

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **CENTRALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERNO DE LA ESFOT**

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

**Cabascango Andrimba Kevin Andrés**

**kevin.cabascango@epn.edu.ec**

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

**pablo.proano@epn.edu.ec**

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

**carlos.romo@epn.edu.ec**

**Quito, enero 2021**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Cabascango Andrimba Kevin Andrés como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



---

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro

**DIRECTOR DE PROYECTO**



---

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Yo Cabascango Andrimba Kevin Andrés con CI: 1004143747 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en 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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kevin Andrés Cabascango Andrimba', written over a horizontal line.

---

Kevin Andrés Cabascango Andrimba

C.I: 1004143747

Teléfono: 0997284816

e-mail: kevin.cabascango@epn.edu.ec

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Olga Andrimba le agradezco eternamente por el apoyo incondicional que me ha brindado en esta etapa de mi vida, sus consejos, sus enseñanzas, el aliento que siempre me supo dar para seguir adelante y nunca rendirme y sobre todo por su amor eterno.

A mi padre Alfonso Cabascango por demostrarme que el esfuerzo, la constancia, la confianza y la esperanza me ayudaron a cumplir mis sueños, por sus sabios consejos, por siempre estar pendiente de mí y apoyarme cuando fue necesario, y sobre todo el amor que me ha brindado.

A mis hermanos Anderson Cabascango y Frank Cabascango que siempre han estado junto a mí en esta etapa de mi vida, y que de una u otra manera han sabido brindarme ese apoyo y esa moral a seguir luchando por mis sueños.

A mi amiga incondicional Soledad Fonte que siempre ha sabido apoyarme de una u otra manera en esta etapa de mi vida.

Agradezco al Ing. Pablo Proaño por la paciencia que me supo tener, así como también del apoyo que me ha brindado en la ejecución de este proyecto.

Agradezco al Ing. Carlos Romo por su cooperación y aporte para culminar con éxito el proyecto presentado a continuación.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional conjuntamente al cuerpo de docencia que supieron brindar los conocimientos fundamentales para la vida profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción .....	1
1.1.	Objetivo general.....	1
1.2.	Objetivos específicos .....	1
2.	Metodología .....	2
2.1.	Descripción de la metodología usada.....	2
3.	Resultados y Discusión .....	5
3.1.	Estudio de requerimientos y condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT .....	7
3.2.	Implementación del sistema de cableado.....	15
3.3.	Construcción y puesta en marcha la centralización.....	19
3.4.	Programación del microcontrolador e interfaz .....	43
3.5.	Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados .....	53
	Prueba de alcance de la señal de bluetooth.....	54
	Prueba de continuidad en los circuitos de control y fuerza.....	54
	Prueba de funcionamiento de la alimentación energética .....	55
	Prueba de energización y desenergización del tablero principal .....	56
	Prueba de funcionamiento de las luces piloto .....	56
	Prueba del elemento de protección.....	57
	Pruebas con los interruptores de emergencia .....	57
	Manual de uso y mantenimiento .....	59
	Costos de la ejecución de proyecto .....	59
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	60
4.1.	Conclusiones .....	60
4.2.	Recomendaciones .....	61
5.	Referencias Bibliográficas .....	62
	ANEXOS.....	64

Anexo 1: Certificado de Funcionamiento .....	i
Anexo 2: Ubicación de los tableros .....	iii
Anexo 3: Cableado de los tableros de iluminación.....	v
Anexo 4: Diagrama de conexiones eléctricas .....	vii
Anexo 5: Partes del relé temporizador .....	ix
Anexo 6: Diagrama de conexión eléctrico del relé temporizador.....	xi
Anexo 7: Programación del relé temporizador .....	xii
Anexo 8: Manual del uso del Tablero Principal .....	xiii
Anexo 9: Manual del uso de la aplicación móvil.....	xvii
Anexo 10: Mantenimiento del tablero principal.....	xx
Anexo 11: Costos de la ejecución del proyecto.....	xxxiv

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del Tablero, LTI (área de instalaciones eléctricas).....	1
<b>Figura 3.1</b> Tablero Construido. ....	5
<b>Figura 3.2</b> Tablero de control principal implementado.....	6
<b>Figura 3.3</b> Tablero de control implementado.....	6
<b>Figura 3.4</b> Diagrama de conexión eléctrica de los tableros de iluminación antes de implementarse el proyecto.....	10
<b>Figura 3.5</b> Tendido de la acometida del tablero de control principal.....	15
<b>Figura 3.6</b> Esquema de conexiones de la acometida eléctrica del tablero principal. ....	16
<b>Figura 3.7</b> Cableado de la acometida eléctrica por dentro de los techos de la ESFOT.....	17
<b>Figura 3.8</b> Dimensiones del gabinete usado en la ejecución del proyecto. ....	19
<b>Figura 3.9</b> Perforaciones del Gabinete.....	20
<b>Figura 3.10</b> Placa metálica del gabinete. ....	21
<b>Figura 3.11</b> Elementos montados en la placa metálica. ....	22
<b>Figura 3.12</b> Barras de potencial Fase y Neutro.....	22
<b>Figura 3.13</b> Puerta frontal del gabinete. ....	23
<b>Figura 3.14</b> Mecanismo de ajuste del selector, luces piloto y pulsadores. ....	23
<b>Figura 3.15</b> Luces piloto y selectores montados y asegurados en el gabinete. ....	24
<b>Figura 3.16</b> Lado izquierdo del gabinete. ....	24
<b>Figura 3.17</b> Mecanismo de ajuste de los interruptores redondos. ....	25
<b>Figura 3.18</b> Interruptores de emergencia montados y asegurados en el gabinete. ....	25
<b>Figura 3.19</b> Señalizaciones de la fuente conmutada.....	26
<b>Figura 3.20</b> Esquema de conexiones de la fuente conmutada.....	27
<b>Figura 3.21</b> Diagrama de conexiones del Conversor con la plataforma Arduino. ....	28

<b>Figura 3.22</b>	Circuito electrónico diseñado en Proteus. ....	29
<b>Figura 3.23</b>	Convertor. ....	31
<b>Figura 3.24</b>	Esquema de conexiones de los módulos relés. ....	33
<b>Figura 3.25</b>	Esquema de conexiones del módulo Bluetooth.....	35
<b>Figura 3.26</b>	Diagrama de conexiones del circuito de control. ....	36
<b>Figura 3.27</b>	Diagrama de conexiones del circuito de fuerza.....	38
<b>Figura 3.28</b>	Nomeclatura de los cableados.....	41
<b>Figura 3.29</b>	Cableado de los elementos de maniobra. ....	41
<b>Figura 3.30</b>	Cableado de los contactores.....	42
<b>Figura 3.31</b>	Cableado de los módulos relés. ....	42
<b>Figura 3.32</b>	Protección principal del tablero. ....	43
<b>Figura 3.33</b>	Diagrama de flujo del accionamiento de los tableros de iluminación. ....	45
<b>Figura 3.34</b>	Diagrama de flujo del monitoreo de los tableros de iluminación.....	45
<b>Figura 3.35</b>	Plataforma Arduino montado en el tablero. ....	46
<b>Figura 3.36</b>	Módulos relés de Arduino en el tablero.....	47
<b>Figura 3.37</b>	Esquema de accionamiento de los tableros de iluminación. ....	48
<b>Figura 3.38</b>	Diagrama de flujo de la programación de la Interfaz. ....	49
<b>Figura 3.39</b>	Interfaz.....	51
<b>Figura 3.40</b>	Diagrama de flujo de la programación del Arduino.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Componentes que conforman el tablero.....	7
<b>Tabla 3.2</b> Áreas iluminadas por cada uno de los tableros. ....	8
<b>Tabla 3.3</b> Número de lámparas que controla cada tablero de iluminación.....	8
<b>Tabla 3.4</b> Distancia de cada uno de los tableros independientes con respecto al tablero principal.....	9
<b>Tabla 3.5</b> Voltaje a la que operaban cada uno de los tableros de iluminación.....	9
<b>Tabla 3.6</b> Voltaje de operación del Tablero Principal.....	10
<b>Tabla 3.7</b> Lista de elementos usados en la ejecución del proyecto. ....	11
<b>Tabla 3.8</b> Conductividad de los metales [2].....	13
<b>Tabla 3.9</b> Sección de los conductores.....	13
<b>Tabla 3.10</b> Selección de conductores con respecto al diámetro calculado [2]. ....	14
<b>Tabla 3.11</b> Equivalencia de (mm <sup>2</sup> ) a (AWG) y (A) .....	14
<b>Tabla 3.12</b> Equivalencia de (mm <sup>2</sup> ) a (AWG) y (A) .....	15
<b>Tabla 3.13</b> Acometida del tablero principal.....	16
<b>Tabla 3.14</b> Componentes de cada tablero de iluminación antes de implementarse el proyecto. .....	18
<b>Tabla 3.15</b> Número de perforaciones. ....	20
<b>Tabla 3.16</b> Conexiones de la fuente conmutada. ....	26
<b>Tabla 3.17</b> Elementos para la construcción del Conversor.....	29
<b>Tabla 3.18</b> Conexiones en el Conector ( $V_{in}$ ).....	30
<b>Tabla 3.19</b> Conexiones del Conector ( $V_{out}$ ) con el Arduino.....	30
<b>Tabla 3.20</b> Características técnicas de los relés Módulo Arduino.....	31
<b>Tabla 3.21</b> Conexiones de los Módulos de Relés con el Arduino. ....	32

<b>Tabla 3.22</b> Conexión del Módulo Bluetooth con el Arduino [5]. .....	34
<b>Tabla 3.23</b> Funcionamiento del circuito de Control.....	37
<b>Tabla 3.24</b> Funcionamiento del circuito de Fuerza. ....	39
<b>Tabla 3.25</b> Numeración de los terminales. ....	40
<b>Tabla 3.26</b> Elementos del sistema electrónico. ....	44
<b>Tabla 3.27</b> Funcionamiento de los tableros de iluminación. ....	50
<b>Tabla 3.28</b> Estado de los circuitos de iluminación. ....	52
<b>Tabla 3.29</b> Prueba de alcance de la señal de Bluetooth.....	54
<b>Tabla 3.30</b> Pruebas de encendido y apagado en los circuitos de control y fuerza.....	55
<b>Tabla 3.31</b> Valor de Tensión .....	55
<b>Tabla 3.32</b> Prueba energización y desenergización del tablero principal.....	56
<b>Tabla 3.33</b> Prueba de funcionamiento de las luces piloto.....	57
<b>Tabla 3.34</b> Prueba de protección del sistema.....	57
<b>Tabla 3.35</b> Prueba de los interruptores de emergencia para el encendido de los tableros de iluminación. ....	58
<b>Tabla 3.36</b> Prueba de los interruptores de emergencia para el apagado de los tableros de iluminación. ....	59

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación, "CENTRALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERNO DE LA ESFOT", tiene como finalidad repotenciar el sistema de iluminación externo de la ESFOT, así como también, el de solucionar problemas de desprogramación de los relés temporizadores.

La centralización del sistema de iluminación externo de la ESFOT se construyó en un solo tablero, desde donde se puede realizar cualquier acción de control de la iluminación de la ESFOT. El presente proyecto consta de cuatro capítulos, que se resume continuación.

El capítulo uno contiene la introducción.

El capítulo dos contempla la descripción de la metodología empleada para el desarrollo del proyecto, también las actividades que se realizaron en la ejecución de los objetivos propuestos, de igual manera las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la ejecución del proyecto.

El capítulo tres detalla el análisis de resultados, así como también el diseño e implementación del sistema electromecánico y electrónico, la construcción de la centralización en el gabinete de control, programación del microcontrolador lógico, creación de la aplicación móvil, la cual se usará como una interfaz y las pruebas y resultados.

El capítulo cuatro detalla las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en la ejecución y puesta en funcionamiento de este proyecto.

PALABRAS CLAVE: Temporizadores, electrónico, electromecánico, microcontrolador, interfaz.

## **ABSTRACT**

*The present project, "CENTRALIZATION OF THE EXTERNAL LIGHTING SYSTEM OF THE ESFOT", aims to repower the external lighting system of the ESFOT, as well as to solve problems of deprogramming the timer relays.*

*The centralization of the external lighting system of the ESFOT will be built on a single board, from where any action of control of the ESFOT lighting can be performed. The present project consists of four chapters, which are summarized below.*

*Chapter one contains the introduction, the problem statement, as well as the justification.*

*Chapter two describes the methodology used for the development of the project, also the activities that were carried out for the implementation of the proposed objectives, as well as the techniques and tools used in the implementation of the project.*

*Chapter three details the analysis of results, as well as the design and implementation of the electromechanical and electronic system, the construction of the centralization in the control cabinet, programming of the logic microcontroller, creation of the mobile application which will be used as an interface and the tests and results.*

*Chapter four details the conclusions and recommendations that were obtained in the execution and implementation of this project.*

*KEY WORDS: Timers, electronic, electromechanical, microcontroller, interface.*

# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se hizo la implementación de un tablero, el cual fue montado en las instalaciones de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), específicamente en el área del Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI) (ver Figura 1.1), el tablero se encuentra en funcionamiento desde el mes de agosto del 2019, este tiene como funcionalidad principal, controlar los cinco circuitos de iluminación de las áreas externas de la ESFOT, además, se realizó una aplicación móvil, con la cual se puede controlar los cinco circuitos de iluminación, así mismo se puede obtener información del estado de cada uno de los mismos.

Este proyecto se encuentra en funcionamiento de acuerdo con la certificación emitida por el director de tesis, mismo que se encuentra en el Anexo 1.



**Figura 1.1** Ubicación del Tablero, LTI (área de instalaciones eléctricas).

## 1.1. Objetivo general

- Construir un sistema de centralización para la iluminación externa de la ESFOT.

## 1.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de requerimientos y condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT.
- Implementar el sistema de cableado.
- Construir y poner en marcha la centralización.
- Programar el controlador
- Realizar pruebas y resultados del sistema implementado.

## **2. METODOLOGÍA**

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

La centralización del sistema de iluminación de la ESFOT se construyó en un solo tablero, el cual se encuentra ubicado en el LTI de las instalaciones de la ESFOT, tal como se muestra en el Anexo 2. Desde el tablero se puede comandar la activación del sistema de iluminación de manera automática o manual, así como también se puede realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de iluminación.

El control de la iluminación externa de la ESFOT se lo hizo con un selector, el cual permite seleccionar el funcionamiento en modo manual o automático, en el modo automático se realizó la programación de dos relés temporizadores, lo que permite la activación del sistema de iluminación en diferentes horarios, tanto en el horario diurno como nocturno, a fin de tener una mejor comprensión de los relés temporizadores se recomienda revisar el Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7. Adicionalmente se realiza el control del sistema de iluminación desde una aplicación móvil.

### **Realizar un estudio de requerimientos y condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT**

Se realizó un estudio de la estructura arquitectónica de la ESFOT, así de esta manera se escogió la mejor ruta por donde realizar el cableado. Se realizó el plano arquitectónico de la ESFOT, lo cual permitió localizar el lugar exacto donde se encuentran montados los tableros de iluminación independiente, así como también del lugar donde está montado el tablero de centralización. Se realizaron mediciones de la distancia del cable a tender desde cada uno de los tableros independientes hasta el tablero de centralización. Se realizó el estudio del lugar más adecuado donde montar al tablero, esto con el fin de que el tablero este protegido de la intemperie y de las condiciones ambientales, así como también del contacto a personal no autorizado.

### **Implementar el sistema de cableado**

Se realizó el plano eléctrico de la instalación y acometida de la centralización para implementación del cableado (ver Anexo 3 y Anexo 4). Se realizó el cableado con dos cables (Fase R y Fase S) por cada tablero independiente hasta el tablero de centralización. El tendido del cableado se realizó por dentro de los techos de las instalaciones de la ESFOT, cuando el cableado de todos los tableros independientes llegó al lugar donde se encuentra montado el

tablero de centralización, se realizaron las canalizaciones de los cables hasta el tablero Principal. Se realizaron perforaciones en el tablero de centralización, esto con el fin, de que el cableado ingrese al tablero sin ningún inconveniente. De igual manera se realizó el cableado desde las salidas de la plataforma Arduino hasta el tablero de centralización.

### **Construir y poner en marcha la centralización**

El tablero de centralización se construyó con las dimensiones suficientes para alojar a los dispositivos de protección, relés temporizadores, pulsadores entre otros elementos, así como también el cableado proveniente de las salidas de la plataforma Arduino, el dimensionamiento del tablero permitirá futuras configuraciones, donde puede ser necesario la implementación de más componentes dentro del tablero o la implementación de nuevas funciones que se comanden desde dicho tablero. En el tablero se construyó la centralización del sistema de iluminación. Se realizó el desmontaje de los relés temporizadores de cada uno de los tableros independientes, para luego hacer uso únicamente de dos relés temporizadores para el funcionamiento de todo el sistema de iluminación, los cuales se encuentran montados en el tablero de centralización. Se implementaron los algoritmos para el funcionamiento manual y automático de todo el sistema de iluminación. El relé temporizador fue programado para activar el sistema de iluminación de 04h00 a 06h00 en horario diurno y de 18h00 a 22h00 en el horario nocturno. Para realizar un control adicional se montó una plataforma Arduino en el tablero de centralización, la cual permite la activación y desactivación de los circuitos de iluminación desde una aplicación móvil.

### **Programar el microcontrolador**

Se realizaron los algoritmos de control necesarios. De igual manera se desarrolló una aplicación móvil, la cual permite controlar, monitorear y supervisar el sistema de iluminación de manera correcta. Se desarrolló una aplicación móvil en el software App Inventor, la cual en conjunto con la plataforma Arduino y el módulo Bluetooth de Arduino permite comandar los actuadores que se encuentran conectadas a las salidas digitales de la plataforma Arduino, así de esta manera controlando el sistema de iluminación externa de la ESFOT.

### **Realizar pruebas y análisis de resultados**

Se realizaron las diferentes pruebas, ya sean del correcto funcionamiento del sistema de iluminación en modo manual y automático, así como también las pruebas de caída de tensión que se presenta debido a la distancia del cableado, de igual manera se realizaron pruebas de continuidad del cable, pruebas de voltaje etc. Estas pruebas se realizaron antes, durante y

después de la construcción de la centralización del sistema de iluminación, a fin de realizar de manera correcta todas estas pruebas, se hizo uso de un multímetro digital. De igual manera se realizaron pruebas del correcto accionamiento del sistema de iluminación desde la aplicación móvil desarrollada.

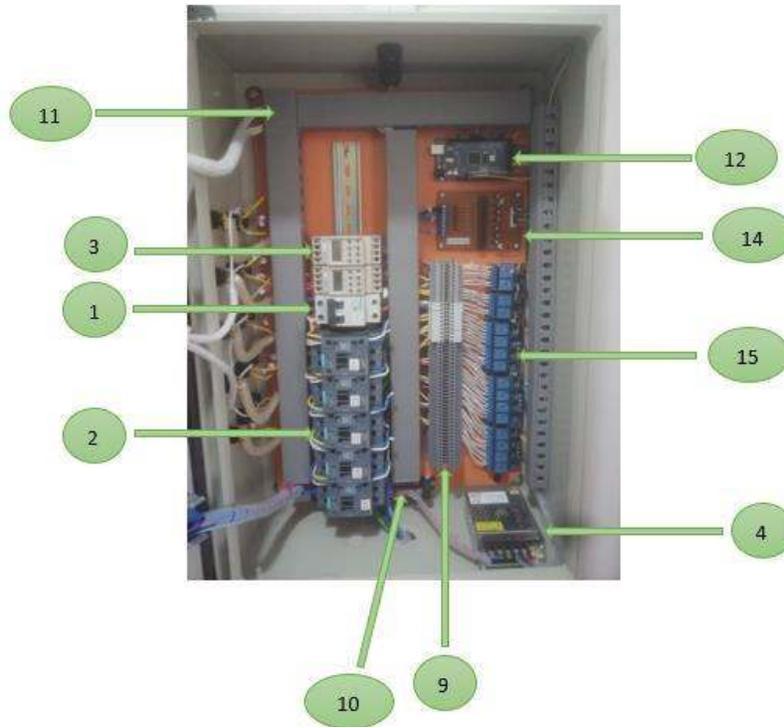
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 3.1 se observa el proyecto culminado, siendo el tablero principal la parte más importante del proyecto. De igual manera en la Figura 3.2 y Figura 3.3 se observan todos los elementos que fueron usados en la construcción de este proyecto.

El tablero se encuentra en funcionamiento aproximadamente un año y permite controlar los circuitos de iluminación de las áreas externas de la ESFOT, ya sea de manera manual, automática o también desde una aplicación móvil.



**Figura 3.1** Tablero Construido.



**Figura 3.2** Tablero de control principal implementado



**Figura 3.3** Tablero de control implementado

En la Tabla 3.1 se detallan todos los componentes eléctricos, electromecánicos y electrónicos, que conforman el tablero.

