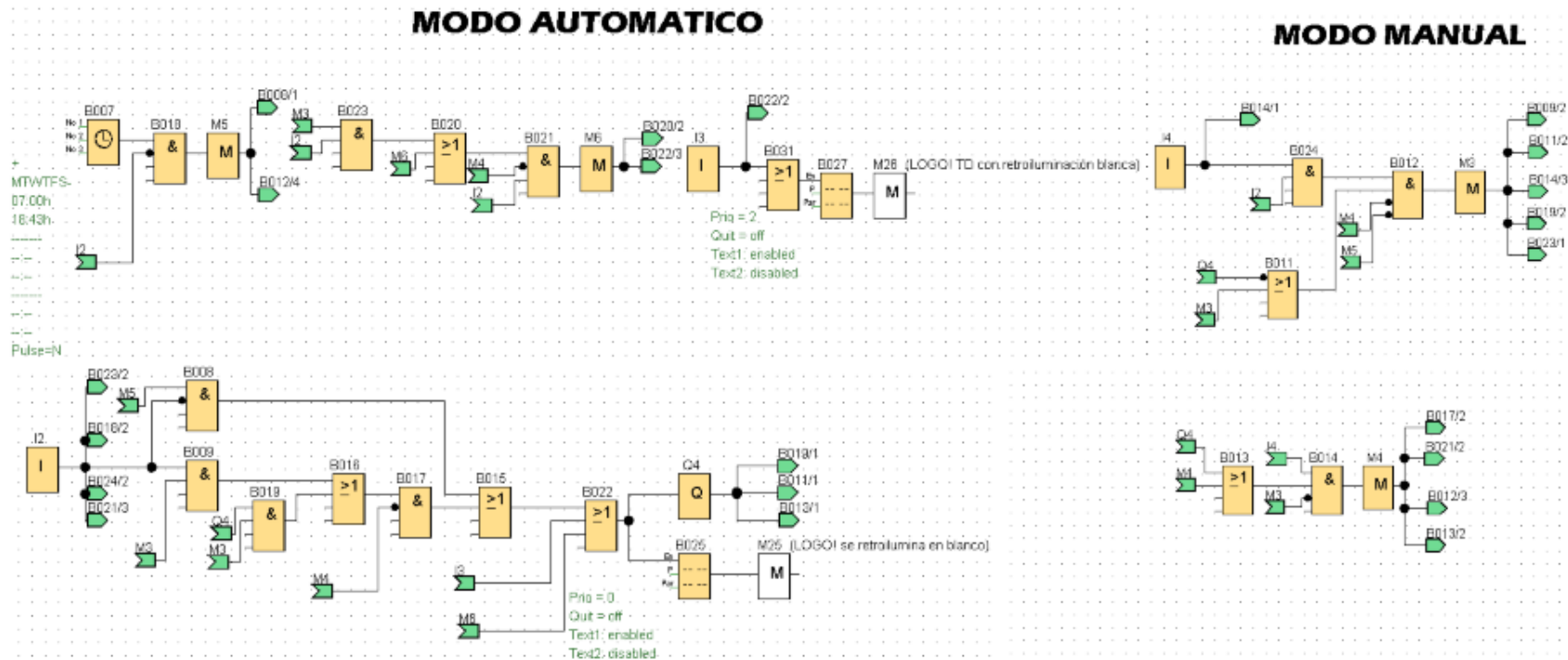


Figura 3.46: Programa para el encendido de las luminarias de paso.

Como se observa en la Figura 3.46 se encuentra el programa para el encendido de las luminarias de paso en los dos modo, manual y automático, ya que estas se pueden encender en los dos modos siguiendo el procedimiento ya antes mencionado específicamente para cada modo.

### Entradas y salidas utilizadas del PLC LOGO V8

En el PLC LOGO V8 se programó para utilizar 4 entradas y 2 salidas y se detallan cuáles son y su propósito en la Tabla 3.23.

**Tabla 3.23:** Entradas y salidas del LOGO V8 detalles.

VARIABLE	DETALLES	PROPÓSITO
Q1	Salida física del LOGO V8 denominada Q1	Conexión del contactor para el manejo de las luminarias de trabajo.
Q4	Salida física del LOGO V8 denominada Q4	Conexión del contactor para el manejo de las luminarias de paso.
I1	Entrada física del LOGO V8 denominada I1	Conexión del pulsador para encender y apagar las luminarias de trabajo
I2	Entrada física del LOGO V8 denominada I2	Conexión del selector para decidir en qué modo se desea trabaja, manual o automático.
I3	Entrada física del LOGO V8 denominada I3	Conexión del sensor de presencia para activar las luminarias de paso.
I4	Entrada física del LOGO V8 denominada I4	Conexión del pulsador para encender y apagar las luminarias de paso siempre y cuando el sistema se encuentre en modo manual.

Fuente: (Italo Vera, 2020).

### **3.6. Análisis de resultados**

Este capítulo tiene como objetivo verificar que el sistema de iluminación se encuentre diseñado y trabaje correctamente en condiciones normales de trabajo. En este caso se verificó que el dispositivo de control y automatización del sistema de iluminación se encuentre programado correctamente, ya que el sistema de iluminación, con las luminarias seleccionadas en este documento, se verificó anteriormente en los estudios que sí se llega a obtener los luxes requeridos para una sala de clase según la norma (NEC, 2018) mediante el software Dialux 9.0.

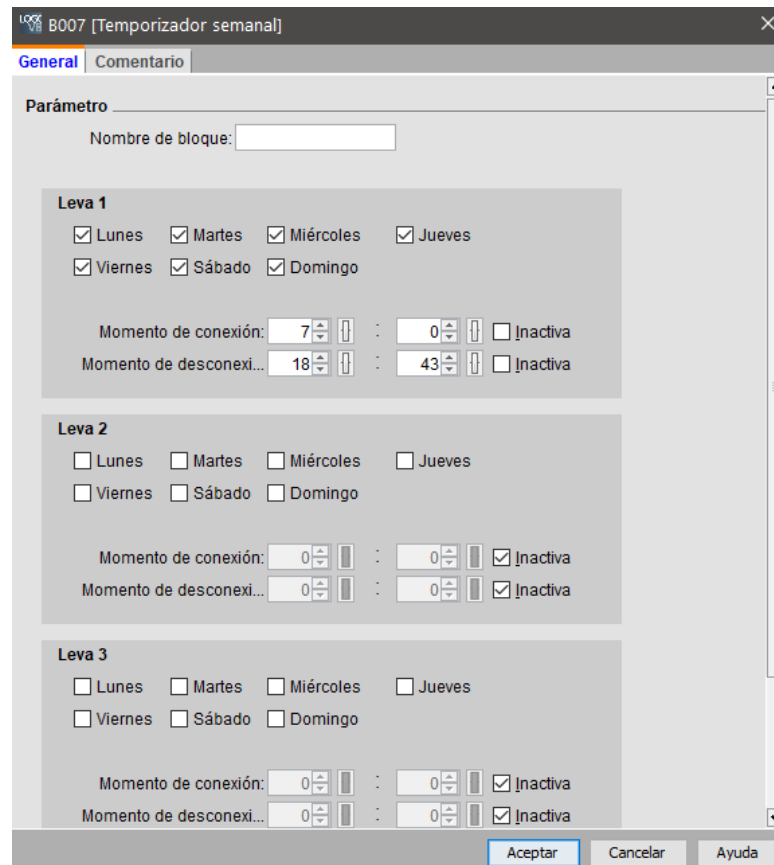
#### **Pruebas de funcionamiento del dispositivo de control y automatización del sistema de iluminación**

Para el dispositivo de control y automatización del sistema de iluminación se realizaron diferentes pruebas mediante el software LOGO!Soft Comfort y las pruebas realizadas se van a detallar a continuación.