**Tabla 3.1** Componentes que conforman el tablero.

N°	Descripción
1	Breaker Bifásico 220 (V <sub>AC</sub> ), 16 (A <sub>AC</sub> ) Schneider
2	Relés 220 (V <sub>AC</sub> ), 6 (A <sub>AC</sub> ) Siemens
3	Relé Temporizador 120 (V <sub>AC</sub> )
4	Fuente Industrial de 120 (V <sub>AC</sub> ) a 5 (V <sub>DC</sub> )
5	Luces Piloto 120 (V <sub>AC</sub> )
6	Selectores de 2 y 3 posiciones 120 (V <sub>AC</sub> )
7	Pulsador de reset del Arduino 120 (V <sub>AC</sub> )
8	Interruptores de Emergencia (Marcha-Paro)
9	Borneras Industriales
10	Barras de distribución (Fase-Neutro)
11	Canaletas
12	Arduino Mega 2560
13	Módulo Bluetooth HC-06
14	Circuito Conversor
15	Módulo de Relés para Arduino

### **3.1. Estudio de requerimientos y condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT**

Se realizaron los estudios de requerimientos y condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT, esto con el fin de dimensionar los materiales, equipos, actividades e instalaciones necesarios a realizar para la ejecución del proyecto.

#### **Requerimientos para la construcción de la centralización del sistema de iluminación de la ESFOT**

Los requerimientos para la construcción del tablero se basaron en conocer el estado de cada uno de los tableros de iluminación, la ubicación de cada uno, identificación por dónde realizar el cableado, etc.

A fin de identificar de mejor manera todos los requerimientos necesarios para la ejecución del proyecto, se realizaron recorridos por las áreas externas de la ESFOT, de igual manera se realizaron una serie de actividades que se describen a continuación:

- **Conteo del número de tableros de iluminación**

Se realizó el conteo de todos los tableros de iluminación con que cuentan las áreas externas de la ESFOT, de igual manera se identificaron a que áreas brindan iluminación (ver Tabla 3.2).

**Tabla 3.2** Áreas iluminadas por cada uno de los tableros.

N° de Tablero	Áreas de iluminación
Tablero 1	Áreas externas de las aulas (33-24). Áreas externas de los laboratorios (LAB 22b-LAB 20).
Tablero 2	Áreas externas de las aulas (34-39)
Tablero 3	Áreas externas de las aulas (13-19)
Tablero 4	Parqueadero y Exteriores de las Oficinas
Tablero 5	Área verde de la ESFOT

En el Anexo 2 se observa la localización de cada uno de los tableros, también se puede apreciar el lugar donde está ubicado el tablero de control principal, la misma que se encuentra montado en el área del LTI.

- **Conteo del número de lámparas de iluminación**

De igual manera se realizó el conteo del número de lámparas que controla cada uno de los tableros de iluminación.

En la Tabla 3.3 se observa el número de lámparas que controla cada tablero de iluminación.

**Tabla 3.3** Número de lámparas que controla cada tablero de iluminación.

N° de Tablero	Número de lámparas de iluminación
Tablero 1	31
Tablero 2	10
Tablero 3	12
Tablero 4	18
Tablero 5	15

- **Distancia de los tableros de iluminación con respecto al tablero principal**

También se midió la distancia que tiene cada uno de los tableros con respecto al lugar donde se montó el tablero de control principal. En la medición de dichas distancias fue necesario la utilización del flexómetro, dichas mediciones se realizaron siguiendo los bordes de los pasillos de la ESFOT hasta llegar a los distintos tableros de iluminación.

En la Tabla 3.4 se observan las distancias que tienen cada uno de los tableros de iluminación con respecto al tablero principal.

**Tabla 3.4** Distancia de cada uno de los tableros independientes con respecto al tablero principal.

N° de Tablero	Distancia con respecto al tablero de control principal en metros (m)
Tablero 1	15 (m)
Tablero 2	50 (m)
Tablero 3	140 (m)
Tablero 4	180 (m)
Tablero 5	130 (m)

- **Voltajes de operación de los tableros de iluminación**

Se midieron los voltajes de operación de cada uno de los tableros de iluminación, además se determinó el voltaje de alimentación a la que trabaja el tablero principal.

A continuación, en la Tabla 3.5 se observan los voltajes medidos en cada uno de los tableros de iluminación de la ESFOT previo a la ejecución del proyecto.

**Tabla 3.5** Voltajes a la que operaban cada uno de los tableros de iluminación

N° de Tablero	Voltaje de Trabajo
Tablero 1	220 (V <sub>AC</sub> )
Tablero 2	220 (V <sub>AC</sub> )
Tablero 3	220 (V <sub>AC</sub> )
Tablero 4	220 (V <sub>AC</sub> )
Tablero 5	220 (V <sub>AC</sub> )

Estos valores de voltaje se obtuvieron gracias a un multímetro digital.

En la Tabla 3.6 se observa el voltaje de operación del Tablero Principal.

**Tabla 3.6** Voltaje de operación del Tablero Principal.

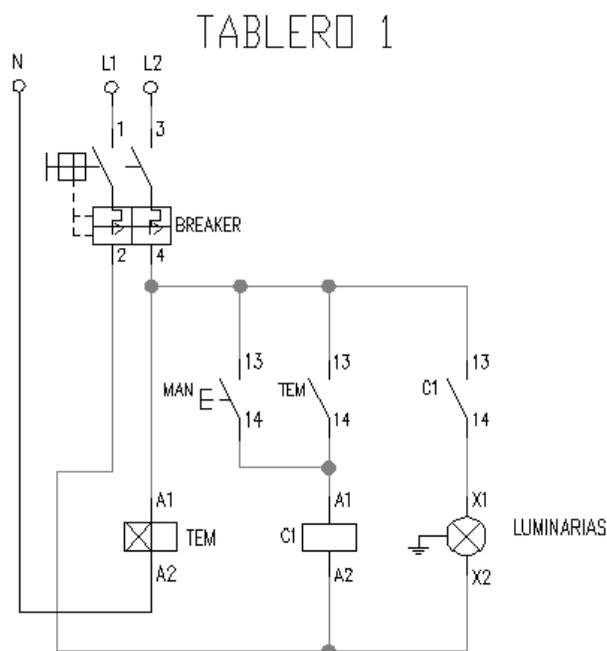
Tablero Principal	Voltaje de Trabajo
	127 (V <sub>AC</sub> )

- **Estudio de las condiciones del sistema de iluminación de la ESFOT**

Para la construcción de la centralización del sistema de iluminación de la ESFOT, se procedió a determinar en qué condiciones se encuentran cada uno de los tableros, esto permitió determinar el voltaje de alimentación que tienen (ver Tabla 3.5) mencionado anteriormente, también el espacio disponible con que cuenta cada tablero y por último se estudió el diagrama de conexiones eléctricas de cada uno de los tableros, esto con el fin de hacer modificaciones en sus conexiones y poder controlar cada uno de los tableros de iluminación desde un único tablero.

A continuación, en la Figura 3.4 se observa el diagrama de conexiones que tenían implementado cada uno de los tableros de iluminación antes de la implementación del proyecto.

Cabe mencionar que se añade una sola figura, ya que todos los tableros presentaban la misma conexión eléctrica.



**Figura 3.4** Diagrama de conexión eléctrica de los tableros de iluminación antes de implementarse el proyecto.

De acuerdo con la Figura 3.4 anteriormente mencionada, cada circuito de iluminación constaba de un temporizador semanal (TEM) el cual permitía la activación y desactivación de los circuitos de iluminación en diferentes horarios.

- **Selección de elementos para la construcción del tablero principal**

En la selección de los elementos que conforman el sistema de centralización de la iluminación externa de la ESFOT, se tomó en cuenta los estudios realizados anteriormente, esto permitió adquirir los elementos que trabajen para cierto voltaje y condiciones ya mencionados.

En la Tabla 3.7 se especifica todos los elementos eléctricos, electromecánicos y electrónicos que se usaron para la construcción del tablero de centralización.

**Tabla 3.7** Lista de elementos usados en la ejecución del proyecto.

Elemento	Cantidad	Marca-Modelo	Magnitud
Contactores	5	Siemens	120 (V <sub>AC</sub> ), 6 (A <sub>AC</sub> )
Contactores	5	Siemens	220 (V <sub>AC</sub> ), 6 (A <sub>AC</sub> )
Pulsadores	3	Camsco	120 (V <sub>AC</sub> )
Selectores	5	Camsco	3 posiciones 120 (V <sub>AC</sub> )
Selectores	2	Camsco	2 posiciones 120 (V <sub>AC</sub> )
Luces Piloto	10	Camsco	120 (V <sub>AC</sub> )
Interruptores	15		120 (V <sub>AC</sub> )
Relé Temporizador	2		120 (V <sub>AC</sub> )
Breaker Bifásico	1	Schneider	120 (V <sub>AC</sub> ), 16 (A <sub>AC</sub> )
Fuente Industrial	1		120 (V <sub>AC</sub> ) a 5 (V <sub>DC</sub> )
Convertor de Voltaje	1		120 (V <sub>AC</sub> ) a 5 (V <sub>DC</sub> )
Módulo de Arduino	1	Mega 2560	V <sub>IN</sub> = 5 (V <sub>DC</sub> )
Módulo de Relés	15		5 (V <sub>DC</sub> ) y 10 (A <sub>DC</sub> )
Módulo Bluetooth	1	HC-06 Arduino	
Barras de distribución	2		Fase y Neutro

- **Selección del calibre del conductor**

Para el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas y selección de un conductor que llevará corriente a un dispositivo específico, se toma en consideración dos factores: la capacidad de

conducción de corriente y la caída de tensión, donde la caída de tensión tiende a ser menor al 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior. [2].

Por lo tanto, se utilizó la ecuación 3.1.

$$\Delta V = \% * V_{nom}$$

**Ecuación 3.1** Caída de tensión.

Donde:

$\Delta V$  = Caída de tensión máxima admisible.

% = Porcentaje de caída de tensión máxima admisible.

$V_{nom}$  = Voltaje de la instalación ( $V_{AC}$ ).

Usando la ecuación 3.1 se obtiene la caída de tensión.

Cabe recalcar que los tableros de iluminación independientes tienen una conexión bifásica ( $V_{AC}$ ).

$$\Delta V = 3\% * 220 (V) = 6.6 (V_{AC})$$

A continuación, se procede a hacer uso de la ecuación 3.2, la cual es utilizada cuando se tiene una conexión bifásica como es el caso del presente proyecto.

$$S = \frac{2 * L * I * \cos \alpha}{C * \Delta V}$$

**Ecuación 3.2** Sección de los conductores.

Donde:

S = Sección de los conductores ( $mm^2$ )

L = Longitud de la línea, en metros

$\Delta V$  = Caída de tensión máxima admisible.

C = Conductividad (s/m), en este caso se usó la conductividad del cobre que se muestra en la Tabla 3.8.

I = Corriente máxima del circuito

**Tabla 3.8** Conductividad de los metales [2].

Conductividad			
Metal	% IACS	MS/m	Coefficiente temperatura
Cobre	100	58	0.0038
Aluminio	29...61	17...35,4	0.0040
Oro	70.7	41	0.0034

Inicialmente se seleccionaron los conductores que van desde el tablero de control principal hacia los tableros independientes de iluminación, para lo cual se hizo uso de la Tabla 3.2 anteriormente mencionada, donde se observa la distancia en metros de cada uno de los tableros independientes con respecto al tablero principal, siendo este dato muy importante para realizar los cálculos.

Se procede a usar la ecuación 3.2 para el cálculo de la sección del conductor, esta ecuación se aplica para cada uno de los tableros independientes.

En la Tabla 3.9 se observan las secciones de los conductores calculadas para cada uno de los tableros.

**Tabla 3.9** Sección de los conductores.

N° de Tablero	Cálculos	Sección de conductores
Tablero 1	$S = \frac{2 * 15 * 2 * 1}{58 * 6.6} = 0.15 \text{ (mm}^2\text{)}$	0.15 (mm <sup>2</sup> )
Tablero 2	$S = \frac{2 * 50 * 2 * 1}{58 * 6.6} = 0.52 \text{ (mm}^2\text{)}$	0.52 (mm <sup>2</sup> )
Tablero 3	$S = \frac{2 * 140 * 2 * 1}{58 * 6.6} = 1,46 \text{ (mm}^2\text{)}$	1.46 (mm <sup>2</sup> )
Tablero 4	$S = \frac{2 * 180 * 2 * 1}{58 * 6.6} = 1.88 \text{ (mm}^2\text{)}$	1.88 (mm <sup>2</sup> )
Tablero 5	$S = \frac{2 * 130 * 2 * 1}{58 * 6.6} = 1.35 \text{ (mm}^2\text{)}$	1.35 (mm <sup>2</sup> )

De acuerdo con los resultados se obtuvo un calibre inferior, por normativas se eligió una sección de 2.08 (mm<sup>2</sup>) que es el mínimo para instalaciones de iluminación (ver Tabla 3.10).

**Tabla 3.10** Selección de conductores con respecto al diámetro calculado [2].

Selección del calibre del Conductor	
Calibre AWG o MCM	Selección mm <sup>2</sup>
20	0.519
18	0.823
16	1.31
14	2.08
12	3.31

En la Tabla 3.11 se observa el calibre y tipo de cable a usar en la implementación del proyecto.

**Tabla 3.11** Equivalencia de (mm<sup>2</sup>) a (AWG) y (A)

Nº de Tablero	Calibre Conductor (AWG)	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Amperaje (A)	Tipo de cable
Tablero 1	14	2.08	2	Cobre THHN
Tablero 2	14	2.08	2	Cobre THHN
Tablero 3	14	2.08	2	Cobre THHN
Tablero 4	14	2.08	2	Cobre THHN
Tablero 5	14	2.08	2	Cobre THHN

De igual manera se calculó la sección del cable a usar en el cableado que va dentro del tablero de control principal. El tablero de control principal opera a 127 (V<sub>AC</sub>).

Usando la ecuación 3.1 se obtiene la caída de tensión.

$$\Delta V = 3\% * 127 (V) = 3.81 (V_{AC})$$

A continuación, se usa la Ecuación 3.2.

En el cableado dentro del tablero de control principal se estimó que se usó 40 metros.

$$S = \frac{2*40*2*1}{58*3.81} = 0,72 (mm^2) = AWG 20$$

De acuerdo con el resultado se escoge la sección inmediatamente normalizada de 0.5 (mm<sup>2</sup>) para el cableado dentro del tablero (ver Tabla 3.10).

En la Tabla 3.12 se observa el calibre y tipo de cable a usar en la implementación del proyecto.

**Tabla 3.12** Equivalencia de (mm<sup>2</sup>) a (AWG) y (A)

	Calibre Conductor (AWG)	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Amperaje (A)	Tipo de cable
Tablero Principal	20	0.5	2	Cobre THNN

De acuerdo con los resultados expresados anteriormente, para instalaciones eléctricas y electrónicas internas de tableros, se procede a usar un cable de sección de 0,5 (mm<sup>2</sup>).

### 3.2. Implementación del sistema de cableado

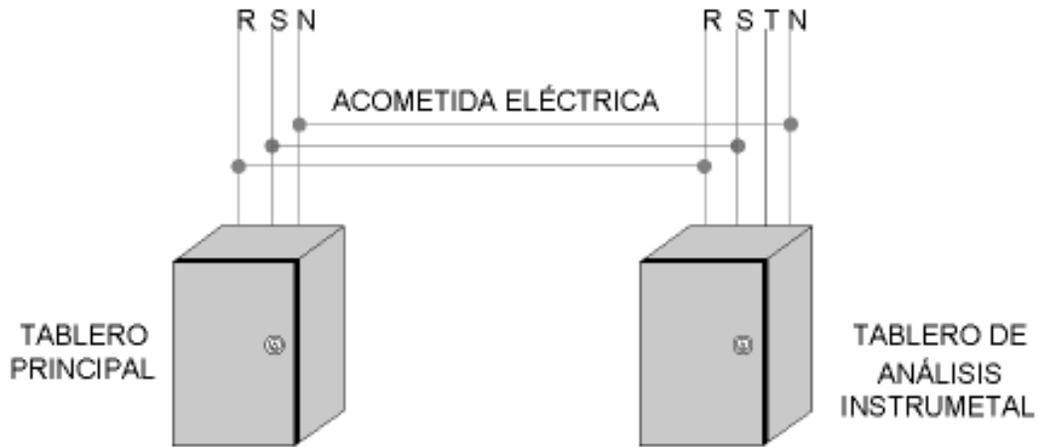
#### Tendido del cableado de la acometida eléctrica

En la Figura 3.5 se observa el recorrido por donde se realizó el cableado de la acometida eléctrica del tablero de control principal.



**Figura 3.5** Tendido de la acometida del tablero de control principal.

La acometida del tablero principal se cablea desde la acometida del Tablero de Análisis Instrumental (TAI). En la Figura 3.6 se observa el esquema de conexiones para la alimentación energética del tablero principal.



**Figura 3.6** Esquema de conexiones de la acometida eléctrica del tablero principal.

Las fases R, S y Neutro fueron tomados de la acometida del TAI, el cual se encuentra en el LTI. El voltaje de operación del tablero principal es a 127 ( $V_{AC}$ ), para el cual se usó la fase S y el Neutro.

En la Tabla 3.13 se muestran las fases de alimentación, así como también el neutro que fueron necesarias para la ejecución del proyecto. Cabe mencionar que los voltajes se midieron con respecto al neutro.

**Tabla 3.13** Acometida del tablero principal.

Acometida	Voltajes con respecto al Neutro
Fase R	127 ( $V_{AC}$ )
Fase S	127 ( $V_{AC}$ )
Neutro	0 ( $V_{AC}$ )

En la Figura 3.7 se muestra el cableado de la acometida del tablero principal, el cual se realizó por dentro de las edificaciones de la ESFOT.



**Figura 3.7** Cableado de la acometida eléctrica por dentro de los techos de la ESFOT.

### **Tendido del cableado de los tableros de iluminación**

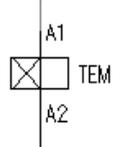
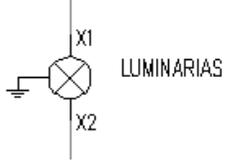
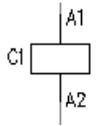
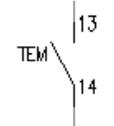
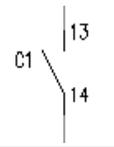
Antes de realizar el cableado de los tableros de iluminación, fue importante conocer de qué componentes estaba conformado cada uno de los tableros y el funcionamiento que presentaban antes de implementarse el proyecto.

- **Componentes que conformaban los tableros de iluminación antes de la implementación del proyecto**

De acuerdo con la Figura 3.4 anteriormente mencionado se observan las conexiones eléctricas (circuito de control y fuerza) que presentaban cada uno de los tableros de iluminación antes de ser modificados, cabe recalcar que se muestran las conexiones eléctricas de un solo tablero (Tablero 1), ya que todos los tableros de iluminación presentaban la misma conexión eléctrica

En la Tabla 3.14 se observan los componentes que presentaban cada uno de los tableros de iluminación antes de implementarse el proyecto (ver Figura 3.4).

**Tabla 3.14** Componentes de cada tablero de iluminación antes de implementarse el proyecto.

Conexiones eléctricas (Antes)			
Circuito de Control		Circuito de Fuerza	
Relé Temporizador (TEM)		Luminarias	
Relé (C1)			
Contacto normalmente abierto del Relé Temporizador (TEMP)			
Contacto normalmente abierto del Relé (RELÉ)			

○ **Funcionamiento antes de la implementación del proyecto**

En cuanto se refiere al funcionamiento, de acuerdo con la Figura 3.4 el relé temporizador (TEM), se activaba a una determinada hora, en este momento el contacto normalmente abierto (TEM) se cierra permitiendo el paso de la corriente hacia el contactor (C1) y activándolo, en ese instante el contacto normalmente abierto de (C1) se cierra permitiendo el paso de la corriente eléctrica, provocando que las lámparas de iluminación se enciendan.

El relé temporizador (TEM), así como se activa también se desactiva de manera automática a una determinada hora, así apagando las lámparas de iluminación.

○ **Cableado de los tableros de iluminación**

En el Anexo 3 se observa el trayecto por donde se realizó el cableado desde el tablero principal hasta los tableros de iluminación.

Se cablearon las fases R y S desde el tablero principal hasta cada uno de los tableros, el cableado se lo realizó por dentro de las edificaciones de la ESFOT, se siguieron trayectorias de

cableados antiguos, esto con el fin de evitar posibles improvisaciones que hubieran dificultado el cableado.