- **Prueba del temporizador semanal del PLC LOGO V8.**

En el PLC LOGO V8 se tiene un temporizador semanal que es el encargado de activar y desactivar las luminarias de paso las horas que estén programadas en el PLC, mediante software o manualmente, y en la Figura 3.47 se tiene la figura del aspecto que tiene este temporizador en su programación.





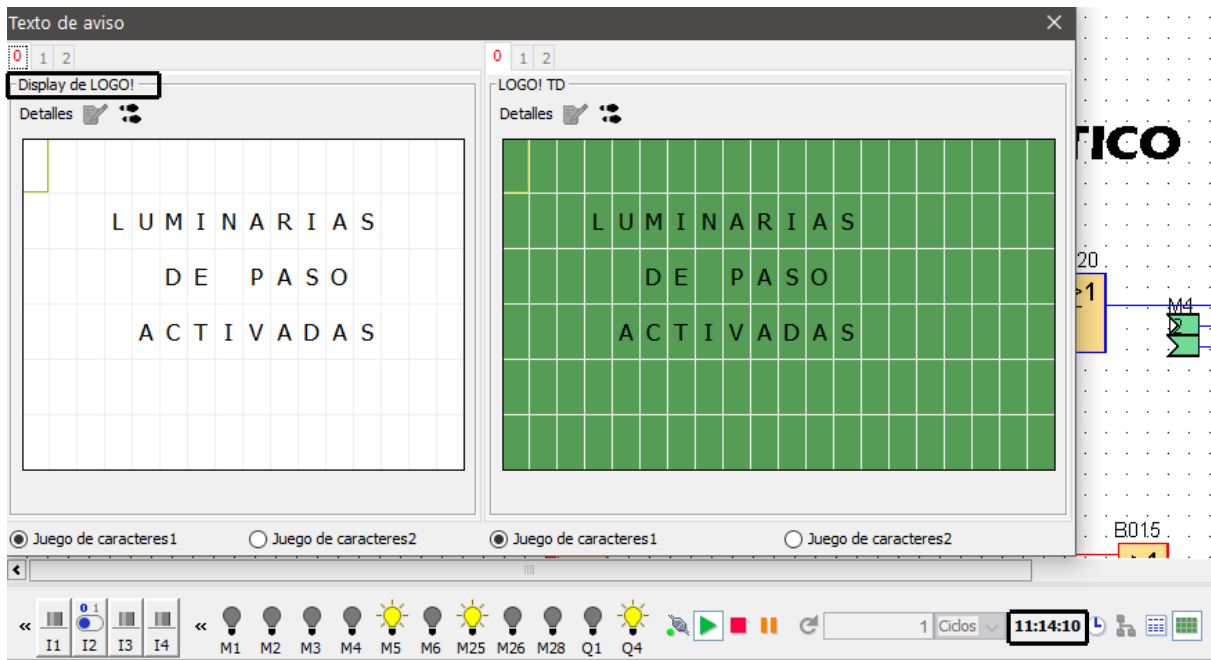
**Figura 3.47:** Aspecto del temporizador semanal en su programación.

Como se observa en la Figura 3.47 en la programación de este temporizador semanal se puede escoger los días y momento de conexión y desconexión del circuito de paso.

Para que el sistema de iluminación pueda funcionar dentro de los parámetros estipulados con anterioridad se necesita de un selector para definir el modo de funcionamiento del sistema, modo manual o automático, que se encuentre conectado en la entrada I2 del PLC LOGO V8.

- **Prueba del encendido de las luminarias de paso**

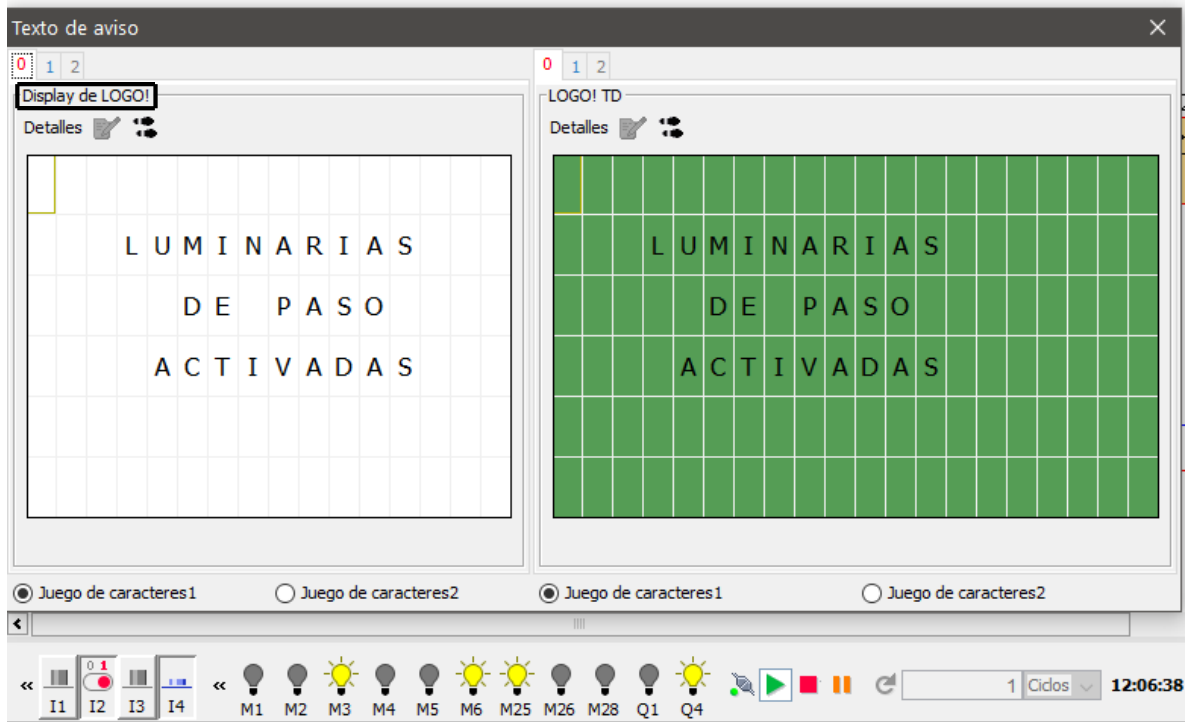
Ahora, como ya se tiene estipulado la hora de conexión y desconexión de las luminarias de paso en la Figura 3.48 se tiene el aspecto del mensaje que se mostraría en el PLC LOGO V8 al momento de estar en el modo automático y dentro del horario de encendido de las luminarias de paso.