### 3.3. Construcción y puesta en marcha la centralización

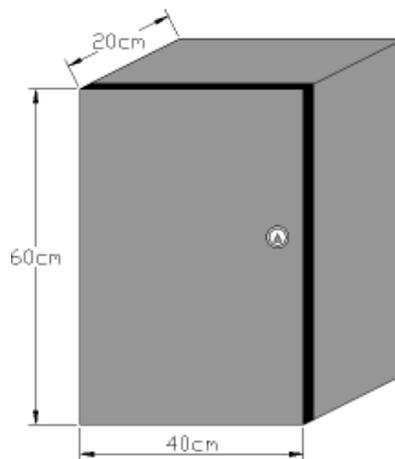
Para la ejecución del proyecto fue necesario la implementación de una parte electromecánica, donde se realizaron diferentes trabajos, como fue, con el gabinete, selectores, luces piloto, relés entre otros componentes, las cuales se describirán a continuación.

Los componentes que se usaron en la implementación se observan en la Figura 3.1 y Figura 3.2 anteriormente mencionada.

- **Selección del gabinete**

Se adquirió un gabinete de medidas estandarizadas de 60 x 40 x 20 (cm), representando estas medidas el largo, ancho y profundo del gabinete, este tamaño del gabinete permitió realizar el montaje de los elementos sin ningún problema y posteriormente su cableado. En el tablero se realizó el montaje de una parte eléctrica, una parte electromecánica y una parte electrónica.

En la Figura 3.8 se muestra el gabinete que se usó en la ejecución del proyecto con sus respectivas medidas.



**Figura 3.8** Dimensiones del gabinete usado en la ejecución del proyecto.

Este tablero posee la certificación de protección IP41, la cual muy necesaria cuando se requiere realizar aplicaciones en la industria, construcción y distribución de energía eléctrica según la norma ISO 9001:2015 [4].

- **Adecuación del gabinete**

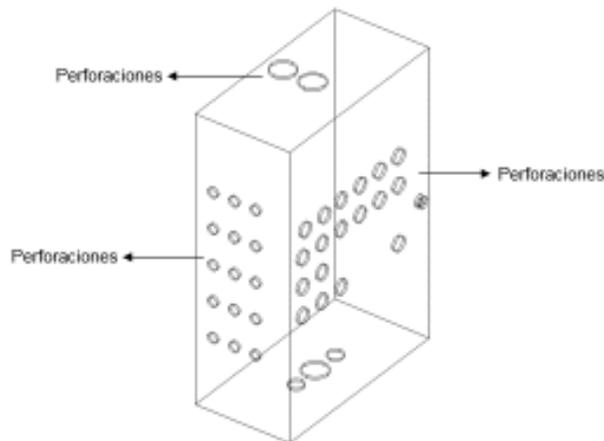
Se realizaron perforaciones en distintas partes del gabinete como son: en la parte superior por donde ingresa la acometida, en el lado izquierdo del gabinete destinado para el montaje de los interruptores de emergencia, en la puerta frontal del gabinete destinado para el montaje de las luces piloto, selectores y un pulsador, en la parte inferior no fue necesario realizar perforaciones, ya que este tenía 3 perforaciones hechas ya de fábrica, por la parte inferior se procedió a distribuir el cableado a los diferentes tableros de iluminación externos de la ESFOT.

En la Tabla 3.15 se detalla el número de perforaciones que fueron necesarias realizar y en que partes del gabinete se realizaron.

**Tabla 3.15** Número de perforaciones.

Perforaciones		
Nº de perforaciones	Parte del Gabinete	Elementos montados
2	Superior	Ingreso de la acometida
18	Puerta Frontal	Selectores, luces piloto y un pulsador
15	Lado izquierdo	Interruptores de emergencia
3	Inferior	Cableado de luminarias

De igual manera en la Figura 3.9 se observan las perforaciones que se realizaron en el gabinete para el montaje de los diferentes elementos de control.



**Figura 3.9** Perforaciones del Gabinete.

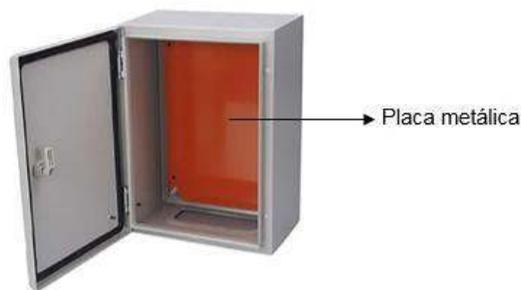
## Montaje de los componentes

Luego de tener disponible todos los componentes necesarios para la ejecución del proyecto, se inició con su montaje que se describe a continuación:

- **Montaje de los componentes dentro del gabinete**

El gabinete posee una placa metálica interna, la cual se desmonta, esto para trabajar de mejor manera al momento de colocar las canaletas, los rieles, las barras potenciales y el respectivo montaje de los elementos de control.

En la Figura 3.10 se observa la placa metálica que todos los gabinetes poseen.



**Figura 3.10** Placa metálica del gabinete.

Se procedió a retirar la placa metálica del gabinete, se realizaron mediciones de distancia en la placa metálica, esto con el fin de colocar de manera correcta los rieles y las canaletas, una vez realizada las respectivas mediciones se realizaron perforaciones con la ayuda del taladro eléctrico para el buen aseguramiento de los rieles.

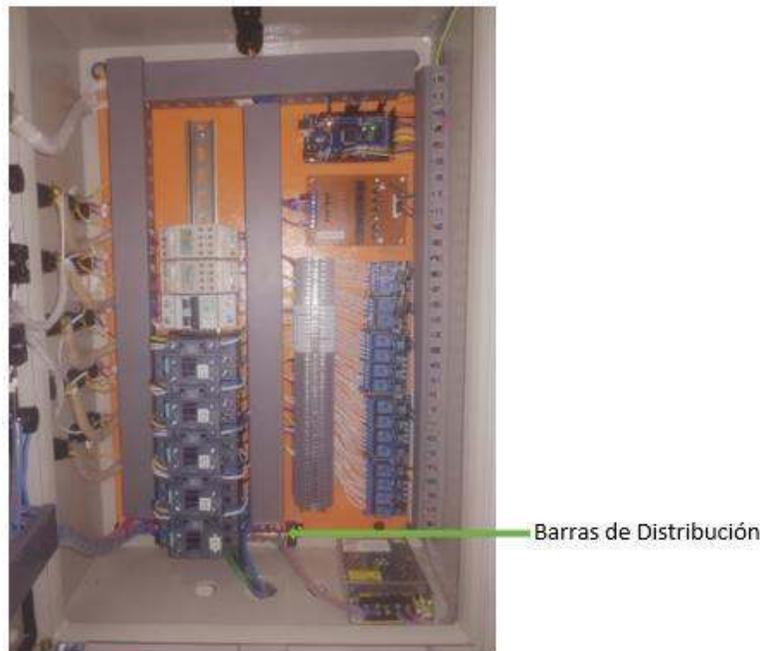
Se realizó una distribución uniforme a fin de que todos los elementos quepan sin ningún problema y tengan una distancia adecuada de un elemento con respecto al otro. Una vez asegurado los rieles se procedió al montaje de los contactores, breaker bifásico, borneras industriales y los módulos de relés para Arduino y de los demás componentes (ver Figura 3.11).



**Figura 3.11** Elementos montados en la placa metálica.

Se colocaron las barras de distribución en la parte inferior de la placa, esto para tener un punto común de las instalaciones, tanto para el neutro como para la tierra, estas dos barras son importantes en cualquier instalación, ya que se debe cuidar los componentes y también la seguridad de las personas.

En la Figura 3.12 se observan las barras de potencia en la parte inferior del tablero de control.



**Figura 3.12** Barras de potencial Fase y Neutro.

- **Montaje de los componentes en la puerta del gabinete**

En la Figura 3.13 se observa la puerta frontal del gabinete, donde se realizó el montaje de los selectores, luces piloto y un pulsador.

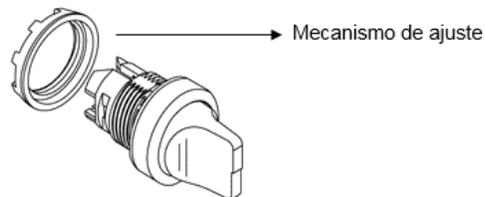


**Figura 3.13** Puerta frontal del gabinete.

El montaje de las luces piloto, los selectores, interruptores y un pulsador en la puerta frontal del gabinete, se describe a continuación:

Los selectores de dos y tres posiciones tienen una tuerca de tipo plástica, la cual permitió el correcto ajuste al girar dicha tuerca desde la parte posterior en sentido horario, las luces piloto y pulsadores tienen el mismo mecanismo de aseguramiento, a diferencia de que la tuerca se la gira desde la parte interior.

En la Figura 3.14 se observa el mecanismo de ajuste de los selectores, luces pilotos, y pulsadores.



**Figura 3.14** Mecanismo de ajuste del selector, luces piloto y pulsadores.

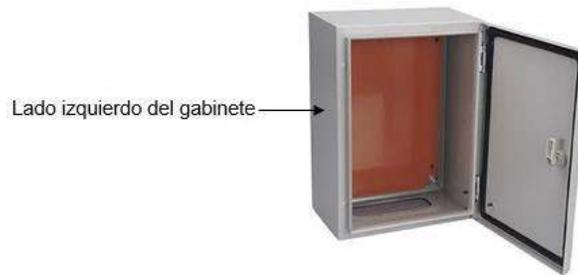
A continuación, en la Figura 3.15 se observan los componentes, montados y asegurados en la puerta del gabinete.



**Figura 3.15** Luces piloto y selectores montados y asegurados en el gabinete.

- **Montaje de los componentes en el lado izquierdo del gabinete**

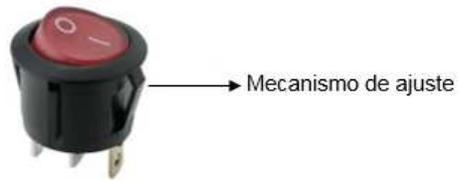
En la Figura 3.16 se observa el lado izquierdo del gabinete, donde se realizó el montaje de los interruptores de emergencia.



**Figura 3.16** Lado izquierdo del gabinete.

De igual manera los interruptores de emergencia tienen un mecanismo de ajuste, pero a diferencia de los selectores, estos se deben ajustarlos a presión.

En la Figura 3.17 se observa el mecanismo de ajuste de los interruptores redondos.



**Figura 3.17** Mecanismo de ajuste de los interruptores redondos.

En la Figura 3.18 se observan los interruptores de emergencia, montados y asegurados en el lado izquierdo del gabinete.



**Figura 3.18** Interruptores de emergencia montados y asegurados en el gabinete.

### **Cableado eléctrico interno (D.C)**

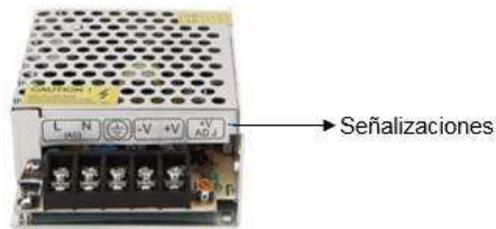
- **Conexión de la alimentación energética de la plataforma Arduino**

Para la alimentación de la plataforma Arduino se usó una fuente conmutada Modelo S-15-5, 5 ( $V_{DC}$ ), 3 ( $A_{DC}$ ) y 15 (W), la cual se alimenta a 127 ( $V_{AC}$ ) y a su salida entrega 5 ( $V_{DC}$ ) fijos, siendo este el voltaje necesario para el correcto funcionamiento de la plataforma Arduino.

En la Figura 3.19 se muestra la fuente de alimentación conmutada que se usó para la alimentación de la plataforma Arduino.

Para la alimentación de la fuente conmutada es necesario un voltaje de 127 ( $V_{AC}$ ), por lo que se cableo la Fase S y Neutro de las barras de distribución hacia los bornes de alimentación de la

fuelle conmutada. La fuente conmutada tiene señalizaciones en sus bornes, esto con el fin de realizar correctamente la conexión eléctrica (ver Figura 3.19).



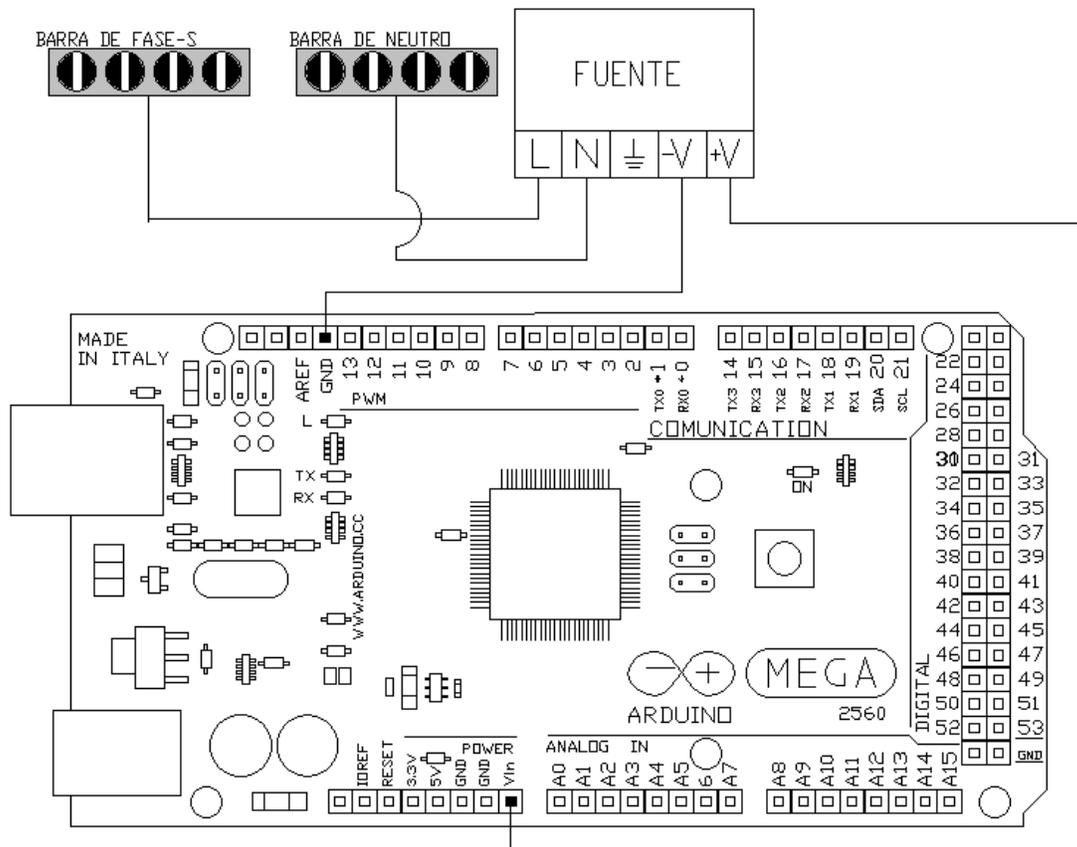
**Figura 3.19** Señalizaciones de la fuente conmutada.

A continuación, en la Tabla 3.16 se muestran las conexiones respectivas a realizar en los bornes de la fuente conmutada.

**Tabla 3.16** Conexiones de la fuente conmutada.

Fuente Conmutada de 5 (V <sub>DC</sub> ) - 4 (A <sub>DC</sub> )		
	Voltaje de alimentación y de salida	Conexiones
<b>L N (A.C)</b>	La fuente conmutada se alimenta con 127 (V <sub>AC</sub> )	La fase S proveniente de la barra de distribución, se la conecta al borne L. El Neutro proveniente de la barra de distribución se la conecta al borne N.
<b>+V -V (D.C)</b>	La fuente conmutada entrega 5 (V <sub>DC</sub> )	Los 5 voltios que energizan al Arduino se lo conectan del borne (+V) de la fuente conmutada. De igual manera la tierra que va al Arduino o en este caso GND, se lo conectan del borne de tierra de la fuente conmutada.

En la Figura 3.20 se observa el esquema de conexiones de la fuente conmutada de 5 (V<sub>DC</sub>) con la plataforma Arduino.



**Figura 3.20** Esquema de conexiones de la fuente conmutada.

La plataforma Arduino envía las señales respectivas para que los relés entren en accionamiento y permitan la activación de las luminarias.

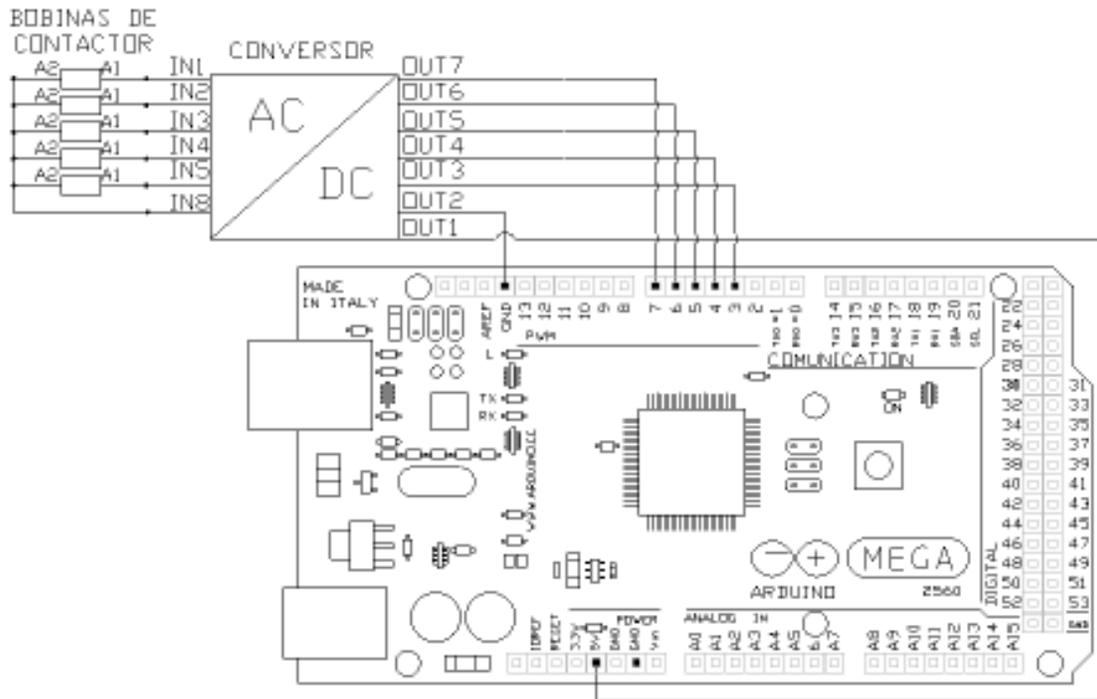
- **Conexión del circuito convertor**

A fin de monitorear el estado de cada uno de los circuitos de iluminación, fue necesario la incorporación de un sistema que permita recibir los voltajes de accionamiento de las bobinas de los contactores, las cuales se accionan a 127 (V<sub>AC</sub>), de igual manera el sistema debe permitir transformar los voltajes de accionamiento de las bobinas del contactor a 5 (V<sub>DC</sub>), siendo este voltaje el que ingresará a la plataforma Arduino.

El sistema desarrollado se conoce como Convertor, este sistema consta de 8 entradas, a la octava entrada se conectó únicamente el Neutro, que en esta ocasión viene a ser el terminal A2 de cada uno de los contactores, a las demás entradas se conectó las terminales A1 de cada uno de los contactores. De igual manera el sistema consta de 7 salidas, donde las salidas 1 y 2 corresponden a la fuente 5 (V<sub>DC</sub>), mientras que las demás salidas permiten obtener 5 (V<sub>DC</sub>), este

voltaje de 5 ( $V_{DC}$ ), ingresa a la plataforma Arduino haciendo que este pueda determinar el estado de los tableros de iluminación en tiempo real.

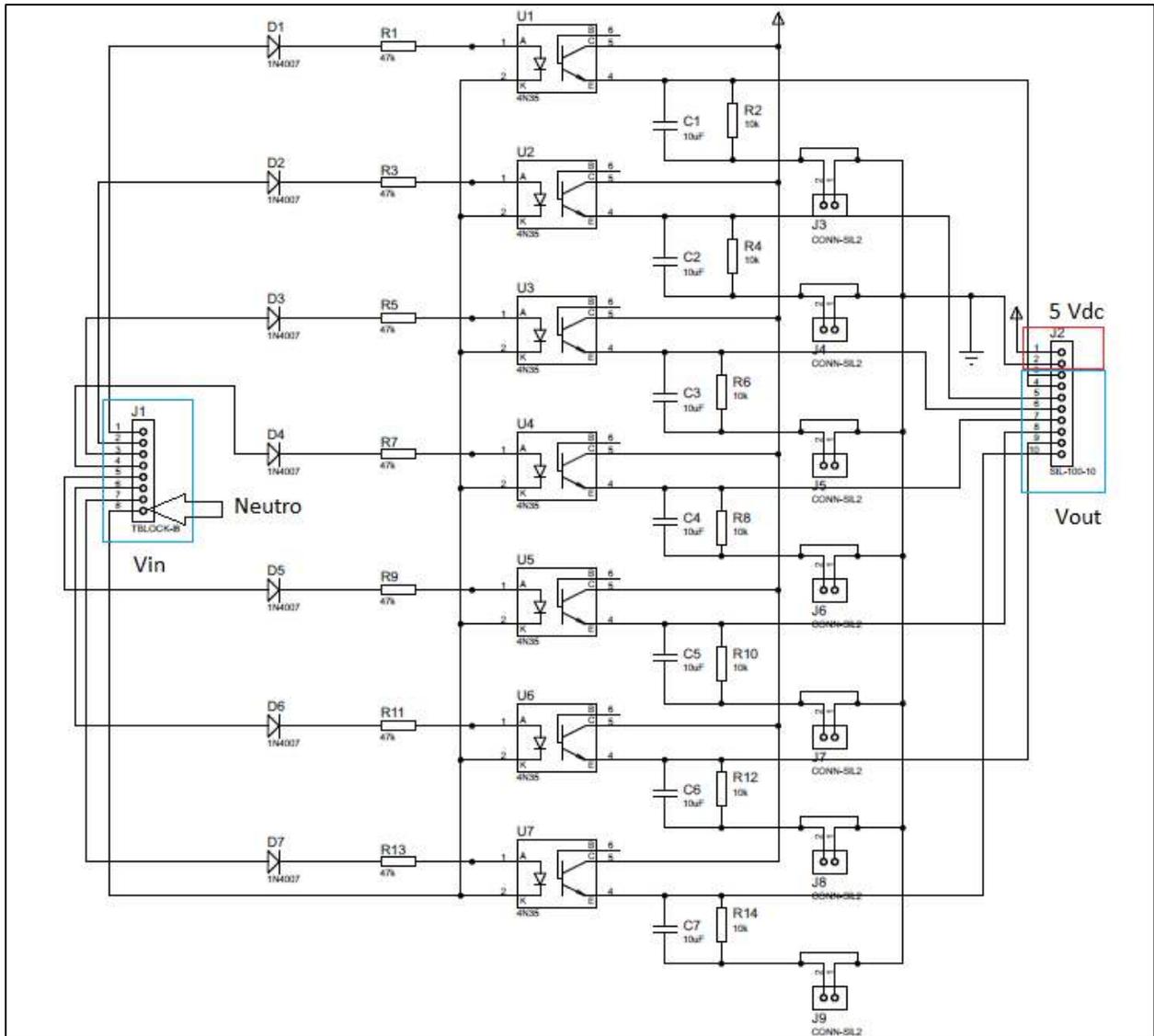
A continuación, en la Figura 3.21 se observa el diagrama de conexiones del sistema Conversor con la plataforma Arduino.



**Figura 3.21** Diagrama de conexiones del Conversor con la plataforma Arduino.

El Conversor es un circuito electrónico conformado por varios componentes, a continuación, en la Figura 3.22 se observa el circuito diseñado en el software Proteus.

Este circuito electrónico cuenta con un conector de entrada denominado ( $V_{in}$ ) y con un conector de salida denominado ( $V_{out}$ ).



**Figura 3.22** Circuito electrónico diseñado en Proteus.

En la Tabla 3.17 se describen los componentes que se usaron en la construcción del Conversor.

**Tabla 3.17** Elementos para la construcción del Conversor.

Elemento	Cantidad	Características Técnicas
Diodo Rectificador	7	1N4007
Resistencia	7	47 (K $\Omega$ )
Resistencia	7	10 (K $\Omega$ )
Optoacoplador	7	4N35
Capacitor electrolítico	7	10 (uF)

En la Tabla 3.18 se observan las conexiones que se realizaron en el conector de entrada ( $V_{in}$ ) del inversor, de igual manera se observa cómo se comportan los voltajes al momento que las bobinas de los contactores se activan.

**Tabla 3.18** Conexiones en el Conector ( $V_{in}$ ).

Conexiones en el Conector ( $V_{in}$ )					
Terminales de las bobinas de los Contactores		Convertor		Voltaje de ingreso al Conector ( $V_{in}$ )	
		Conector ( $V_{in}$ )		Bobinas de los Contactores	
		Entrada (IN)		Activado	Desactivado
Contactor 1 (Circuito 1)	A1	IN 1 (Fase)	127 ( $V_{AC}$ )	0 ( $V_{AC}$ )	
	A2	IN 8 (Neutro)			
Contactor 2 (Circuito 2)	A1	IN 2 (Fase)	127 ( $V_{AC}$ )	0 ( $V_{AC}$ )	
	A2	IN 8 (Neutro)			
Contactor 3 (Circuito 3)	A1	IN 3 (Fase)	127 ( $V_{AC}$ )	0 ( $V_{AC}$ )	
	A2	IN 8 (Neutro)			
Contactor 4 (Circuito 4)	A1	IN 4 (Fase)	127 ( $V_{AC}$ )	0 ( $V_{AC}$ )	
	A2	IN 8 (Neutro)			
Contactor 5 (Circuito 5)	A1	IN 5 (Fase)	127 ( $V_{AC}$ )	0 ( $V_{AC}$ )	
	A2	IN 8 (Neutro)			

En la Tabla 3.19 se observan las conexiones que se realizaron entre el conector ( $V_{out}$ ) del inversor con ciertos pines de la plataforma Arduino a fin de determinar el estado de los circuitos de iluminación.

**Tabla 3.19** Conexiones del Conector ( $V_{out}$ ) con la plataforma Arduino.

Convertor	Pines del Arduino	N° de Tablero	Voltaje de Ingreso a los pines de la plataforma Arduino			
			Estados de los Tableros			
			Encendido		Apagado	
OUT 1	5V					
OUT 2	GND					
OUT 3	D3	1	5 ( $V_{DC}$ )	ON	0 ( $V_{DC}$ )	OFF
OUT 4	D4	2	5 ( $V_{DC}$ )	ON	0 ( $V_{DC}$ )	OFF
OUT 5	D5	3	5 ( $V_{DC}$ )	ON	0 ( $V_{DC}$ )	OFF

OUT 6	D6	4	5 (V <sub>DC</sub> )	ON	0 (V <sub>DC</sub> )	OFF
OUT 7	D7	5	5 (V <sub>DC</sub> )	ON	0 (V <sub>DC</sub> )	OFF

En la Figura 3.23 se observa el Conversor usado en la ejecución del proyecto.



**Figura 3.23** Conversor.

- **Conexión de los módulos relés a la plataforma Arduino**

A continuación, en la Tabla 3.20 se observan las características técnicas de los relés módulo Arduino usados en la ejecución del proyecto.

**Tabla 3.20** Características técnicas de los relés Módulo Arduino.

<b>Módulo Relé 5 (V<sub>DC</sub>) 4 canales optoacoplados, salida 10 (A<sub>DC</sub>) /250 (V<sub>AC</sub>)</b>	
Canales	4 canales optoacoplados
Alimentación y Control	5 (V <sub>DC</sub> )
Corriente de activación	20 (mA) por canal
Tensión máxima en AC	250 (V <sub>DC</sub> ) /10 (A <sub>DC</sub> ) por canal
Tensión máxima en DC	30 (V <sub>DC</sub> ) /10 (A <sub>DC</sub> ) por canal
LEDs indicadores	1 por canal

Estos relés funcionan con 5 (V<sub>DC</sub>), el voltaje de alimentación se tomó de la plataforma Arduino (ver Figura 3.24). La función que realiza los módulos relés de Arduino es la del accionamiento de los circuitos de 127 (V<sub>AC</sub>). La plataforma Arduino envía las señales respectivas para que los relés

entren en accionamiento y permitan la activación de las luminarias. Estos módulos relés cuentan con optoacopladores que aseguran la separación eléctrica entre la parte del control que funciona a 5 (V<sub>DC</sub>) y la parte de potencia la cual funciona a 127 (V<sub>AC</sub>), ideal para no dañar el microcontrolador [5].

En la Tabla 3.21 se observan las conexiones que se realizaron entre los Módulos de Relés con la plataforma Arduino.

**Tabla 3.21** Conexiones de los Módulos de Relés con el Arduino.

Conexiones de los Módulos de Relés de Arduino		
	Pines de los Módulos de Relés	Pines del Arduino
Módulo de Relés 1	GND	GND
	IN1	D22
	IN2	D24
	IN3	D26
	IN4	D28
	IN5	D30
	IN6	D32
	IN7	D34
	IN8	D36
	VCC	5 (V <sub>DC</sub> )
Módulo de Relés 2	GND	GND
	IN1	D38
	IN2	D40
	IN3	D42
	IN4	D44
	IN5	D46
	IN6	D48
	IN7	D50
	IN8	---
	VCC	5 (V <sub>DC</sub> )

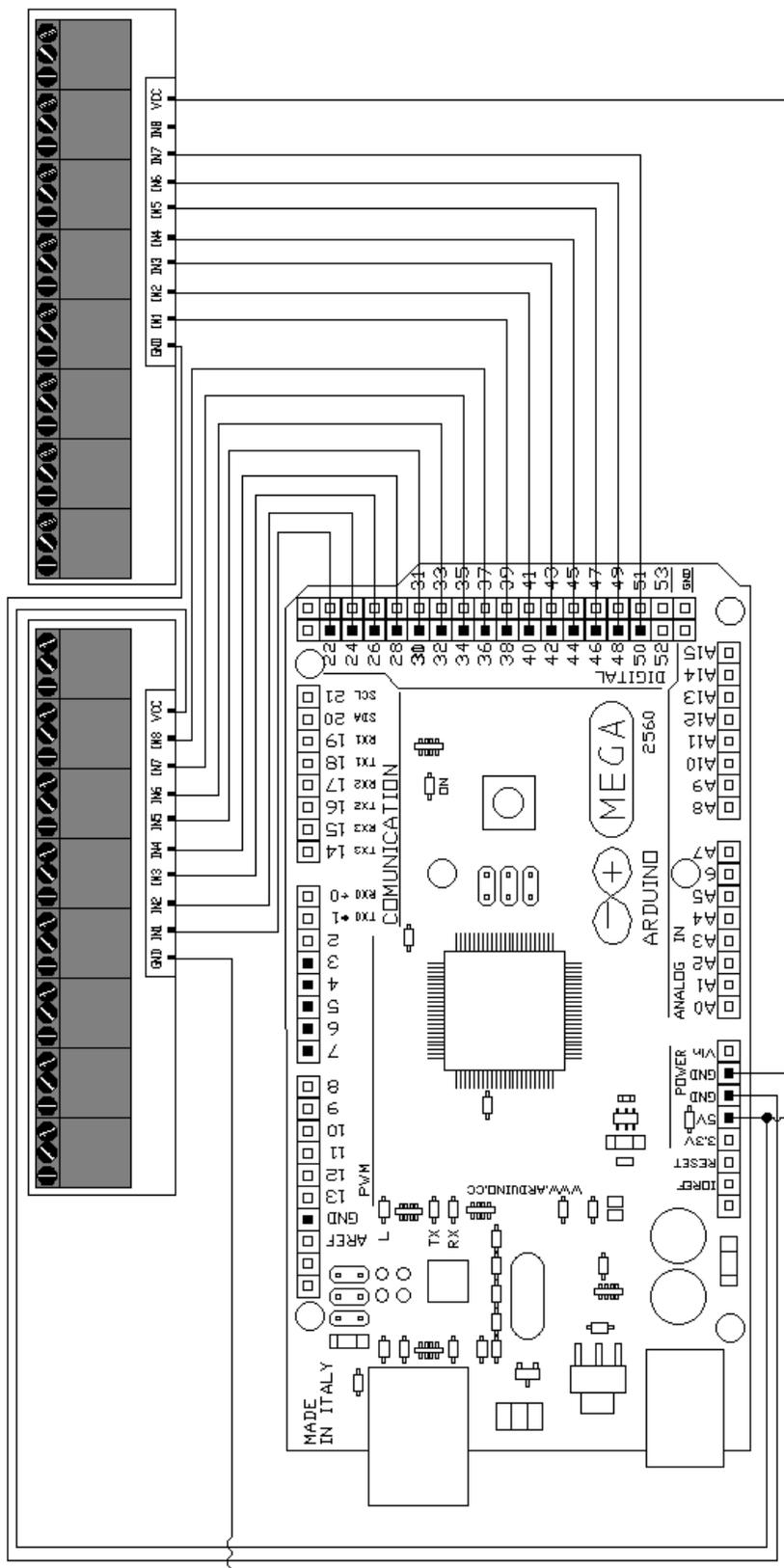


Figura 3.24 Esquema de conexiones de los módulos relés.

- **Conexión del módulo bluetooth HC-06**

La función del Módulo Bluetooth HC-06 es la de permitir comunicación entre la plataforma Arduino y un dispositivo móvil, el Módulo Bluetooth permite enviar ordenes desde la aplicación móvil a la plataforma Arduino, así de esta manera permitir la activación de los actuadores desde el dispositivo móvil.

Para la comunicación y configuración del Módulo Bluetooth, fue necesario tener acceso al módulo mediante una interfaz serial para esto se usó el Arduino Mega 2560 [6].

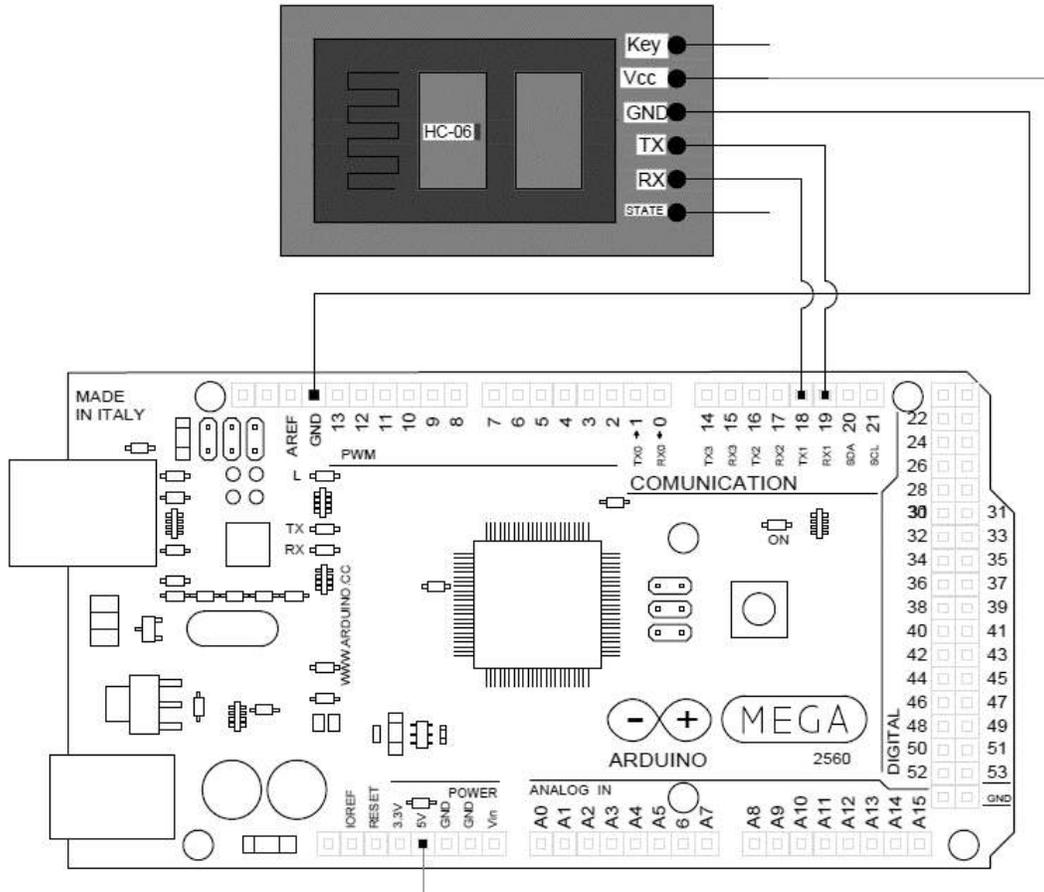
La conexión es muy sencilla, para esto fue necesario la alimentación  $V_{CC}$ , GND o tierra, así como también de los pines de transmisión y recepción serial ( $T_x$  y  $R_x$ ), las cuales deben tener una conexión cruzada para el correcto funcionamiento del Módulo Bluetooth.

En la Tabla 3.22 se observan las conexiones que se realizaron entre el Módulo Bluetooth HC-06 con la plataforma Arduino.

**Tabla 3.22** Conexión del Módulo Bluetooth con la plataforma Arduino [5].

<b>Conexiones del Módulo Bluetooth HC-06</b>	
<b>Pines del Módulo Bluetooth</b>	<b>Pines del Arduino</b>
STATE	---
RXD	TXD
TXD	RXD
GND	GND
VCC	VCC
KEY	---

En la Figura 3.25 se muestra el esquema de conexiones del Módulo Bluetooth con la plataforma de Arduino.

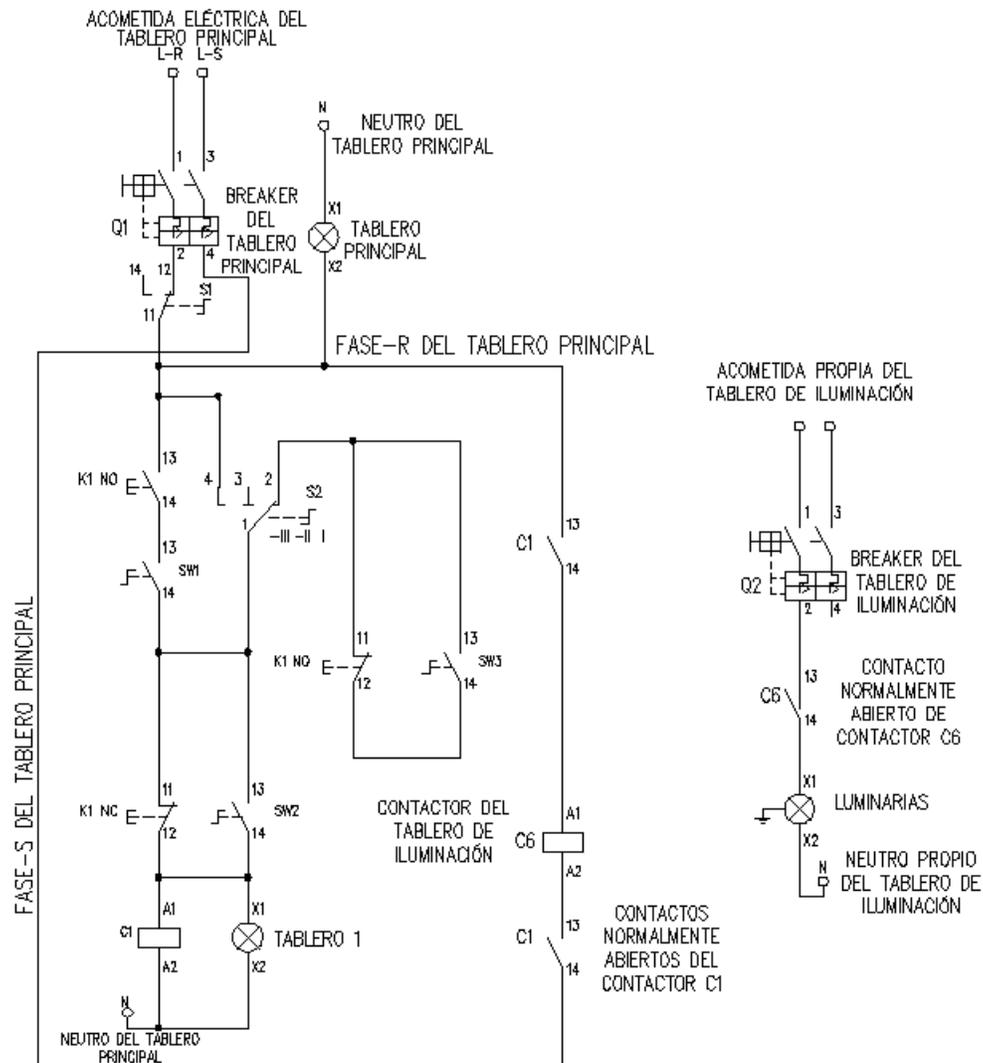


**Figura 3.25** Esquema de conexiones del módulo Bluetooth.

- **Conexión del circuito de control de las luminarias (A.C)**

En el encendido y apagado de las luminarias se utilizó 15 relés Módulo Arduino, así como también 15 interruptores de emergencia.