**Figura 3.48:** Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de paso en el modo automático.

Como se observa en la Figura 3.48 se necesita que la entrada I2 del PLC LOGO V8 se encuentre con un cero lógico, es decir que no exista voltaje, para que el sistema se encuentre en modo automático y se enciendan las luminarias de paso, a través de la salida Q4, si se encuentra dentro del horario establecido de encendido de dichas luminarias.

Además, si se tiene el sistema en 1 lógico, es decir que si exista voltaje en la entrada I2, se puede encender las luminarias de paso con un pulsador instalado en la entrada I4 como se observa en la Figura 3.49 y el sistema se encuentra en modo manual.



**Figura 3.49:** Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de paso en el modo manual.

En la Figura 349 se tiene el mensaje que se mostraría en el PLC LOGO V8 al momento de la activación de las luminarias de paso, en el modo manual, a través de la salida Q4.

- **Prueba del encendido de las luminarias de trabajo**

Para el encendido de las luminarias de trabajo se debe tener en cuenta que no importa si el sistema se encuentra en modo manual o automático ya que, estas luminarias funcionan cada vez que la persona necesita utilizarlas por lo que si la entrada I2 se encuentra con un 0 lógico o con un 1 lógico según lo representa la Figura 3.50.

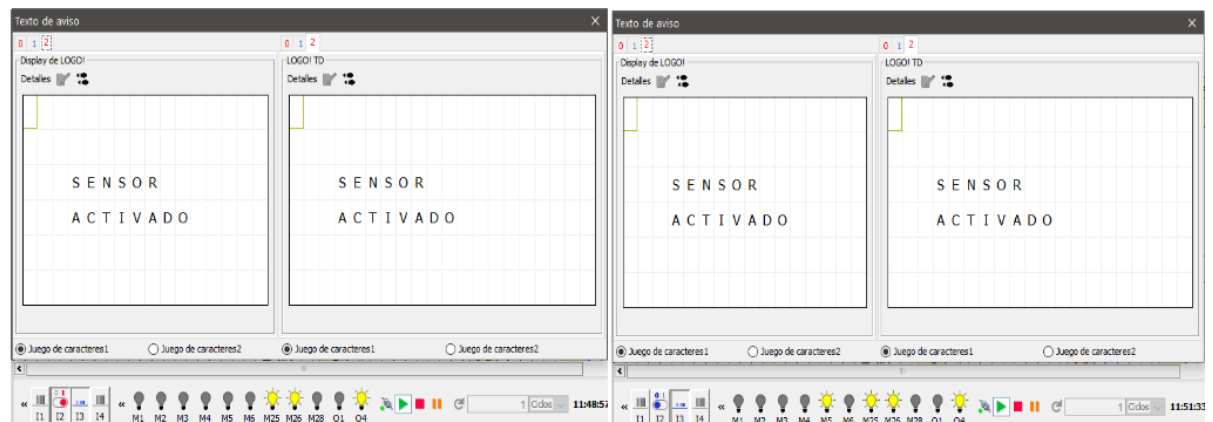


**Figura 3.50:** Aspecto del mensaje de activación de las luminarias de trabajo.

En la Figura 3.50 se tiene el mensaje que se mostraría en el PLC LOGO V8 al momento de la activación de las luminarias de trabajo, a través de la salida Q1 del PLC LOGO V8.

- **Prueba de la activación del sensor de presencia**

Como ya se sabe en el sistema se necesita de un sensor de presencia que se encuentre conectado y trabajando juntamente con el PLC LOGO V8 para que, al momento de detectar alguna presencia dentro del laboratorio este encienda las luminarias del circuito de paso para mayor seguridad de las personas que se encuentren dentro del laboratorio y el mensaje que se mostraría se encuentra en Figura 3.51.



**Figura 3.51:** Mensaje de activación del sensor de presencia.

Como se observa en la Figura 3.51 no importa si el sistema se encuentra en modo manual o automático que este sensor, conectado en la entrada I3 del PLC LOGO V8, funcionaría

y encendería las luminarias del circuito de paso conectadas a través de la salida Q4 del PLC LOGO V8.

### **Análisis presupuestario**

Como se detalló en este documento se necesita de varios dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos para el cumplimiento del objetivo de este proyecto que es el de mejorar y automatizar el sistema de iluminación actual del Laboratorio de Tecnología Industrial.

En el Laboratorio de Tecnología Industrial se encuentran instalados los dispositivos detallados en la Tabla 3.24.

**Tabla 3.24:** Dispositivos existentes en el Laboratorio de Tecnología Industrial.

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Pulsadores	2
Sensor de posición.	1
Selector de 3 posiciones.	1

Fuente: (Laboratorio de Tecnología Industrial (ESFOT), 2020).

Todos los dispositivos necesarios para el sistema de iluminación diseñado en este documento, con su valor económico, se encuentran detallados en la Tabla 3.25.

**Tabla 3.25:** Dispositivos necesarios para el sistema de iluminación.

<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>TOTAL (\$)</b>
PLC LOGO V8.	1	176,7	176,7
Focos tipo LED 9w-3u.	40	1,87	74,8
Focos herméticos Tubo LED T8.	7	20	140
Contactador de 9 (A).	1	31	31
Contactador de 40 (A).	1	50	50
Disyuntor diferencial de protección.	1	20	20

Tablero eléctrico.	1	35	35
Pulsadores.	2	5	10
Indicador de voltaje.	1	9,6	9,6
Breaker de protección.	1	7	7
Interruptor de tres posiciones.	1	5,99	5,99
Rollo de conductor calibre 14 AWG.	3	24	72
Rollo de conductor calibre 10 AWG.	3	50	150
Rollo de conductor calibre 12 AWG.	3	39	117
Canaleta para los conductores (rollos de 20 metros).	3	16	48
Barras de cobre	5	20,27	101,35
TOTAL	75	511,43	1047,44

Fuente: (PRODEMELSA, 2020).

### 3.7. Manual de usuario

El manual de usuario se encuentra detallado con el nombre de ANEXO E, el mismo que se encuentra estructurado por una presentación del sistema, las generalidades del sistema y los requerimientos técnicos del sistema tales como:

- Mantenimiento general del sistema de iluminación.
- Explicación de los componentes que conforman el tablero de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial.
- Configuración de modos dentro del sistema de control automático.
- Procedimiento para la programación del PLC LOGO V8 (Siemens, 2003).