En la Figura 3.26 se muestra el diagrama de conexiones del circuito de control que permite el encendido y apagado de los circuitos de iluminación, se adjunta el diagrama de conexiones de un solo tablero (Tablero 1), ya que todos los circuitos de iluminación presentan las mismas conexiones. Para una mejor comprensión es recomendable hacer uso del diagrama de conexiones eléctricas (Anexo 4).



**Figura 3.26** Diagrama de conexiones del circuito de control.

A continuación, en la Tabla 3.23 se muestran las funciones que desempeñan los relés y los interruptores de emergencia, en el modo manual, automático y mediante la aplicación móvil, cabe recalcar que se describe el funcionamiento de un solo tablero. Para una mejor comprensión es recomendable seguir el diagrama de conexiones eléctricas (Anexo 4).

**Tabla 3.23** Funcionamiento del circuito de Control.

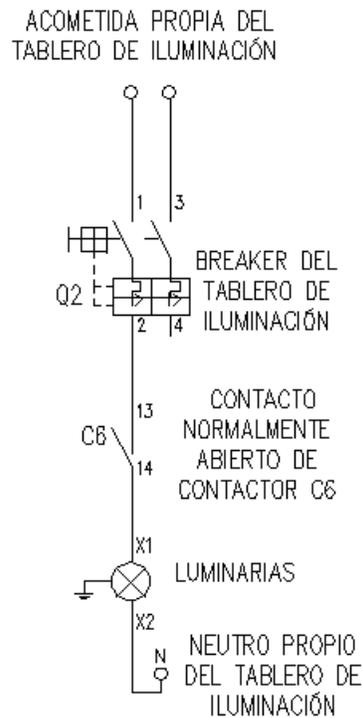
Etiquetas	Descripción	Funcionamiento			
Q1	Breaker del Tablero Principal	Protección de posibles cortocircuitos			
S1	Selector de posiciones	14	ON	Tablero	
		12	OFF		
S2	Selector de posiciones	4	Manual	4	ON
				3	APP
		2	Automático	Relé Temporizador	
		3	Aplicación Móvil		
K1 NO	Relé Arduino 1 normalmente abierto	Selector Posición 3	K1 NO en serie con SW1, permite la activación de la bobina de Contactor C1 desde la aplicación móvil, siempre y cuando SW1 esté cerrada.		
SW1	Interruptor de Emergencia 1				
K1 NC	Relé Arduino 2 normalmente cerrado		K1 NC en paralelo con SW2, permite la desactivación de la bobina del Contactor C1 desde la aplicación móvil.		
SW2	Interruptor de Emergencia 2				
K1 NO	Relé Arduino 3 normalmente cerrado		K1 NO en paralelo con SW3 bloquea el paso de la energía a las bobinas de los demás contactores.		
SW3	Interruptor de Emergencia 3				
C1	Contactor del talero principal	Activación y Desactivación del Contactor C6 (Tablero 1)			
C6	Contactor del tablero de iluminación	Encendido y Apagado de las Luminarias			

Los interruptores de emergencia como su nombre lo indica, fueron montados en caso de presentarse una emergencia, como puede ser, que los módulos relés de Arduino lleguen a fallar provocando que no se pueda controlar de manera adecuada las luminarias desde la aplicación móvil, en este caso se hace seguimiento del diagrama de conexiones eléctricas (Anexo 4), a fin

de poder habilitar los interruptores de emergencia y poder habilitar el mando remoto, hasta que se reemplacen los relés.

- **Conexión del circuito de fuerza de las luminarias (A.C)**

En la Figura 3.27 se muestra el diagrama de conexión del circuito de fuerza para el encendido y apagado de los circuitos de iluminación, se muestra el diagrama de conexión de un solo circuito de iluminación, puesto que en todos los circuitos de iluminación se realizó la misma conexión. Para una mejor comprensión hacer uso del diagrama de conexiones eléctricas (Anexo 4).



**Figura 3.27** Diagrama de conexiones del circuito de fuerza.

En la Tabla 3.24 se observa el funcionamiento el circuito de fuerza, el cual permite la activación y desactivación de las luminarias, a fin de tener una mejor comprensión es necesario ver la Tabla 3.23 anteriormente mencionada, así como también del diagrama de conexiones eléctricas (Anexo 4).

**Tabla 3.24** Funcionamiento del circuito de Fuerza.

<b>Etiquetas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Funcionamiento</b>
Q6	Breaker del Tablero 1 de iluminación	Protección de posibles cortocircuitos
C6	Contacto normalmente abierto del contactor C6 del Tablero 1	Encendido y Apagado de las luminarias

De acuerdo con la Figura 3.27 mencionado con anterioridad, al activarse el contactor C6 se cierra el contacto normalmente abierto de C6, permitiendo el paso de la corriente y así activando las luminarias.

### **Cableado eléctrico interno de los elementos**

El cableado de los elementos en conjunto con la instalación fue realizado para evitar cortocircuitos y daños irreversibles en los dispositivos pudiendo quemarlos, para evitar que estos problemas se ocasionen, fue necesario realizar el diagrama de conexión (Anexo 4), el cual permitió saber los puntos de conexión proporcionando información fundamental al técnico, ya sea de mantenimiento o de reparación del tablero. [7].

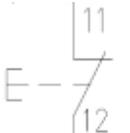
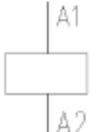
El esquema eléctrico de control se lo realizó en el programa CADe\_SIMU, el cual permitió la edición y simulación del esquema eléctrico, esto permitió realizar un correcto diseño del esquema eléctrico de control que se implementó en el tablero.

- **Diagrama de conexión**

En el Anexo 4 se observa el diagrama de conexiones que permite la activación y desactivación de los circuitos de iluminación externos de la ESFOT, esto mediante la activación y desactivación de las bobinas de los contactores, las cuales se encuentran montadas en el tablero de control principal.

A fin de realizar el correcto cableado de los componentes internos montados en el tablero principal, fue necesario contar con su respectivo diagrama de conexiones, donde se debió indicar las numeraciones de las conexiones entre los distintos componentes, de igual manera se especificó los terminales de los componentes de acuerdo con el seguimiento de normas eléctricas, tal como se muestra en la siguiente Tabla 3.25.

**Tabla 3.25** Numeración de los terminales.

Elemento	Símbolo	Terminales
Luces piloto		X1 y X2
Contactador NA		13 y 14
Contactador NC		11 y 12
Interruptor		13 y 14
Bobinas		A1 y A2
Selector de 3 posiciones		1, 2, 3 y 4
Selector de 2 posiciones		11, 12 y 14

En la Figura 3.28 se observa la nomenclatura que se empleó a todos los elementos internos del tablero, con sus respectivas numeraciones, tal como se lo muestra en la Tabla anteriormente mencionada.



**Figura 3.28** Nomenclatura de los cableados.

- **Cableado de los elementos de maniobra de la puerta del gabinete**

Se realizó el cableado de los elementos de maniobra, estos elementos permitirán la activación y desactivación de los circuitos de los circuitos de iluminación.

En la Figura 3.29 se observa el cableado realizado de todos los elementos de maniobra, las cuales se encuentran ubicadas en la puerta del gabinete.



**Figura 3.29** Cableado de los elementos de maniobra.

- **Cableado de los elementos de maniobra con los actuadores**

El diagrama de conexiones permitió ahorrar cable y reducir costos, ya que se realizó varios puentes, a fin de evitar tanto cableado que provenía de la fase de alimentación, en el cableado de los contactores y en el cableado de módulos relés de Arduino.

En la Figura 3.30 y Figura 3.31 se observa el cableado de los contactores, como también el cableado de los módulos relé de Arduino.



**Figura 3.30** Cableado de los contactores.



**Figura 3.31** Cableado de los módulos relés.

- **Cableado de los elementos de protección**

Para la energización del tablero de control principal y de los tableros de iluminación se usaron las fases S y T. Para la protección de posibles fallas de las dos fases se usó el elemento de protección llamado breaker, este elemento de protección termomagnética posee dos borneras únicamente para la conexión de cada fase, esto quiere decir que solo protegen las líneas vivas de corriente.

En la Figura 3.32 se observa la protección principal del tablero, a este elemento de protección ingresa dos fases R y S, en esta ocasión dichas fases corresponden a la acometida.



**Figura 3.32** Protección principal del tablero.

Cabe recalcar que el tablero principal se construyó para una fuente de alimentación de 127 (V<sub>AC</sub>) y en este caso se usó únicamente la fase S, mientras que para la activación de los circuitos de iluminación se usó las dos fases R y S.

En la Figura 3.27 mencionada anteriormente se observa la alimentación del tablero de control principal, específicamente sus contactores principales las cuales funcionan a 127 (V<sub>AC</sub>), así como también de los contactos auxiliares, las cuales permitirán la activación de los contactores principales de los tableros de iluminación, las cuales funciona a 220 (V<sub>AC</sub>), y a su vez permitirá que los contactos auxiliares activen el sistema de iluminación externo de la ESFOT.

### **3.4. Programación del microcontrolador e interfaz**

Antes de realizar la programación del microcontrolador, fue muy importante el montaje del sistema electrónico en el tablero de control principal, este sistema permite el control y monitoreo del tablero de iluminación desde una aplicación móvil.

En la Figura 3.1 y 3.2 anteriormente mencionadas se observan los elementos que se usaron en el montaje del sistema electrónico.

Para la construcción del sistema electrónico se usó los siguientes elementos (ver Tabla 3.24).

**Tabla 3.26** Elementos del sistema electrónico.

Sistema Electrónico	
Elementos	Cantidad
Fuente de Voltaje Conmutada	1
Arduino Mega 2560	1
Relés Módulo Arduino	15
Módulo Bluetooth	1
Convertor de Voltaje	1

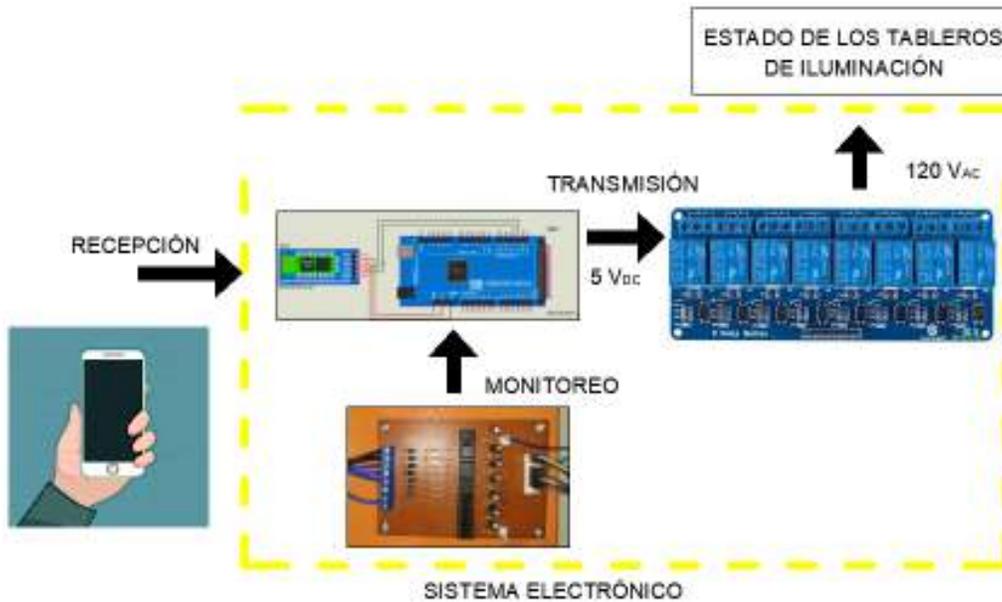
El sistema electrónico cumple con la función de recibir el ( $V_{AC}$ ) desde cada uno de los tableros de iluminación, este voltaje recibido es transformado por el Convertor a 5 ( $V_{DC}$ ), este voltaje puede ser leído por la plataforma Arduino, por lo tanto, existe comunicación entre el funcionamiento de fuerza con el funcionamiento electrónico.

El Arduino a su salida entrega 5 ( $V_{DC}$ ) este voltaje permite la activación o desactivación de los módulos relés de Arduino, los cuales a su vez permiten la activación o desactivación de los circuitos de iluminación, en este caso también existe una comunicación entre el funcionamiento electrónico y el funcionamiento de la fuerza.

Al Convertor ingresa un voltaje de 127 ( $V_{DC}$ ) cuando el tablero de iluminación está activado y 0 ( $V_{AC}$ ) cuando esta desactivado, a la salida del Convertor se tendrá de igual manera 5 ( $V_{DC}$ ) o 0 ( $V_{DC}$ ) las cuales ingresan al Arduino y es leído, así determinando el estado de los tableros de iluminación.

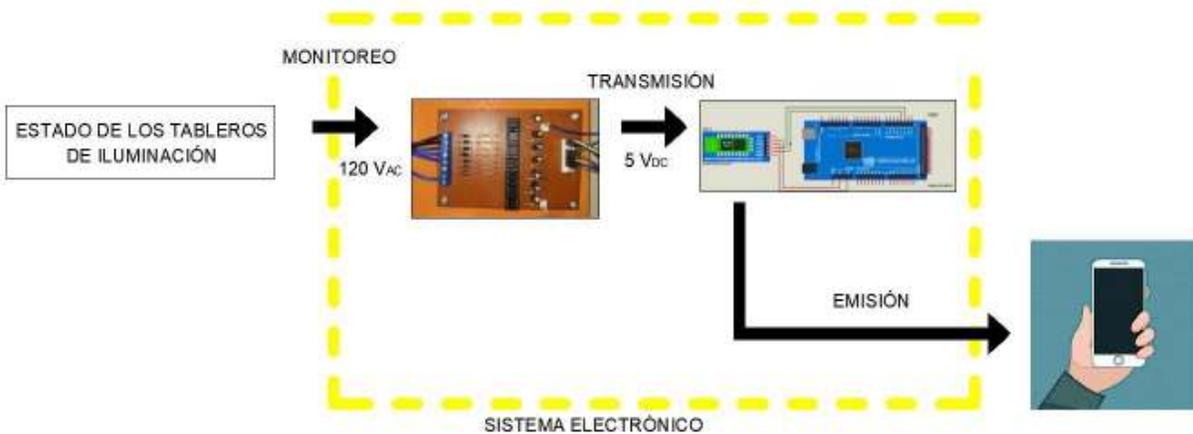
En la descripción anterior se explicó el funcionamiento que presenta el Arduino con el Convertor, siendo este la primera parte del funcionamiento del sistema electrónico. En la segunda parte del funcionamiento, se establece una comunicación entre la plataforma Arduino y el módulo Bluetooth para la activación de los circuitos de iluminación de la ESFOT.

A continuación, en la Figura 3.33 se muestra el sistema electrónico donde se hace uso del Módulo Bluetooth.



**Figura 3.33** Diagrama de flujo del accionamiento de los circuitos de iluminación.

De acuerdo con la Figura 3.33 antes mencionada, el módulo Bluetooth recibe la señal del dispositivo móvil, esta señal es codificada hacia la plataforma Arduino, el cual realiza la acción de encender o apagar los actuadores (relés), los cuales a su vez permiten el encendido o apagado de los circuitos de iluminación, además el sistema electrónico permite monitorear el estado de los circuitos de iluminación mediante la información que entrega el Convertidor.



**Figura 3.34** Diagrama de flujo del monitoreo de los tableros de iluminación.

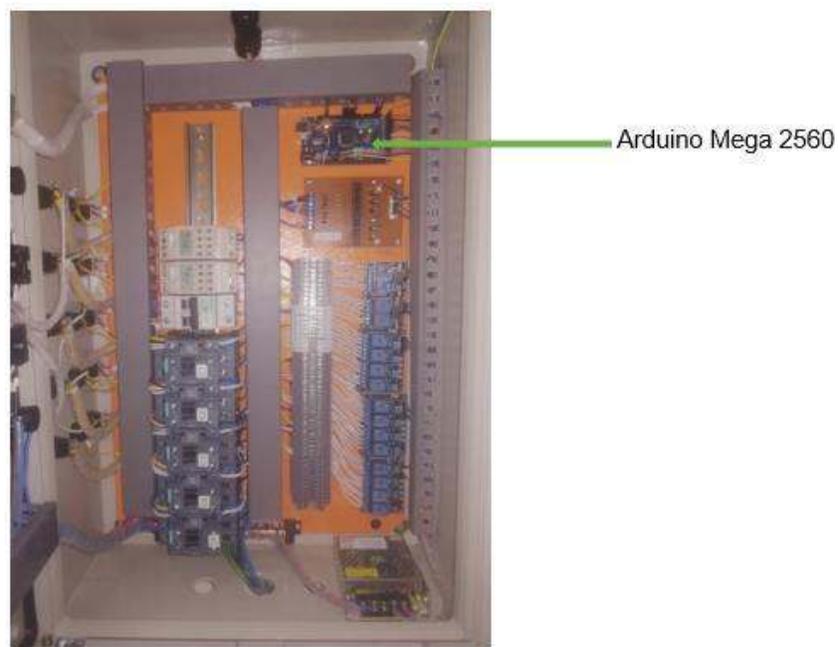
En la Figura 3.34 anteriormente mencionada se observa que el sistema electrónico posee un Convertidor, el cual convierte la señal de ( $V_{AC}$ ) en ( $V_{DC}$ ) y esta última señal ingresa a la plataforma Arduino, donde estas señales serán procesadas correspondiendo a los estados de cada uno de los circuitos de iluminación, por lo tanto el Convertidor monitorea y envía a la plataforma Arduino

las señales provenientes del estado de los circuitos de iluminación, esta información es procesada por la plataforma Arduino y transmitida hacia el Módulo Bluetooth y luego es enviada al dispositivo móvil que se está usando.

### **Instalación de la plataforma Arduino**

La instalación de la plataforma Arduino se hizo en el gabinete de control, las dimensiones que este gabinete posee 40x60x20 (cm) permitieron la ubicación e instalación adecuada del microcontrolador.

En la Figura 3.35 se observa la ubicación donde se instaló el microcontrolador.

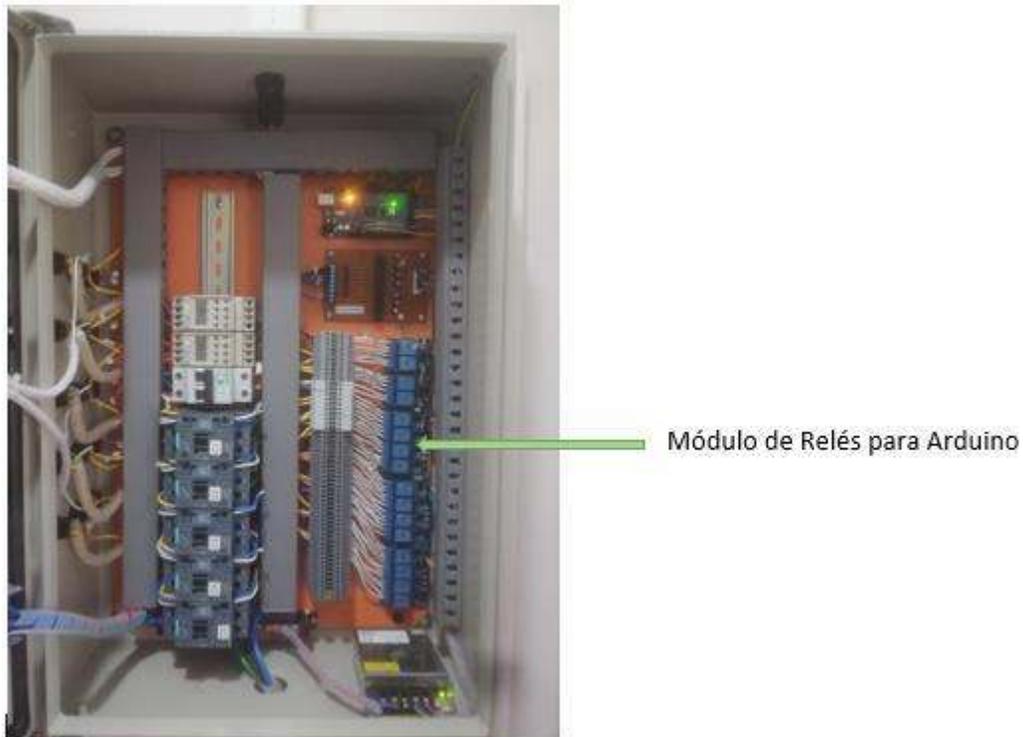


**Figura 3.35** Plataforma Arduino montado en el tablero.

### **Instalación de los actuadores**

De igual manera los actuadores que en este caso vienen a ser los relés módulo de Arduino, se los incorporo en el gabinete de control.

En la Figura 3.36 se observa la ubicación de los relés en el panel de control principal.