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de iluminación que se rigió a cumplir los valores lumínicos mínimos necesarios en una sala de clases de educación superior según la norma (NEC, 2018).
- Se dimensionó el calibre de los conductores para la acometida del sistema y para el circuito de paso y de trabajo tomando en cuenta la corriente que podría circular a través de estos en el caso de realizar una instalación diferente a la mencionada en este documento es decir, que sean luminarias tipo fluorescentes o incandescentes.
- El dimensionamiento de los contactores para el control del encendido y apagado de las luminarias del circuito de trabajo y de paso se realizó de igual forma que los calibres de los conductores en caso de realizar una instalación de luminarias diferente a la expuesta en este documento es decir, luminarias tipo fluorescentes o incandescentes.
- Se dimensionó las protecciones eléctricas del sistema de iluminación con el objetivo de garantizar la seguridad de los equipos, luminarias LED Tubo T8 y 9w-3u, y de las personas dentro del laboratorio
- Se diseñó el programa para el controlador lógico programable (PLC), para determinar el horario de encendido y apagado de las luminarias de paso a través del temporizador semanal con el que cuenta este software.
- Se diseñó el correcto funcionamiento del sistema de iluminación mediante el software Dialux 9.0, para creación de proyectos de iluminación profesionales, para determinar la cantidad de luxes promedio que se podría llegar a obtener con la implementación de este sistema de iluminación en el laboratorio.
- Se diseñó el tablero eléctrico con dos contactores independientes para cumplir el propósito específico de encender las luminarias de paso o de trabajo, según corresponda, para evitar una falla directa en las salidas del PLC LOGO V8 de existir una sobrecarga en el sistema.
- El sistema de iluminación, diseñado en este documento, en modo automático hace que las luminarias de paso se enciendan en el horario antes programado en el PLC

además, de contar con un sensor de presencia que también encenderá estas luminarias al momento de detectar alguna persona dentro del laboratorio.

- Para la correcta instalación de los dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos se especificó los diagramas y pasos para su correcta instalación en el sistema de iluminación diseñado en este documento.



## 4.2 Recomendaciones

- Utilizar e implementar el diseño del sistema de iluminación, propuesto en este documento, evitará que la iluminación del laboratorio siga teniendo los márgenes de nivel lumínico actual que se ha comprobado que no son los adecuados para una sala de clases de educación superior.
- Para realizar el mantenimiento correctivo del sistema, una vez se haya implementado, asegurarse que el dispositivo a ser reemplazado debe ser sustituido por otro dispositivo con las mismas características que este.
- El sistema de iluminación diseñado en este documento utiliza luminarias tipo LED pero, cuenta con un rango de seguridad en conductores así como en sus contactores lo cual evitará posibles daños al sistema si este es alterado con el uso de elementos de iluminación no establecidos en este documento.
- En el caso futuro de realizar una mejora o anexar elementos al sistema aquí diseñado se recomienda tomar en cuenta los valores de corriente y voltaje para evitar cualquier afectación al sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial.
- En caso de incrementar el número de luminarias en un futuro, tener en cuenta que las protecciones eléctricas dimensionadas son solamente para proteger la potencia nominal de los dispositivos de este sistema de iluminación en específico, por lo tanto, si se incrementa la potencia nominal de la instalación aquí diseñada se debería volver a dimensionar las protecciones eléctricas para el nuevo sistema.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Carballeiro, G. (2015). Electricidad: Guía e instalaciones. Andora: ElectricPLUS.
- Cardozo, C. (2011). Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación eléctrica de combustibles. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Castro, M. (marzo de 2016). Diseño de iluminación con luminarias tipo LED. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10253/1/UPS-GT001344.pdf>
- Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción. (enero de 2016). NEC: Instalaciones electromecánicas. Obtenido de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
- Condumex. (2009). Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión. Distrito federal de México: Servicios Condumex.
- Espinosa, P. Á. (2016). Iluminación. Valencia.
- ICE. (2016). Guía para instalaciones eléctricas. Medidas preventivas de peligros asociados a la electricidad, 5-8.
- ICE. (2018). Guía para las instalaciones eléctricas y medidas preventivas de peligros asociados a la electricidad. San José: ICE resources.
- IEC. (2017). Normativa eléctrica. San Luis: Comisión electrónica internacional.
- Legrand. (2017). Tableros a norma. Obtenido de <https://legrand.com.pe/wp-content/uploads/2018/03/Catalogo-Tablero-A-Norma-1.pdf>
- Lopez, A., & Viteri, G. (2010). Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos. Guayaquil: Autónoma.
- Montiel, A. F. (14 de marzo de 2016). Evaluación de los niveles del Laboratorio de Alta Tecnología. Obtenido de [https://www.uv.mx/cosustenta/files/2014/06/ANALISIS-LATEX\\_VERSION-FINAL.pdf](https://www.uv.mx/cosustenta/files/2014/06/ANALISIS-LATEX_VERSION-FINAL.pdf)
- Morales, A. C. (2018). Propuesta de ambientes confortables mediante el uso de tecnología LED. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2555/1/T-ULVR-2348.pdf>

- NEC. (2018). Norma Ecuatoriana de la Construcción Instalaciones Eléctricas. Ecuador: MIDUVI.
- Pidre, J. C. (2015). Comportamiento de los sistemas de alumbrado. Seminario técnico sobre iluminación, 4-7.
- Proenergía. (2011). Electricidad: Guía para viviendas. Lima: Calambur.
- Raitelli, I. M. (2016). Diseño de la iluminación de interiores. Aravaca (Madrid): Mc Graw/Hill / Interamericana de España, S.L.
- Salud sin daño. (2 de mayo de 2012). Riesgos de lámparas bajo consumo y tubos fluorescentes. Obtenido de <https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/riesgos-de-lamparas-bajo-consumo-y-tubos-fluorescentes>
- SCHNEIDER. (Abril de 2010). Guía de diseño de instalaciones eléctricas (Traducido). Berlín: Schneider Electric.
- SCHNEIDER. (mayo de 2020). Significado de las categorías de aplicación de los contactores. Obtenido de <https://www.se.com/co/es/faqs/FA336513/>
- Siemens. (2003). Manual edición 06/2003. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)
- Significados. (10 de diciembre de 2019). Tipos de investigación. Obtenido de <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>
- SYLVIANA. (marzo de 2020). SYLVIANA CATALOGOS. Obtenido de <https://sylvania.com.ec/product-category/lamparas/>
- Tecnología Electrónica. (marzo de 2014). SELECCIÓN DE CONTACTORES, CÁLCULO DE LA DURACIÓN DE LOS CONTACTOS Y ACCESORIOS. Obtenido de <https://tecnologiaelectron.blogspot.com/2014/03/seleccion-de-contactores-calculo-de-la.html>
- Teldec. (2019). Iluminación Arquitectural y Tecnología LED. Obtenido de <https://www.teldeco.es/productos/luminotecnia/>

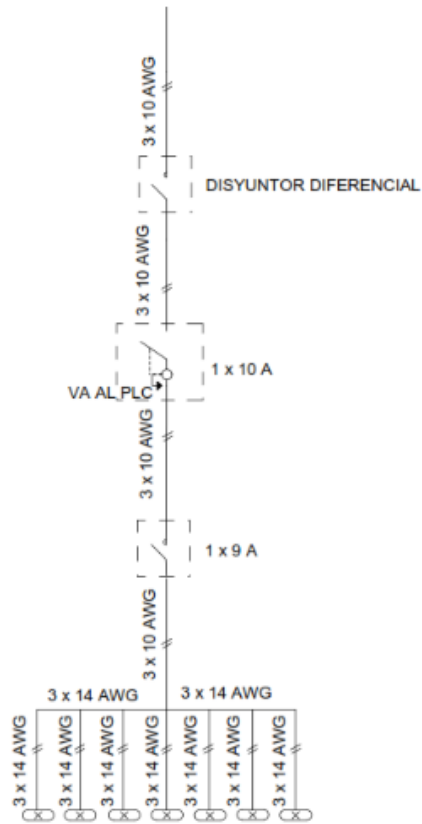
## **ANEXOS**

# ANEXO A: DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE PASO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS



DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE PASO



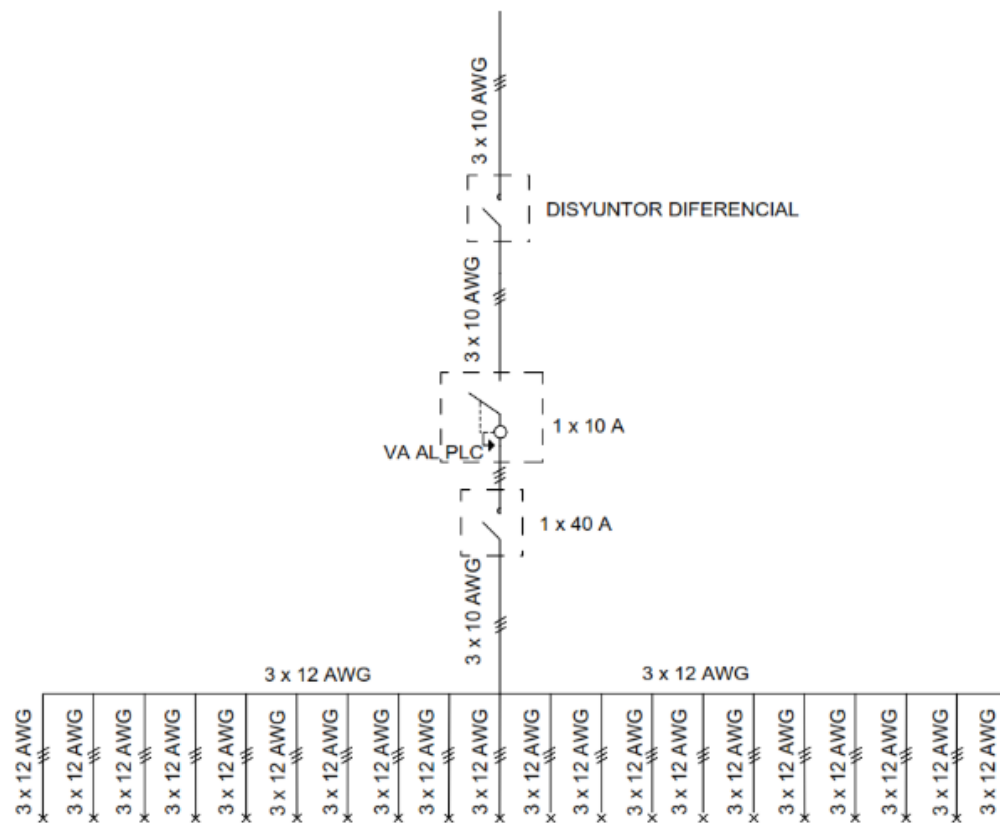
Elaborado por: Italo Vera

## ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE TRABAJO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS

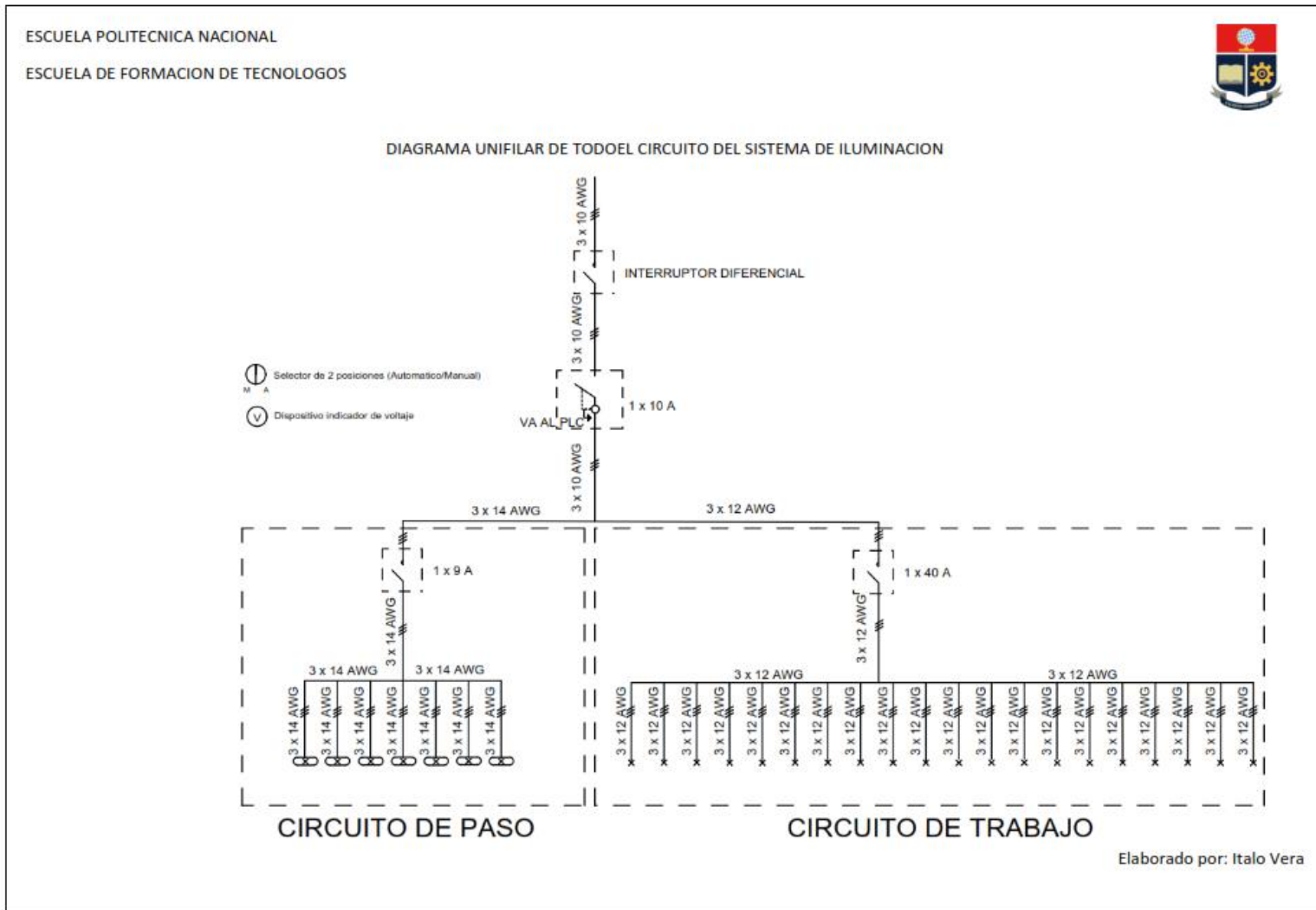


DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO DE TRABAJO



Elaborado por: Italo Vera

# ANEXO C: DIAGRAMA UNIFILAR DE TODO EL SISTEMA DE ILUMINACION DEL LABORATORIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL

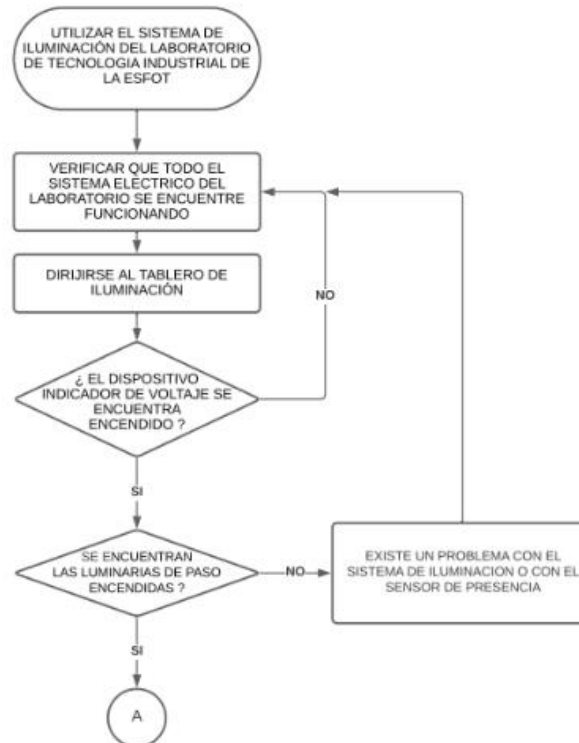


# ANEXO D: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE ILUMINACION

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS



DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE ILUMINACION (PARTE1)

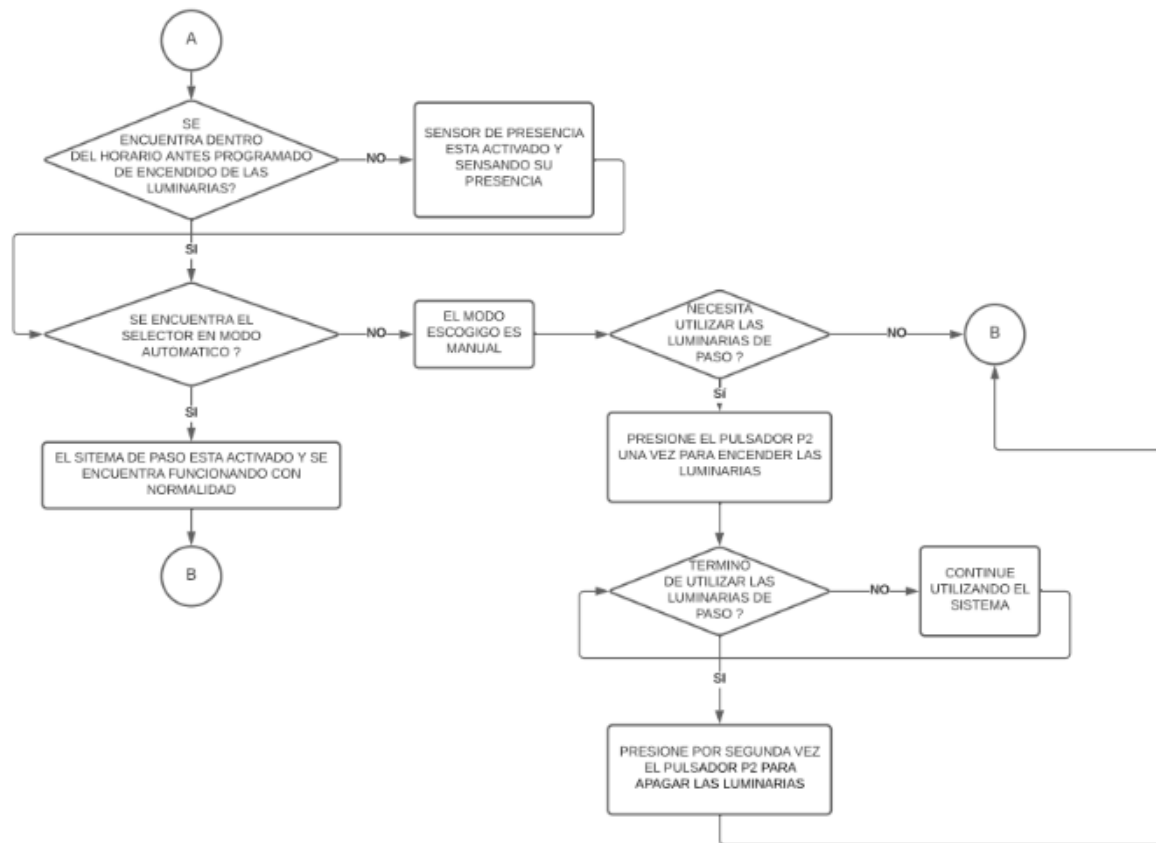


Elaborado por: Italo Vera





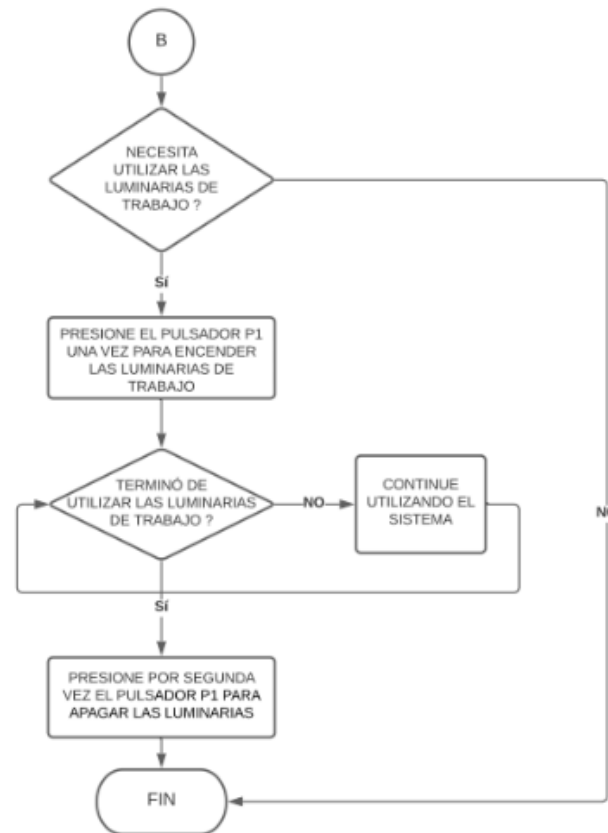
DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE ILUMINACION (PARTE2)



Elaborado por: Italo Vera



DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA AUTOMATICO DE ILUMINACION (PARTE 3)



Elaborado por: Italo Vera

## **ANEXO E: MANUAL DE USUARIO**

### **PRESENTACIÓN DEL SISTEMA**

El sistema de iluminación diseñado en este documento refiere al mejoramiento y automatización del sistema de iluminación existente en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT motivo por el cual se realizó este documento denominado “MANUAL DE USUARIO” con la finalidad de dar a conocer los dispositivos que actúan en este sistema, la configuración de dichos dispositivos y el procedimiento de la utilización de estos a todos los usuarios del laboratorio.