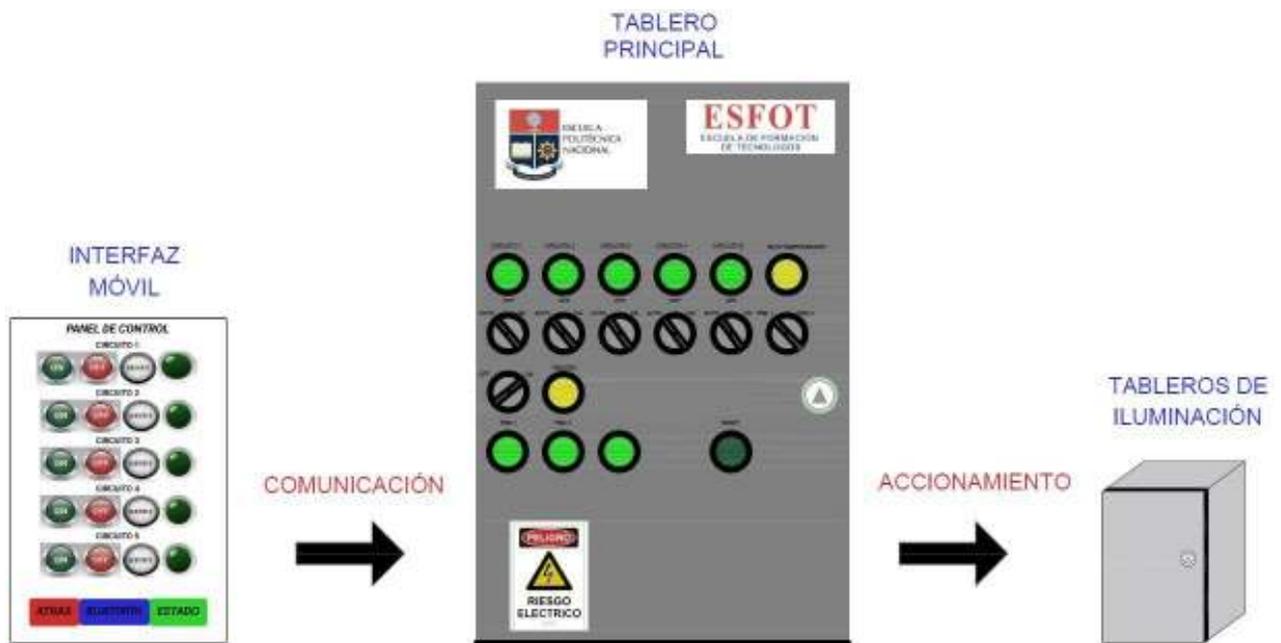
**Figura 3.36** Módulos relés de Arduino en el tablero.

### **Comunicación entre el tablero y la interfaz móvil**

Otra funcionalidad que brinda este proyecto es la de poder controlar y monitorear los circuitos de iluminación desde una interfaz móvil. En la construcción de dicha funcionalidad fue necesario desarrollar la interfaz móvil, además fue necesario programar la plataforma Arduino para que pueda conectarse con la interfaz móvil.

La interfaz móvil es de fácil comprensión y manipulación, esto con el fin de que el técnico pueda controlar los circuitos de iluminación sin ningún tipo de dificultad.

A continuación, en la Figura 3.37 se muestra el esquema de accionamiento de los circuitos de iluminación desde la Interfaz Móvil.



**Figura 3.37** Esquema de accionamiento de los tableros de iluminación.

De acuerdo con la Figura 3.37 mencionada anteriormente la descripción del esquema de funcionamiento es la siguiente:

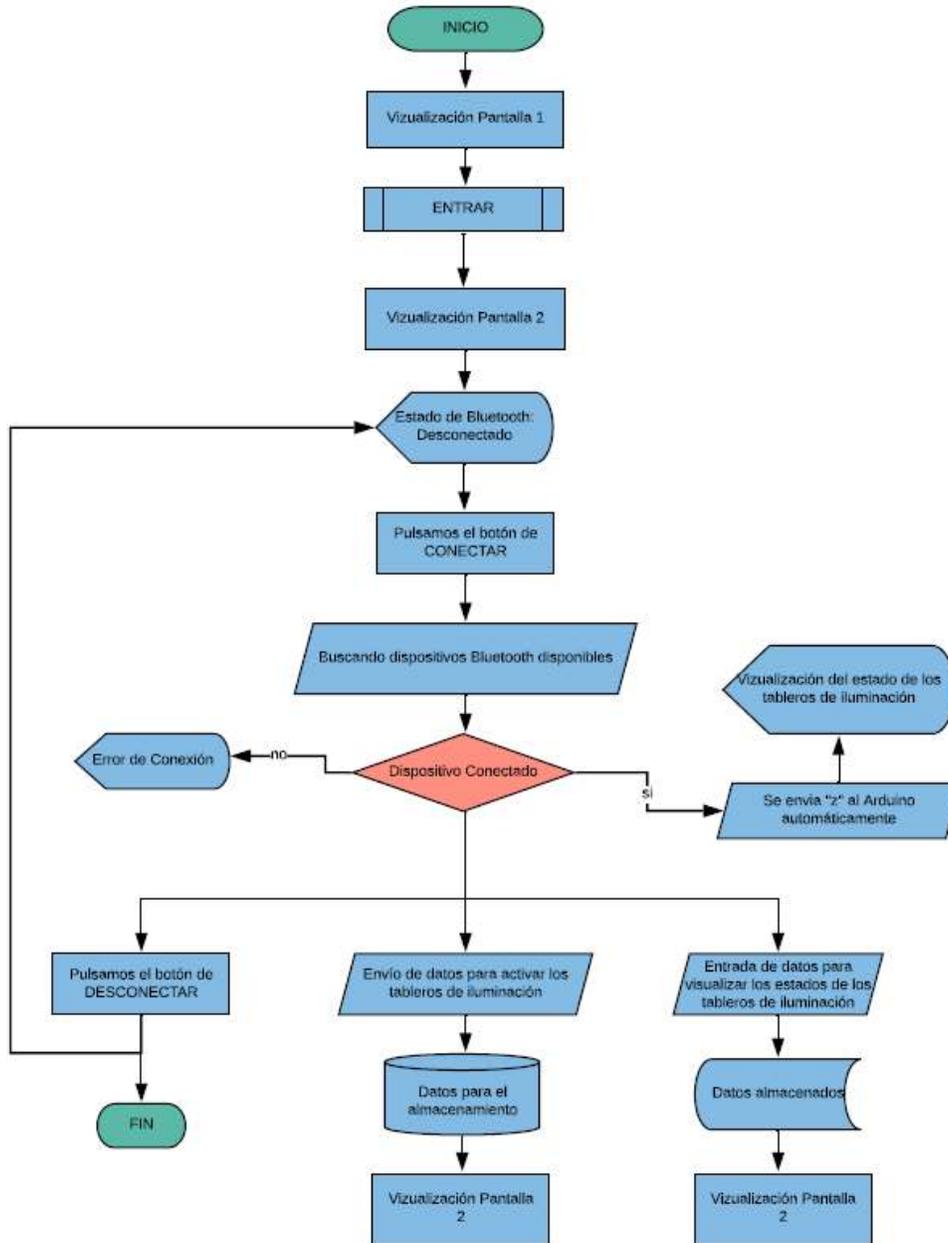
El tablero se conecta directamente con la interfaz móvil a través de comunicación Bluetooth hasta máximo 8 metros, desde la interfaz se puede controlar y monitorear todos los circuitos de iluminación de la ESFOT.

La App inventor es una aplicación de “Google Labs” para crear aplicaciones Android, estas aplicaciones pueden crearse desde cualquier dispositivo celular con sistema operativo Android y es la que permitió realizar la interfaz amigable para el usuario que le permita controlar los actuadores del sistema [6].

### **Algoritmo de control de la Interfaz**

A fin de realizar el algoritmo de control de la interfaz, fue necesario hacer uso del Lenguaje Visual de Bloques (App Inventor), de igual manera se usó el mismo lenguaje de programación, para la comunicación de la interfaz con la plataforma Arduino.

A continuación, en la Figura 3.38 se observa el diagrama de flujo del funcionamiento de la interfaz móvil.



**Figura 3.38** Diagrama de flujo de la programación de la Interfaz.

A continuación, se describe el proceso que sigue el diagrama de flujo anteriormente mencionado.

Al momento de iniciar la aplicación, se despliega una primera ventana, en la cual se debe presionar el botón de “ENTER”, luego se despliega una segunda ventana y es aquí en dicha ventana, donde se puede apreciar los botones de control de los circuitos de iluminación de la ESFOT.

En la segunda ventana se procede a presionar el botón “CONECTAR”, inmediatamente el dispositivo móvil buscará los dispositivos Bluetooth disponibles, luego se conectará automáticamente con el Bluetooth HC-06, por lo cual se podrá visualizar en el dispositivo móvil el texto “Estado: Conectado”, si por algún motivo no se realice la conexión con el Bluetooth se visualizará el texto “Error de Conexión”.

Cuando ya se realice la correcta conexión, la interfaz enviara automáticamente la letra “z” a la plataforma Arduino, esto con el fin de mostrar el estado de los circuitos de iluminación. Para realizar el encendido y apagado de los circuitos de iluminación es necesario enviar datos de salida, las cuales son receptadas por la plataforma Arduino y este se encargará de realizar las acciones pertinentes [1].

A continuación, en la Tabla 3.27 se observa la información de los datos que son enviados a la plataforma Arduino con la respectiva función.

**Tabla 3.27** Funcionamiento de los tableros de iluminación.

Letra (minúscula)	Función		
	ON	OFF	Reset
a	Tablero 1		
d	Tablero 2		
g	Tablero 3		
j	Tablero 4		
m	Tablero 5		
b		Tablero 1	
e		Tablero 2	
h		Tablero 3	
k		Tablero 4	
n		Tablero 5	
c			Tablero 1
f			Tablero 2
i			Tablero 3
l			Tablero 4
o			Tablero 5

En la Tabla 3.27 mencionada anteriormente se muestran los datos que permitieron el encendido, apagado y reseteado de los tableros de iluminación.

En la Figura 3.39 se muestra la interfaz y los mandos de control, donde los pulsadores verdes permiten el encendido, los pulsadores rojos el apagado y los pulsadores grises permiten el reinicio de los circuitos de iluminación.



**Figura 3.39** Interfaz.

A fin de realizar las tareas de monitoreo del estado de todos los circuitos de iluminación, según el diagrama de flujo (ver Figura 3.38) anteriormente mencionada, se crea una lista vacía para guardar las lecturas recibidas por las salidas de la plataforma Arduino mediante el Bluetooth y dependiendo de la lectura la Interfaz muestra la información pertinente del estado de cada uno de los circuitos de iluminación [1].

En resumen, la plataforma Arduino envía una letra para indicar el estado de los circuitos de iluminación y la interfaz dependiendo de su programación transforma esa letra en una imagen o señal de indicación correspondiente.

A continuación, en la Tabla 3.28 se muestran las letras que indican el estado de los circuitos de iluminación.

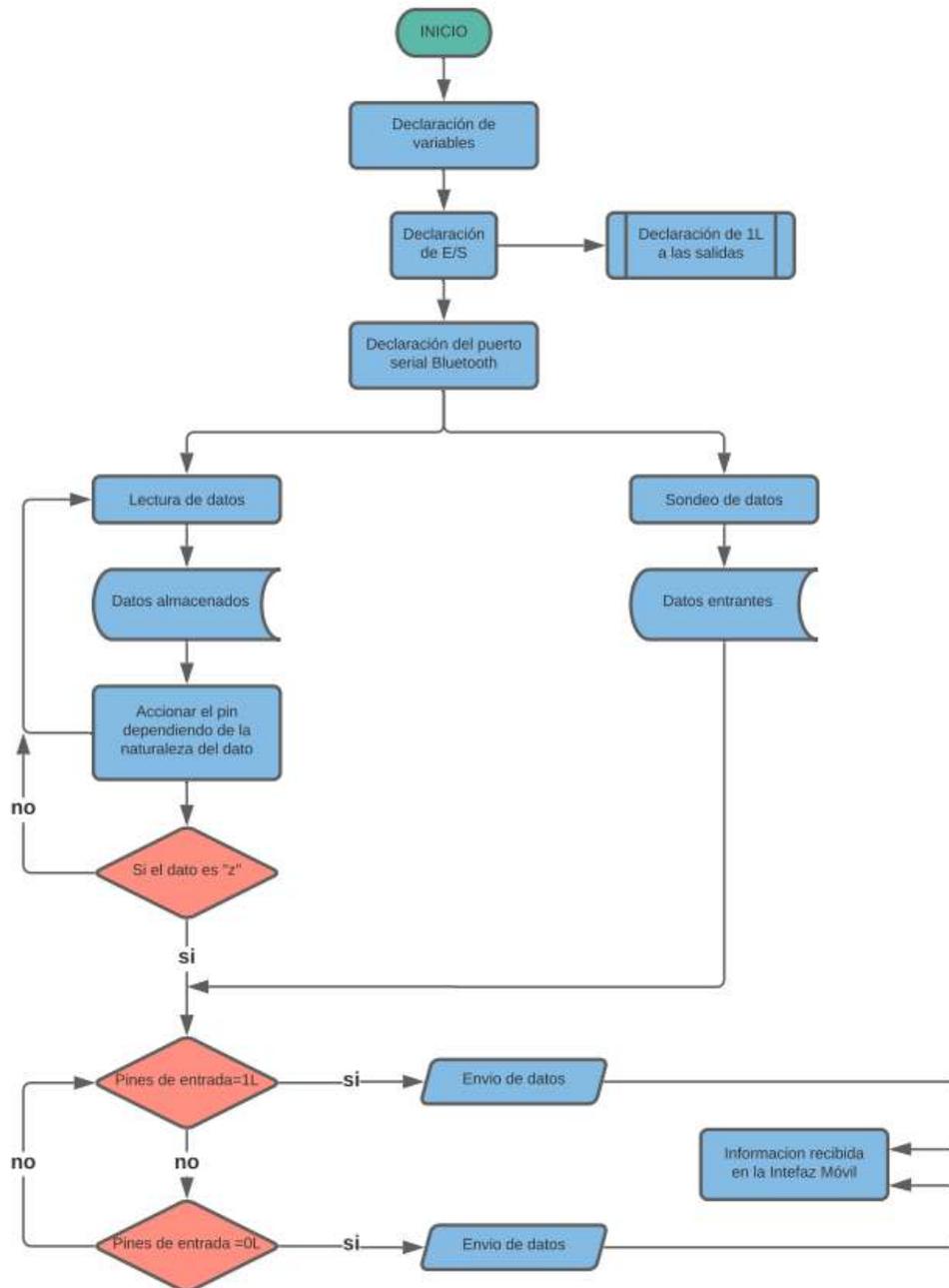
**Tabla 3.28** Estado de los circuitos de iluminación.

Letra (Mayúscula)	Función	
	N° de Tablero	Estado de los circuitos de iluminación
A	1	ON
D	2	ON
G	3	ON
J	4	ON
M	5	ON
B	1	OFF
E	2	OFF
H	3	OFF
K	4	OFF
N	5	OFF

### **Programación del Arduino**

En la ejecución del proyecto fue necesario la programación de la plataforma Arduino, para lo cual se hizo uso del lenguaje de programación C++, este lenguaje de programación se basa en la creación de líneas de código, dichas líneas de código permitirán la ejecución de órdenes, que en este proyecto fueron la activación de los circuitos de iluminación.

A continuación, en la Figura 3.40 se observa el diagrama de flujo de la programación de la plataforma Arduino.



**Figura 3.40** Diagrama de flujo de la programación del Arduino.

### 3.5. Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Una vez finalizada la construcción del tablero de control principal, se procedió a realizar diferentes pruebas, esto con el fin de contemplar el correcto funcionamiento de dicho tablero, así como también de verificar las funcionalidades para la cual fue destinado.

### Prueba de alcance de la señal de bluetooth

Esta prueba permitió determinar desde que puntos del LTI se puede controlar y monitorear el tablero de control principal desde la interfaz de la aplicación móvil. Esta prueba específicamente tiene como finalidad determinar la distancia del funcionamiento correcto de la interfaz, a través de la señal de Bluetooth en metros (m).

**Tabla 3.29** Prueba de alcance de la señal de Bluetooth.

Lugar de prueba	Áreas cubiertas	Distancia metros (m)	Funciona	No funciona
Aula 33	Pasillo del LTI	7 (m)	✓	
	L.T.I puerta de entrada	5 (m)	✓	
	Interiores del LTI	4 (m)	✓	

De acuerdo con la Tabla 3.29, se puede apreciar que la señal de Bluetooth es muy funcional dentro de esas áreas, por lo tanto, el técnico a cargo podrá controlar y monitorear sin ningún problema el tablero de control principal, esto sin la necesidad de ingresar a la bodega.

### Prueba de continuidad en los circuitos de control y fuerza

En la realización de esta prueba fue de vital importancia contar con el diagrama de conexión eléctrica el cual se observa en el (Anexo 4).

Con la ayuda del multímetro se procedió a realizar mediciones de continuidad, siguiendo el cableado de principio a fin, esta prueba permitió determinar el correcto cableado del circuito de control y de fuerza.

En la Tabla 3.30 se muestra que el cableado se encuentra correctamente realizado.

**Tabla 3.30** Pruebas de encendido y apagado en los circuitos de control y fuerza.

	N° de Contactor	Encendido	Apagado
<b>Circuitos de Control</b>	Contactador C1	✓	✓
	Contactador C2	✓	✓
	Contactador C3	✓	✓
	Contactador C4	✓	✓
	Contactador C5	✓	✓
	N° de Tablero	Encendido	Apagado
<b>Circuito de fuerza</b>	Tablero 1	✓	✓
	Tablero 2	✓	✓
	Tablero 3	✓	✓
	Tablero 4	✓	✓
	Tablero 5	✓	✓

### Prueba de funcionamiento de la alimentación energética

El tablero principal tiene una alimentación monofásica (Línea – Neutro), dicha línea de voltaje viene a ser la fase S, la cual proviene de la acometida del TAI.

La fase S y el Neutro se conectó a las barras de distribución, ya que es desde estas barras que se alimentó a todo el tablero de control, por lo que para esta prueba se midieron voltajes en dichas barras a fin de determinar que el voltaje de alimentación sea el adecuado.

En la Tabla 3.31 se observa las medidas prácticas con las ideales.

**Tabla 3.31** Valor de Tensión

	Tensiones entre (L-N) ( $V_{AC}$ )
Barra de Distribución (Práctico)	125,5 ( $V_{AC}$ )
Barra de Distribución (Ideal)	127 ( $V_{AC}$ )
Marge de Error %	+/- 1,18

Los valores medidos (prácticos) son comparados con los de referencias (ideales). Las mediciones de tensión se encuentran en un rango de error válido, ya que la NEC (código nacional eléctrico) sugiere que los alimentadores eviten una caída de voltaje mayor al 3% y para la caída de voltaje total máxima para una combinación de circuito ramal y alimentador no debe exceder el 5%, por tanto, la acometida eléctrica del sistema es válida [1].

### Prueba de energización y desenergización del tablero principal

El tablero principal se lo puede energizar y desenergizar mediante la manipulación de un selector de dos posiciones.

En la Tabla 3.32 se muestran las mediciones realizadas en las dos posiciones del selector.

**Tabla 3.32** Prueba energización y desenergización del tablero principal.

Elemento	Posiciones	Energización	Desenergización
Selector	Posición 1		✓
	Posición 2	✓	
Voltaje ( $V_{AC}$ )	Posición 1		0 ( $V_{AC}$ )
	Posición 2	127 ( $V_{AC}$ )	

Se comprueba que el sistema de energizado y desenergizado del tablero principal funciona correctamente, a fin de comprobar esto, se realizó la medición de voltaje en las dos posiciones del selector.

### Prueba de funcionamiento de las luces piloto

A fin de realizar esta prueba fue necesario energizar el tablero principal y realizar todas las acciones de control de todos los circuitos de iluminación de la ESFOT, estas acciones de control se realizaron tanto de manera manual, como también desde la interfaz creada en el dispositivo móvil. Estas acciones de control permitieron observar el correcto funcionamiento de las luces piloto.

**Tabla 3.33** Prueba de funcionamiento de las luces piloto.

<b>Luces Piloto Verdes (Accionamiento Tableros de Iluminación, Selección de Temporizador)</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Funciona</b>	<b>No Funciona</b>
Tableros de iluminación	✓	
Temporizador 1	✓	
Temporizador 2	✓	
<b>Luces Piloto Naranja (Energización del Tablero Principal, Activación del Temporizador)</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Funciona</b>	<b>No Funciona</b>
Tablero Principal	✓	
Activación del Temporizador	✓	

De acuerdo con la Tabla 3.33 se verifico el correcto funcionamiento de las luces piloto, además se verifico que brinden información rápida y sencilla de las acciones de control que se está realizando en el tablero principal.

### **Prueba del elemento de protección**

Para la verificación de una rápida actuación del elemento de protección (Breaker) en caso de una corriente de cortocircuito, se procedió a realizar un cortocircuito de manera intencionada, en la cual se procedió a hacer contacto por un instante la fase con el neutro, específicamente en las barras de potencia.

**Tabla 3.34** Prueba de protección del sistema.

<b>Breaker</b>	<b>Protege</b>	<b>No Protege</b>
Q1	✓	

Como se observa en la Tabla 3.34 se pudo verificar la rápida actuación del breaker ante la corriente de cortocircuito desarrollada de manera intencionada. Con esta prueba se demostró que todo el sistema cuenta con una protección rápida y segura.

### **Pruebas con los interruptores de emergencia**

Para la verificación del funcionamiento para la cual fueron destinados los interruptores de emergencia, se simuló el estado de los relés Módulo de Arduino en un posición inversa, es decir los relés normalmente abiertos se los simuló como cerrados y los normalmente cerrados como abiertos siendo esta posición inversa de los relés el peor caso, el cual puede originarse por el

exceso de corriente que provocaría que los accionamientos se fundan, como consecuencia el tablero principal presenta inconvenientes en su correcto funcionamiento [1].

A fin de tener una mejor comprensión es recomendable hacer uso del diagrama de conexión eléctrica (Anexo 4).

En la Tabla 3.35 se observa la posición de los interruptores de emergencia cuando entran en funcionamiento para el encendido de los tableros de iluminación.

**Tabla 3.35** Prueba de los interruptores de emergencia para el encendido de los tableros de iluminación.

N° Tablero	N° Relés	Relés (Posición Inversa)	Interruptores de Emergencia	Funciona	No Funciona
Tablero 1	1	NC	NC	✓	
	2	NA	NC	✓	
	3	NA	NC	✓	
Tablero 2	4	NC	NC	✓	
	5	NA	NC	✓	
	6	NA	NC	✓	
Tablero 3	7	NC	NC	✓	
	8	NA	NC	✓	
	9	NA	NC	✓	
Tablero 4	10	NC	NC	✓	
	11	NA	NC	✓	
	12	NA	NC	✓	
Tablero 5	13	NC	NC	✓	
	14	NA	NC	✓	
	15	NA	NC	✓	

De igual manera en la Tabla 3.36 se observa la posición de los interruptores de emergencia cuando entran en funcionamiento para el apagado de los tableros de iluminación.

**Tabla 3.36** Prueba de los interruptores de emergencia para el apagado de los tableros de iluminación.

N° Tablero	N° Relés	Relés (Posición Inversa)	Interruptores de Emergencia	Funciona	No Funciona
Tablero 1	1	NC	NA	✓	
	2	NA	NA	✓	
	3	NA	NA	✓	
Tablero 2	4	NC	NA	✓	
	5	NA	NA	✓	
	6	NA	NA	✓	
Tablero 3	7	NC	NA	✓	
	8	NA	NA	✓	
	9	NA	NA	✓	
Tablero 4	10	NC	NA	✓	
	11	NA	NA	✓	
	12	NA	NA	✓	
Tablero 5	13	NC	NA	✓	
	14	NA	NA	✓	
	15	NA	NA	✓	

Como se observa en las Tabla 3.35 y Tabla 3.36 anteriormente mencionados, los interruptores de emergencia funcionan de manera correcta, así de esta manera se tiene un respaldo cuando algún relé presente alguna falla que pueda afectar en el correcto funcionamiento del tablero principal.

### **Manual de uso y mantenimiento**

En el Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10 se observa el manual de uso y mantenimiento del tablero de centralización, así como también los pasos a seguir para la programación del relé temporizador.

### **Costos de la ejecución de proyecto**

En el Anexo 11 se observan los costos de la ejecución del proyecto.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- En la actualidad el sistema de iluminación no presenta inconvenientes, a diferencia de antes de la implementación del proyecto, donde ciertas áreas externas de la ESFOT se quedaban sin iluminación de manera constante por desconfiguraciones de los relés temporizadores, de igual manera se tiene un ahorro energético a diferencia de antes, ya que cada tablero de iluminación cuenta con menos elementos que consumen energía, también a diferencia de antes, se hace muy fácil verificar el estado de funcionamiento de las lámparas de iluminación.
- Se implemento dos algoritmos de control uno para el Arduino y otro para el desarrollo de la aplicación móvil, el cual controla el tablero principal, estos dos lenguajes de programación están conectados entre sí.
- El algoritmo implementado en la aplicación móvil fue desarrollado en la plataforma App Inventor, la cual es gratuita y facilita la implementación de proyectos de gran escala.
- Con las pruebas realizadas se logró verificar que el circuito de control y fuerza diseñado e implementado funciona correctamente, permitiendo el control de las luminarias de modo manual, automático, y desde una interfaz móvil que se había propuesto desde un inicio.
- De las pruebas que se realizó con los interruptores de emergencia, se establece que estos cumplen con la función esperada cuando los relés presentan inconvenientes en sus accionamientos, lo cual permite que el tablero funcione correctamente hasta que se revise el problema suscitado con alguno de los relés.
- El automatizar el encendido y apagado de los circuitos de iluminación a determinadas horas del día permitió generar un ahorro energético por un lado y por otra alargar la vida útil de las lámparas.
- El costo del proyecto puede ser competitivo dentro del mercado y obviamente al tener ahorro de energía, este ahorro de energía puede compensar el costo del proyecto, por lo cual este tipo de proyecto debería ser implementado en todos los ámbitos de iluminación.

## 4.2. Recomendaciones

- El tablero de centralización de las luminarias externas de la ESFOT presenta un óptimo funcionamiento, pero siempre es necesario realizar periódicamente mantenimientos de tipo preventivo y si se presentan algún inconveniente en el funcionamiento de tipo correctivo, por lo que se recomienda hacer uso de los manuales que se describen en este proyecto.
- No realizar constantes apagados y encendidos de los tableros de iluminación, ya que estas acciones reducen la vida útil de los contactores y las lámparas de iluminación, lo cual trae como consecuencia reemplazos de dichos componentes a futuro.
- No llenar la bodega de materiales ya que impide realizar el mantenimiento adecuado del tablero, así como también de diferentes pruebas de control.
- Antes de realizar cualquier acción de control en el tablero, es muy importante leer antes el manual de uso.
- Es muy importante desenergizar el tablero principal cuando se realice tareas de mantenimiento, esto con el fin de evitar accidentes de tipo eléctrico, así mismo el personal destinado a manipular el tablero debe estar capacitado.
- Los pasantes del Laboratorio de Tecnología Industrial deben realizar mantenimientos periódicos del tablero, esto con el fin, de que el tablero no presente inconvenientes en su correcto funcionamiento.
- Debido a que solo se puede conectar un dispositivo, como trabajo a futuro, se propone que el control de los circuitos de iluminación se realice mediante una conexión de internet.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. A. Q. Ramos, «Construcción de un sistema de control remoto para el tablero del área de control del laboratorio de Tecnología Industrial,» Quito, 2020.
- [2] G. H. Harper, Manual de instalaciones electromecánicas, Mexico: D. F.: Limusa, 2004.
- [3] NEC, Norma Ecuatoriana de la Construcción, Ecuador: MIDUVI, 2018.
- [4] Gabexel, Grados de Protección, Argentina: Gabexel S.A, 2016.
- [5] G. A. S. MORI, Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores, Lima, 2018.
- [6] G. V. E. ANÍBAL, Diseño e implementación de un prototipo (domsystem) de seguridad y control para mantener el resguardo de bienes y el confort mediante una red de sensores utilizando comunicación wireless bluetooth, Quito, 2015.
- [7] G. Enríquez Harper, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, México: Limusa Norega, 2000.
- [8] Z. R. Vargas Cordero, «La investigación aplicada,» *Educación*, pp. 155-165, 2014.
- [9] J. C. Herrera, «Control de iluminación: El por qué y para qué,» *Electroindustria*, 2007.
- [10] I. J. B. C. Andrés Fernando Arregui Falconí, Contrucción de acometida y tablero de control de suministro de energía para el laboratorio de análisis instrumental, Quito, 2017.
- [11] Naylamp Mechatronics, «Módulo Bluetooth HC-05,» 24 octubre 2019. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/24-modulo-bluetooth-hc06.html>.
- [12] Arduino.cl, «¿Qué es Arduino?,» 18 octubre 2019. [En línea]. Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>.

- [13] Schneider Electric, «Interruptores Horarios,» 20 octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/product-range-presentation/5841-interruptores-horarios/>.
- [14] S. M. P. U. Cristian Antonio Caticuago Farinango, «Construcción de un módulo didáctico para aplicaciones de control industrial con un relé programable,» Quito, 2019.
- [15] O. S. Carretero, Casa Domótica con Arduino, Madrid, 2016.
- [16] M. D´Addario, Instalaciones eléctricas y automatismos, USA: Lulu Com, 2013.

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Certificado de Funcionamiento**



# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 06 de enero de 2021

## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del Tablero de centralización del sistema de iluminación externo de la ESFOT.



---

**DIRECTOR**

Ing. Pablo Andrés Proaño C., Msc.

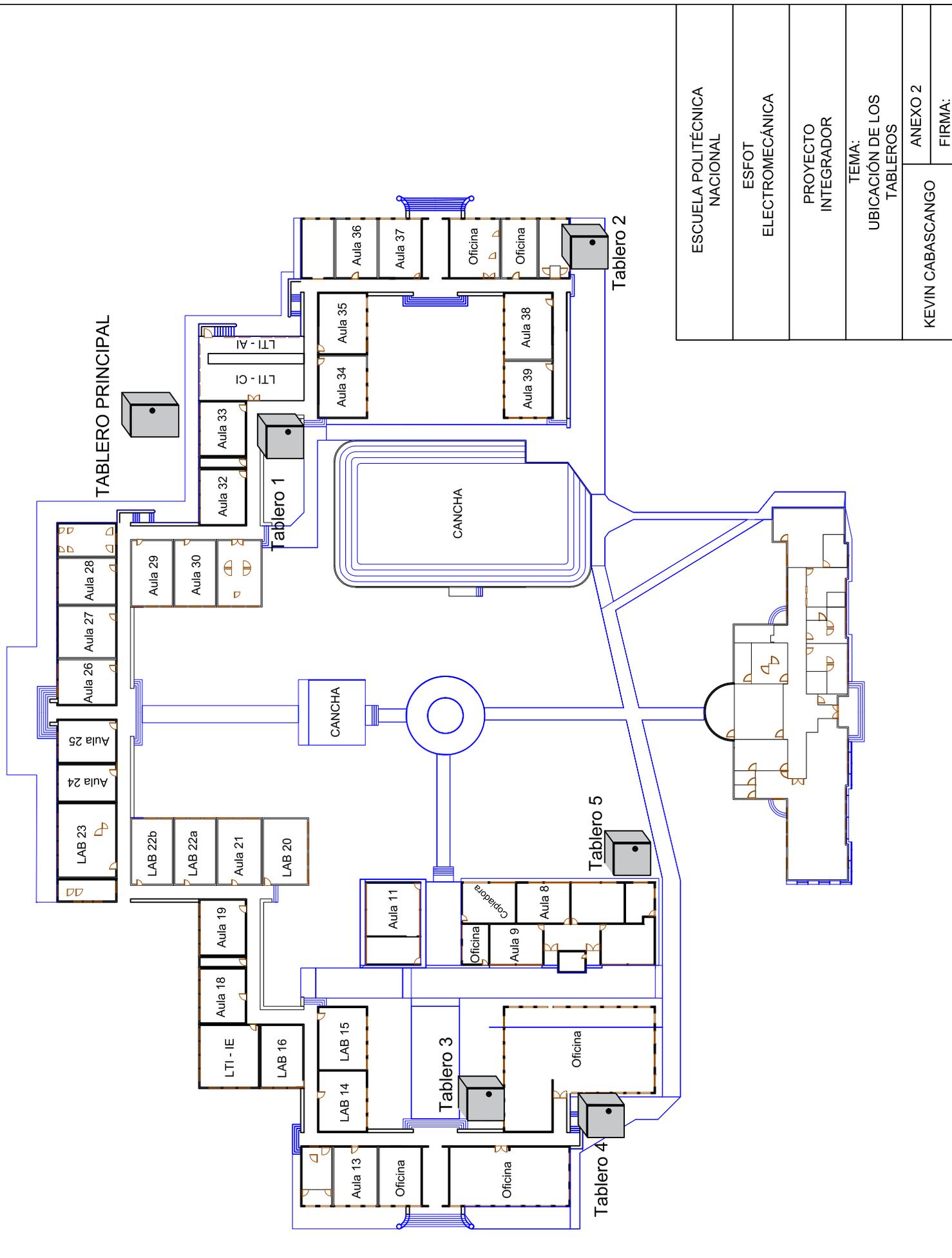
---

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2729

email: pablo.proano@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

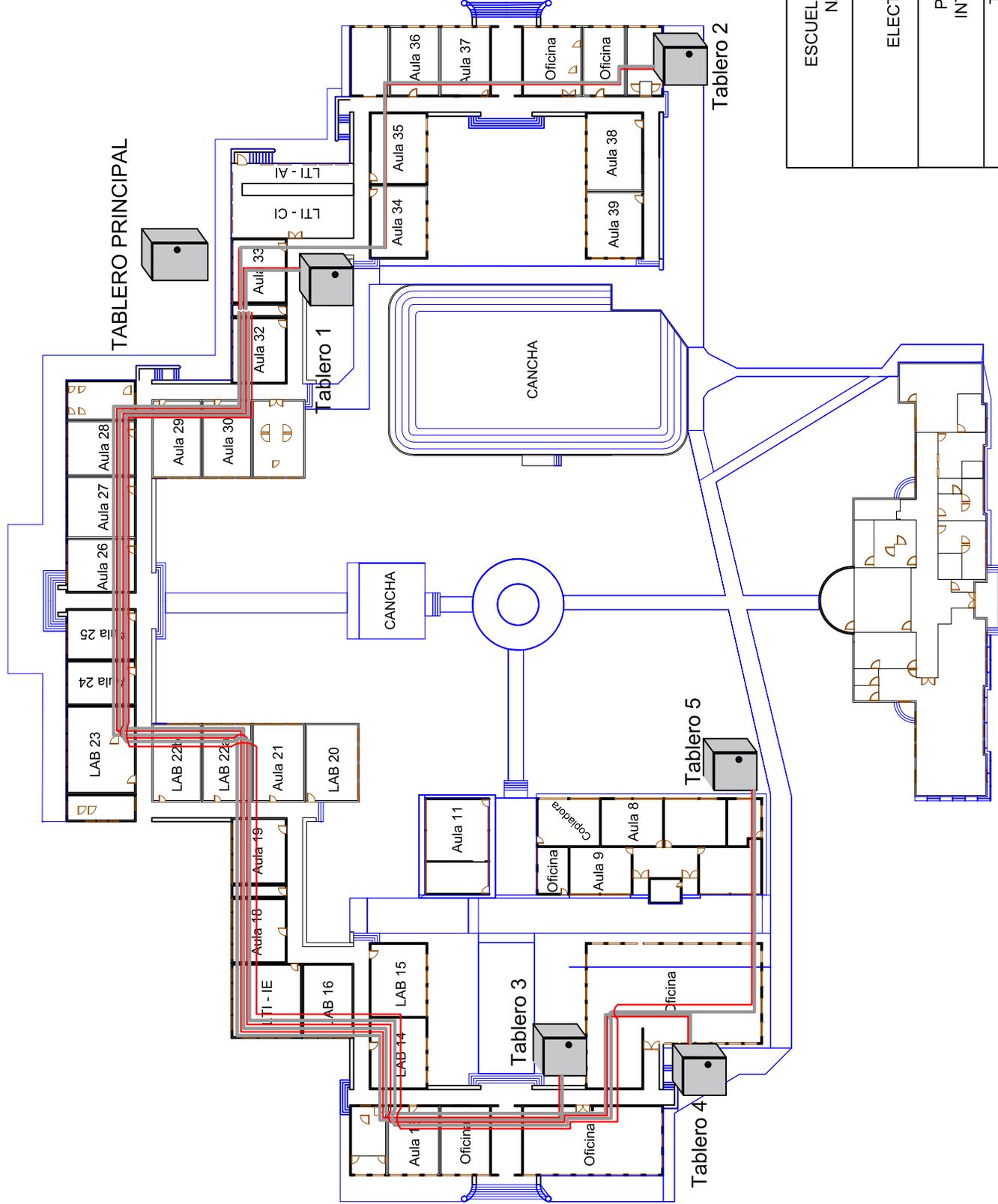
## **Anexo 2: Ubicación de los tableros**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
ESFOT ELECTROMECÁNICA	
PROYECTO INTEGRADOR	
TEMA: UBICACIÓN DE LOS TABLEROS	
ANEXO 2	FIRMA:
KEVIN CABASCANGO	

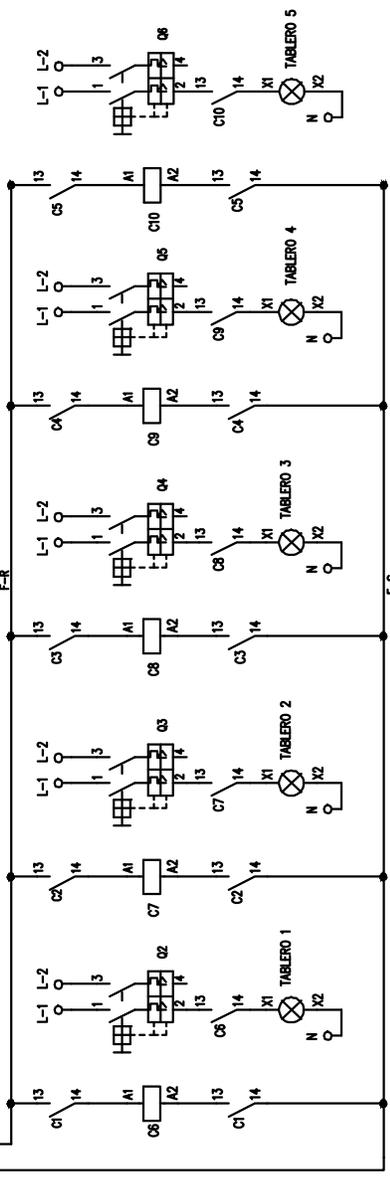
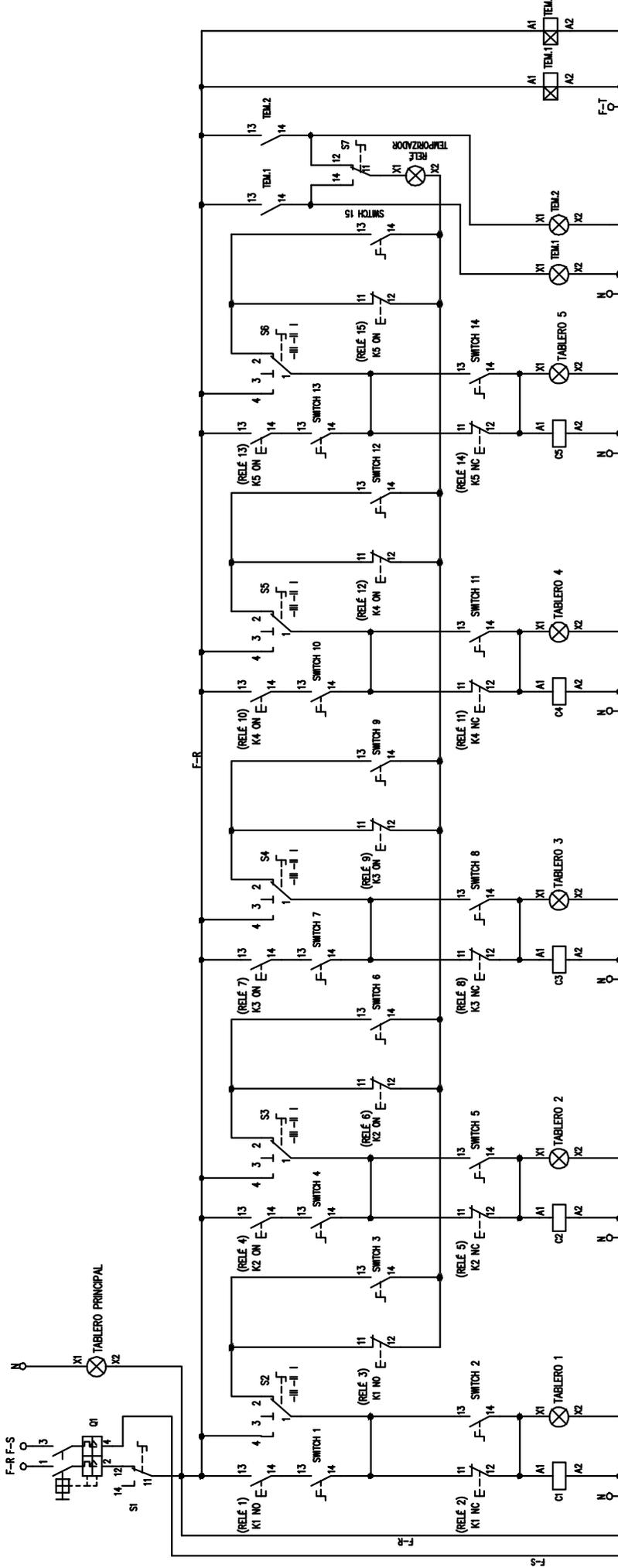
### **Anexo 3: Cableado de los tableros de iluminación**