### **GENERALIDADES DEL SISTEMA**

#### **OBJETIVOS DEL MANUAL**

- Dar a conocer los dispositivos que constituyen el sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial.
- Proporcionar al usuario los requerimientos técnicos que requiere para la utilización del sistema de iluminación del laboratorio.
- Proporcionar al usuario la información de la instalación y configuración del sistema.
- Proporcionar al usuario la manera en que se debe realizar el mantenimiento del sistema.

#### **REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL SISTEMA**

Los requerimientos técnicos del sistema son los siguientes:

- Luminaria tipo LED Tubo T8 (Circuito de paso).
- Luminaria tipo LED 9w-3u (Circuito de trabajo).
- Tablero eléctrico para contener los dispositivos de mando y de potencia del sistema.
- PLC LOGO V8.
- Contactores para el manejo de las luminarias del laboratorio.
- Dispositivos de protección eléctrica del sistema y de los usuarios.

- Conductores para el correcto funcionamiento de las luminarias con la energía eléctrica dentro del laboratorio.

## DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

### Dispositivo indicador de voltaje



El sistema cuenta con un indicador de voltaje que representa el valor de voltaje existente en el sistema para la activación de todos los componentes de este, si este no se encuentra encendido no se podrá iniciar el sistema de luminarias.

### Dispositivo selector de modos

El sistema tiene dos modos de funcionamiento, automático o manual donde el usuario puede seleccionar el modo en que desea que se activen cada uno de los sistemas diseñados.



Para seleccionar el modo que se desea utilizar en el día se debe seleccionar mediante un selector de dos posiciones.

Si se desea el modo automático las luminarias de “paso” se encenderán todos los días a la misma hora y durante el tiempo antes establecido en el dispositivo de control.

Si se desea el modo manual se deberá activar mediante un pulsador cada uno de los sistemas diseñados.

### Pulsadores



Se tiene un pulsador para activar las luminarias de trabajo, que se utilizará al momento de clases, y otro para activar las luminarias de paso que se utilizará de ser necesario además, para desactivar las luminarias se debe utilizar el mismo pulsador que antes se presionó para su activación.

## PLC LOGO V8

Este es el dispositivo que se encarga de ejercer el control del sistema a través del programa antes diseñado y cargado en su interior.



Las luminarias de “paso” se activan automáticamente si el selector se encuentra en el modo automático en el horario que antes ya se haya establecido. Si no se encuentra el selector en modo automático se puede activar las luminarias de paso a través de un pulsador y además, para desactivar las luminarias se debe presionar el mismo pulsador.

Para las luminarias de trabajo siempre se debe presionar el pulsador correspondiente una vez antes de usar el sistema y para desactivar el sistema se debe volver a presionar el mismo pulsador.

## Sensor de presencia



Se cuenta con un sensor de posición, mismo que al verificar la presencia de alguien en el laboratorio enviará una señal para activar las luminarias de “paso” independientemente del modo en el que se encuentre configurado el sistema por el selector.

Este dispositivo ayuda a detectar la presencia de alguna persona dentro del laboratorio y encender las luminarias de paso instantáneamente sea captado por el sensor.

## Contactores del sistema



Este es el dispositivo encargado de activar y desactivar las luminarias del sistema de iluminación diseñado siempre que el dispositivo de mando (PLC LOGO V8) así lo disponga a través del usuario.

### Breaker ENCHUFABLE SQUARE D



Este es el dispositivo encargado de la protección de los equipos del laboratorio en caso de existir una anomalía eléctrica en el sistema de iluminación del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT por lo que es importante que se encuentre operando todo el tiempo en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología Industrial.

### Disyuntor diferencial RIEL DIN



Este es el dispositivo que se encarga de la protección exclusivamente de las personas que se encuentren en el laboratorio y accidentalmente toquen algún dispositivo que se encuentre expuesto eléctricamente al contacto con estas.

### Luminarias tipo LED 9w-3u



Esta luminaria es la encargada de encenderse al momento de la activación del sistema de trabajo misma que ayudará a mejorar la iluminación dentro del Laboratorio de Tecnología Industrial.

### Luminarias tipo LED Tubo T8



Esta es la luminaria encargada de encenderse al momento de la activación del sistema de paso mismas que cumplen con el objetivo de iluminar los pasillos del Laboratorio de Tecnología Industrial.

## **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA**

El sistema se encuentra configurado para el uso de las luminarias de paso y de trabajo dependiendo del modo en el que se encuentre.

En este caso se tiene dos modos posibles de funcionamiento del sistema los cuales son manual y automático y se detallan a continuación su configuración.

### **CONFIGURACIÓN DEL MODO MANUAL**

Para utilizar el modo manual del sistema de iluminación se deben seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que el dispositivo indicador de voltaje se encuentre encendido.
2. Verificar que el selector de modos del tablero se encuentre en modo manual.
3. Para encender las luminarias del sistema de paso se debe presionar el pulsador destinado para este propósito y si se desea desactivar las luminarias se debe volver a presionar el mismo pulsador.
4. Para encender las luminarias del sistema de trabajo se debe presionar el pulsador destinado para este propósito y si se desea desactivar las luminarias se debe volver a presionar el mismo pulsador.

### **CONFIGURACIÓN DEL MODO AUTOMÁTICO**

Para utilizar el modo automático del sistema se deben seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que el dispositivo indicador de voltaje se encuentre encendido.
2. Verificar que el selector de modos del tablero se encuentre en modo automático.
3. Si se encuentra en modo automático las luminarias de paso se encenderían conforme se encuentre configurado en el PLC LOGO V8 el tiempo que se necesita que estén encendidas las luminarias.
4. Para encender las luminarias de trabajo se debe presionar el pulsador destinado para este propósito y si se desea desactivar las luminarias se debe volver a presionar el mismo pulsador.

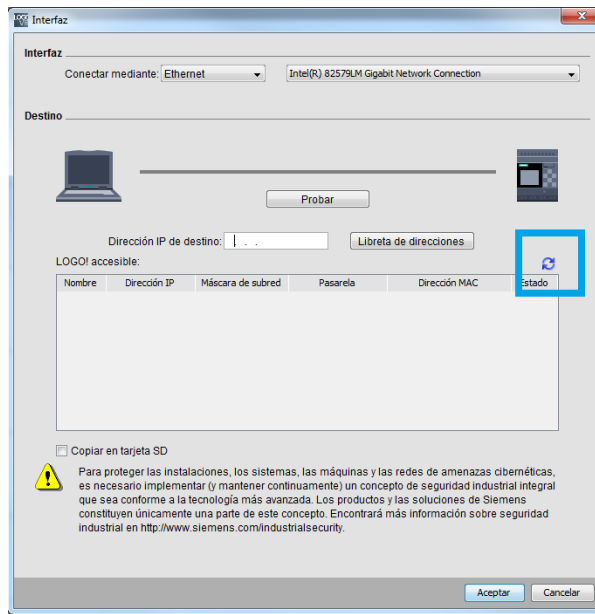
Para la configuración del horario de activación y desactivación de las luminarias de paso en este modo se puede realizar de las siguientes maneras:

### **CONFIGURACIÓN DEL HORARIO DE ACTIVACION Y DESACTIVACION DE LAS LUMINARIAS MEDIANTE PROGRAMACION**

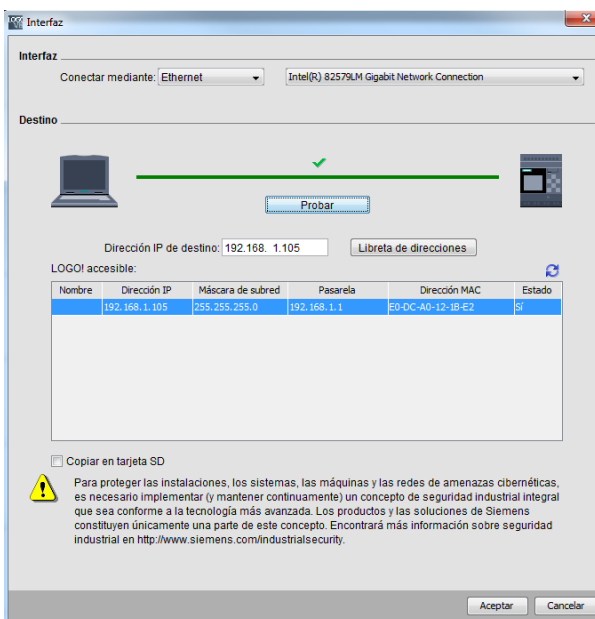
Para la configuración de la activación de las luminarias de paso en el modo automático se puede realizar mediante el programa LOGO!Soft Comfort siguiendo los siguientes pasos:

1. Se debe tener en cuenta que se va a conectar el PLC LOGO V8 con la computadora que contenga el programa necesario para configurar el horario de conexión y desconexión del sistema a través de un puerto ethernet.
2. Conectar el cable ethernet al puerto de comunicación del PLC LOGO V8. A partir de aquí se tiene que abrir el proyecto realizado con el software LOGO!Soft Comfort y configurar las horas deseadas para la conexión y desconexión de las luminarias.
3. Una vez configurado el proyecto se debe seleccionar el ícono de transferencia para establecer la comunicación con el PLC LOGO V8 y seguidamente pasar el proyecto a través del cable ethernet.
4. Se abrirá una ventana en el programa donde se seleccionará el tipo de conexión, la cual debe ser ethernet y la tarjeta de red de este ordenador, todo esto en la parte señalada como Interfaz. Existe también una parte denominada Destino que es donde se puede empezar a transferir el programa al PLC LOGO V8, todas estas partes de la ventana se observa en la siguiente imagen.

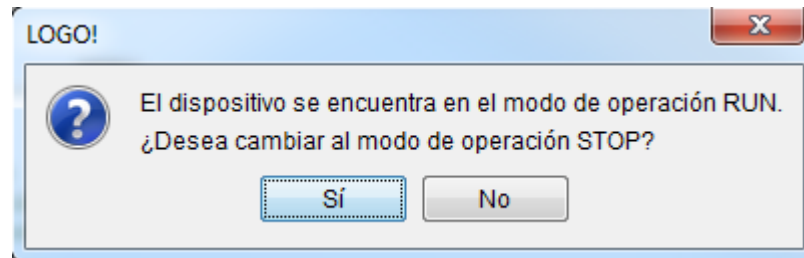




- Después de presionar el ícono de actualizar, recuadro azul de la anterior imagen, el programa podrá encontrar el PLC LOGO V8 que se tiene en posesión y conectado a la computadora por el cable ethernet y muestra su dirección IP. Se debe seleccionar la dirección IP del dispositivo y presionar el ícono de “Probar” si se encuentra el PLC LOGO V8 conectado a la computadora y no existen fallas automáticamente el software realiza la comprobación y se mostrará el símbolo de aceptación representado con un visto a la comunicación como se muestra en la siguiente figura.



6. Ya en este punto si no ha ocurrido un error en los pasos anteriores se debe presionar en la opción "Aceptar" de la figura anterior para transferir el programa al PLC LOGO V8. Después de dar clic en "Aceptar" aparecerá las ventanas de pasar a modo STOP, luego pasar a RUN una vez se ha transferido el programa la figura de esta ventana se encuentra a continuación.



## **CONFIGURACIÓN DEL HORARIO DE ACTIVACION Y DESACTIVACION DE LAS LUMINARIAS DE FORMA MANUAL**

Para la configuración de la activación de las luminarias de paso en el modo automático se puede realizar de una forma manual directamente en el PLC LOGO V8 y para esto se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que la fecha y la hora del día se encuentren correctamente establecidas.
2. Ubicarse con la ayuda del cursor del PLC LOGO V8 en la pantalla en la que aparezca la fecha del día no en la pantalla del mensaje de activación de las luminarias.
3. Presionar la tecla "ESC" del PLC LOGO V8 para que se despliegue en las opciones del menú.
4. Cuando se haya desplegado el menú de opciones se debe seleccionar la opción "Programar".
5. Después de haber seleccionado la opción "Programar" se desplegará otro menú de opciones en el cual se debe escoger "Ajustar parám." Con la tecla OK del PLC LOGO V8.
6. Se debe seleccionar el parámetro que se va a configurar.

7. Una vez seleccionado el parámetro correcto se puede configurar en este los días y las horas de activación y desactivación de las luminarias del sistema de paso que se encuentra conectado al PLC LOGO V8.

## **MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Para el correcto funcionamiento de todos los dispositivos del sistema de iluminación se debe realizar un mantenimiento preventivo de todos los dispositivos cada cierto tiempo llevando una bitácora con la fecha del día que se realice y el detalle de los hallazgos encontrados en los dispositivos en ese momento.

Este mantenimiento preventivo consta de acciones tales como:

- Ajustamiento de piezas dentro del tablero.
- Ajustamiento de las luminarias de paso y de trabajo para evitar la caída de estas.
- Verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección eléctrica.
- Verificar el buen estado de los contactores del tablero.
- Verificar que ningún conductor se encuentre fuera de sitio.

Cuando se realice un mantenimiento preventivo y se verifique que algún dispositivo necesita ser reemplazado se realizará un mantenimiento correctivo reemplazando dicho dispositivo por otro igual o con similares características para que no afecte el sistema de iluminación en cualquier momento.

## **REFERENCIAS**

NEC. (2018). Norma Ecuatoriana de la Construcción Instalaciones Eléctricas. Ecuador: MIDUVI.

SCHNEIDER. (mayo de 2020). Significado de las categorías de aplicación de los contactores. Obtenido de <https://www.se.com/co/es/faqs/FA336513/>

Siemens. (2003). Manual edición 06/2003. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)

SYLVIANA. (marzo de 2020). SYLVIANA CATALOGOS. Obtenido de <https://sylvania.com.ec/product-category/lamparas/>