SÍMBOLO	DETALLE
—	CABLE SÓLIDO QUE CONDUCE LA FASE S
—	CABLE SÓLIDO QUE CONDUCE LA FASE T



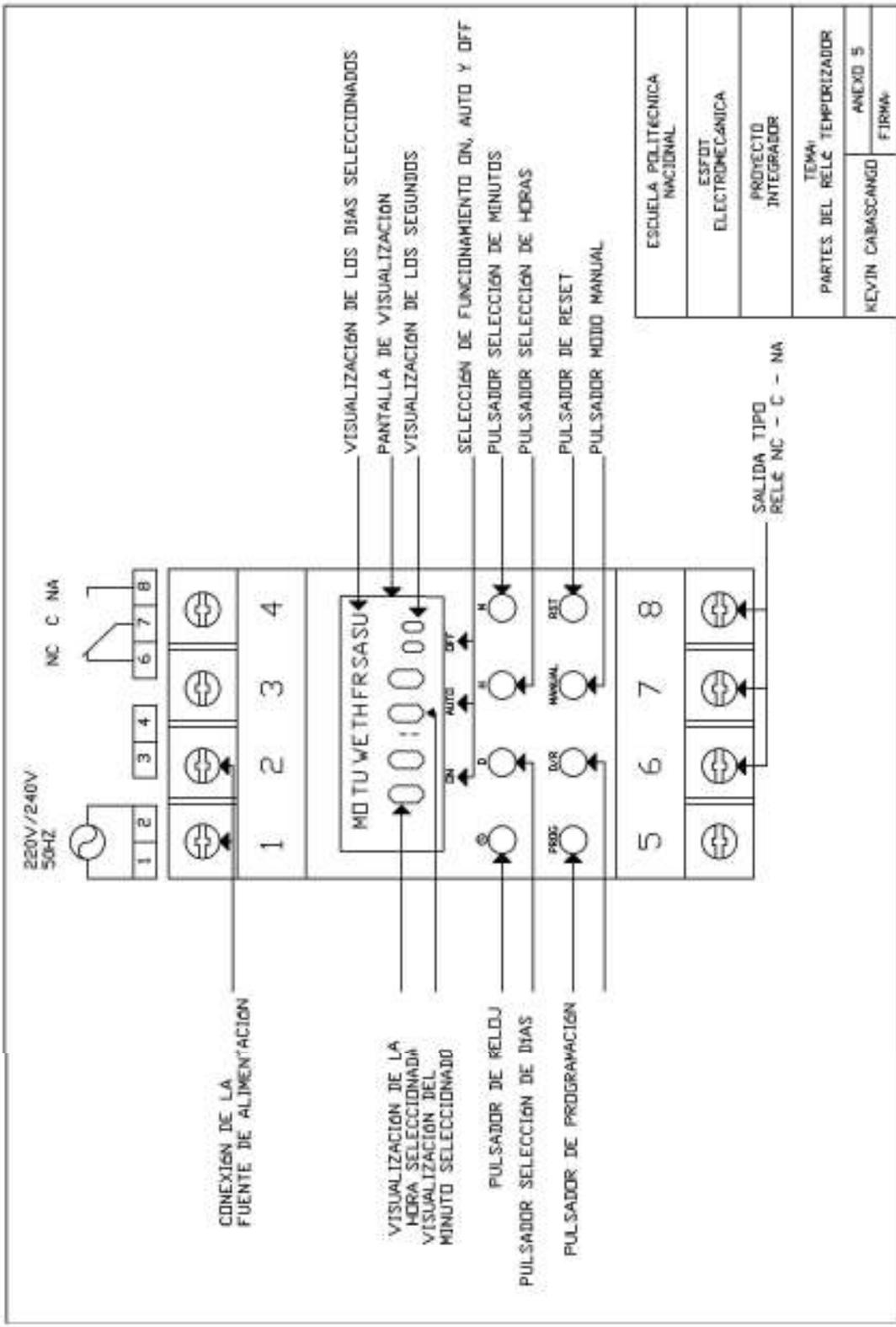
ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESFOT ELECTROMECÁNICA
PROYECTO INTEGRADOR
TEMA: CABLEADO DE LOS TABLEROS DE ILUMINACIÓN
ANEXO 3
FIRMA: KEVIN CABASCANGO

## **Anexo 4: Diagrama de conexiones eléctricas**



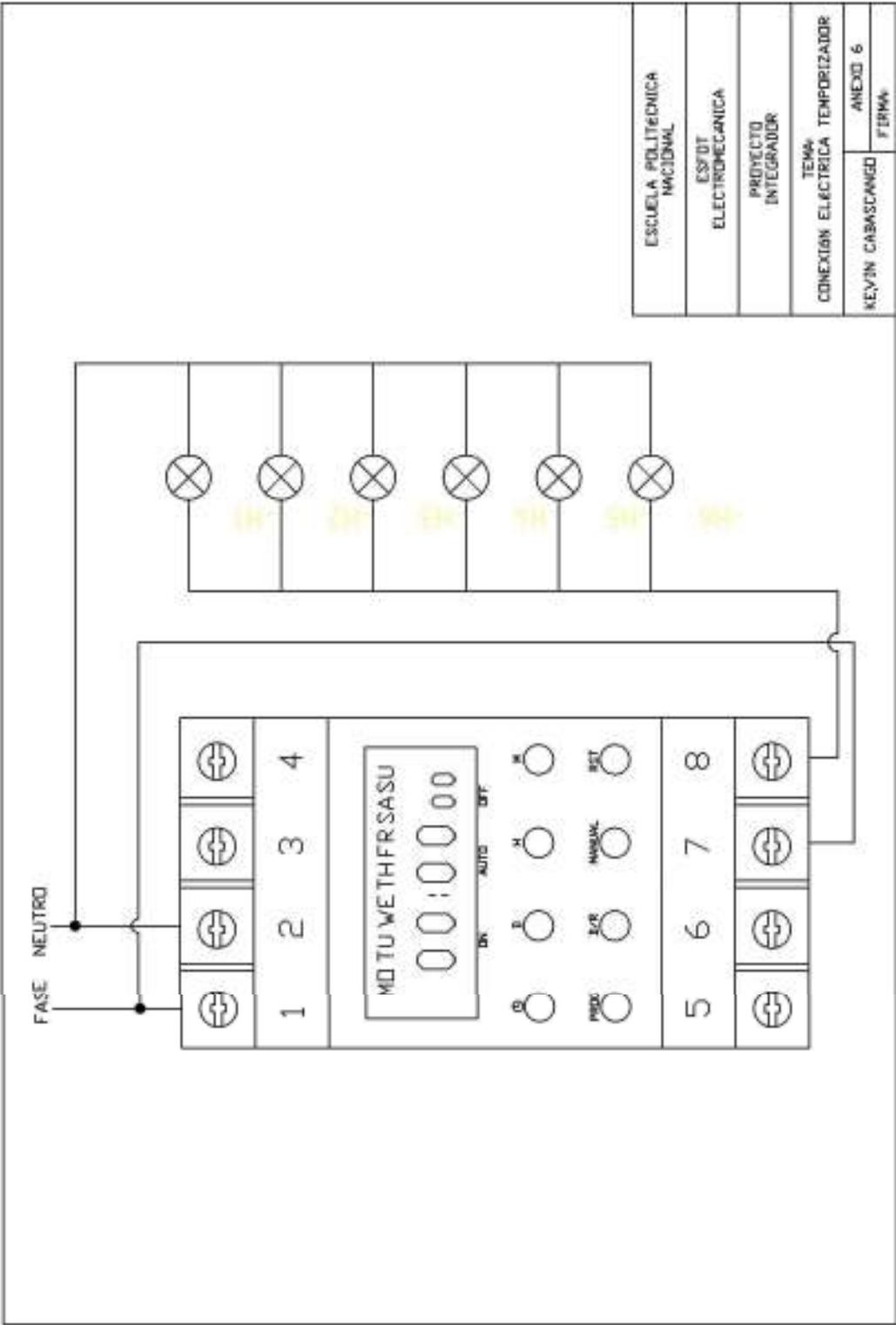
ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESFOT ELECTROMECÁNICA
PROYECTO INTEGRADOR
TEMA: DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS
KEVIN CABASCANGO
ANEXO 4
FIRMA:

## **Anexo 5: Partes del relé temporizador**



ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
ESPOT ELECTROMECÁNICA	
PROYECTO INTEGRADOR	
TEMA: PARTES DEL RELE TEMPORIZADOR	
KEVIN CABASCANGO	ANEXO 5
FIRMA:	

**Anexo 6: Diagrama de conexión eléctrico del relé temporizador**



ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL	
ESFOT ELECTROMECÁNICA	
PROYECTO INTEGRADOR	
TEMA: CONEXIÓN ELÉCTRICA TEMPORIZADOR	
KEVIN CABASCANGO	ANEXO 6
	FIRMA:

## **Anexo 7: Programación del relé temporizador**

## Programación del Relé Temporizador

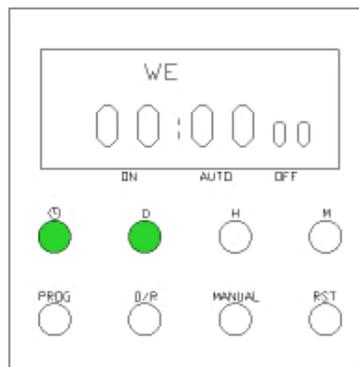
A continuación, se describe el proceso para la programación del relé temporizador

- **Establecer fecha y hora en el relé temporizador**

### Actualización del día en el relé temporizador

A continuación, se describe los pasos para actualizar el día en el relé temporizador (ver Figura 1).

1. Presione el pulsador indicador de reloj.
2. Sin dejar de presionar el pulsador indicador de reloj, presione varias veces el pulsador indicador de día, lo cual permitirá la selección del día deseado por el usuario.
3. Se observa que se seleccionó el miércoles.



**Figura 1** Actualización del día.

### Actualización de la hora en el relé temporizador

A continuación, se describe los pasos para actualizar la hora en el relé temporizador (ver Figura 2).

1. Presione el pulsador indicador de reloj.
2. Sin dejar de presionar el pulsador indicador de reloj, presione varias veces el pulsador indicador de hora, lo cual permitirá la selección de la hora que desee el usuario.
3. Se observa que se seleccionó las 18 horas.



**Figura 2** Actualización de la hora.

## Actualización de los minutos en el relé temporizador

A continuación, se describe los pasos para actualizar los minutos en el relé temporizador (ver Figura 3).

1. Presione el pulsador indicador de reloj.
2. Sin dejar de presionar el pulsador indicador de reloj, presione varias veces el pulsador indicador de minutos, lo cual permitirá la selección del minuto que desee el usuario.
3. Se observa que se seleccionó las 18 horas y 35 minutos.



Figura 3 Actualización de los minutos.

## Programar la activación del relé temporizador

### Aspectos generales

Al presionar por primera vez el pulsador de programación, aparece una pantalla donde se observan las programaciones de encendido anteriores, si se desea ingresar la primera programación de encendido en el relé temporizador, es necesario presionar el pulsador de reset (ver Figura 4).

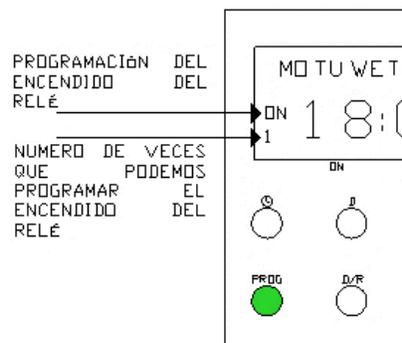


Figura 4 Funcionalidades del Relé Temporizador.

- Selección del día de activación del relé

A continuación, se describe los pasos para programar el día de activación del relé temporizador (ver Figura 5).

1. Presione el pulsador de Programación una sola vez.

2. Luego presione el pulsador indicador de día varias veces, lo cual permitirá la selección del día que desee para la activación del relé.
3. Se observa que se seleccionó la activación del relé para todos los días.



**Figura 5** Programación del día de activación del Relé.

○ **Selección de la hora de activación del relé**

A continuación, se describe los pasos para programar la hora de activación del relé temporizador (ver Figura 6).

1. Para la selección de la hora, no presione nuevamente el pulsador de Programación.
2. Presione el pulsador indicador de hora veces, lo cual permitirá la selección de la hora que desee para la activación del relé.
3. Se observa que se seleccionó la activación del relé para las 18 horas de la tarde.



**Figura 6** Programación de la hora de activación del Relé.

○ **Minutos de activación del relé**

A continuación, se describe los pasos para programar los minutos de activación en el relé temporizador (ver Figura 7).

1. Para la selección de los minutos, no presione nuevamente el pulsador de Programación.
2. Presione el pulsador indicador de minutos varias veces, lo cual permitirá la selección del minuto que desee para la activación del relé.

- Se observa que se seleccionó la activación del relé para las 18 horas con 30 minutos de la tarde.

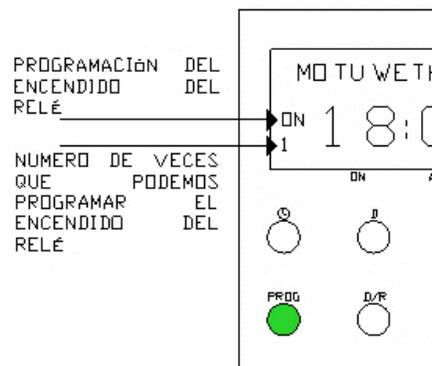


**Figura 7** Programación de los minutos.

## Programar el apagado del relé temporizador

### Aspectos generales

Al presionar por segunda vez el pulsador de Programación, aparece una pantalla donde se observan las programaciones de apagado anteriores, si se desea ingresar la primera programación de apagado del relé temporizador, es necesario presionar el pulsador de reset (ver Figura 8).



**Figura 8** Funcionalidades del relé temporizador.

### ○ Día de desactivación del relé

A continuación, se describe los pasos para programar el día de la desactivación del relé temporizador (ver Figura 9).

- Presione el pulsador de Programación por segunda vez.
- Luego presione el pulsador indicador de día varias veces, lo cual permitirá la selección del día que desee para la desactivación del relé.
- Se observa que se seleccionó la desactivación del relé para todos los días.



**Figura 9** Programación del día de desactivación del Relé.

○ **Hora de desactivación del relé**

A continuación, se describe los pasos para programar la hora de desactivación del del relé temporizador (ver Figura 10).

1. Para la selección de la hora, no presione nuevamente el pulsador de Programación.
2. Presione el pulsador indicador de día varias veces, lo cual permitirá la selección de la hora que desee para la desactivación del relé.
3. Se observa que se seleccionó la desactivación del relé para las 22 horas de la noche.



**Figura 10** Programación de la hora de desactivación del Relé.

○ **Minutos de desactivación del relé**

A continuación, se describe los pasos para programar la hora de desactivación del del relé temporizador (ver Figura 11).

1. Para la selección de los minutos, no presione nuevamente el pulsador de Programación.
2. Presione el pulsador indicador de minutos varias veces, lo cual permitirá la selección del minuto que desee para la desactivación del relé.
3. Se observa que se seleccionó la desactivación del relé para las 22 horas con 0 minutos de la noche.

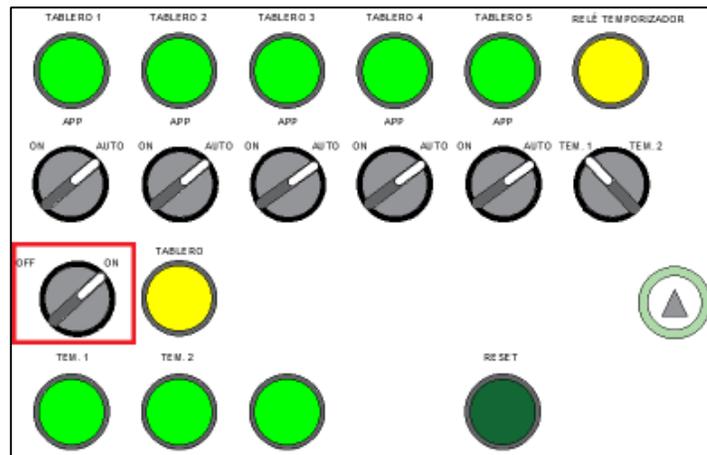


**Figura 11** Programación de los minutos de desactivación del Relé.

## **Anexo 8: Manual del uso del Tablero Principal**

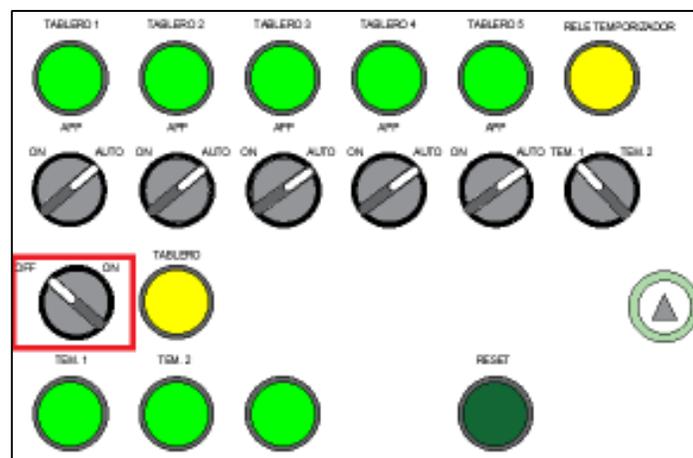
## Encendido y apagado del tablero principal

Para energizar el tablero, gire el selector en la posición ON (ver Figura 12).



**Figura 12** Encendido del tablero principal.

Para desenergizarlo, gire el selector en la posición OFF (ver Figura 13).



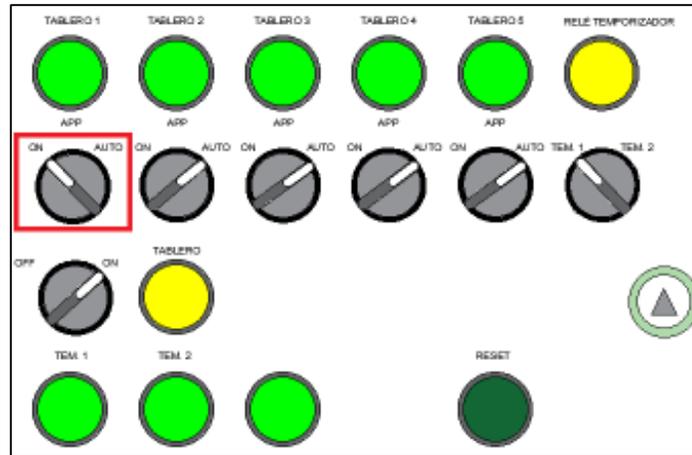
**Figura 13** Apagado del tablero principal.

A continuación, se añade el procedimiento de encendido y apagado de un solo tablero de iluminación (Tablero 1), ya que los demás tableros de iluminación presentan el mismo procedimiento de activación y desactivación.

### Funcionamiento en Modo Manual

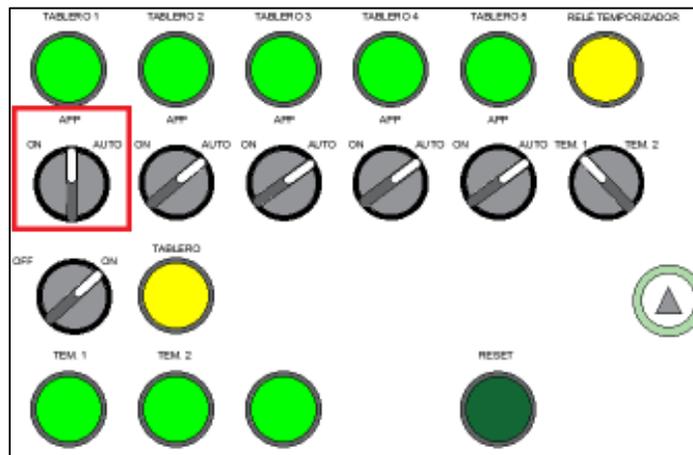
- **Encendido y apagado del tablero de iluminación 1**

Para energizar el tablero de iluminación 1, gire el selector en la posición ON (ver la Figura 14).



**Figura 14** Encendido manual del tablero 1.

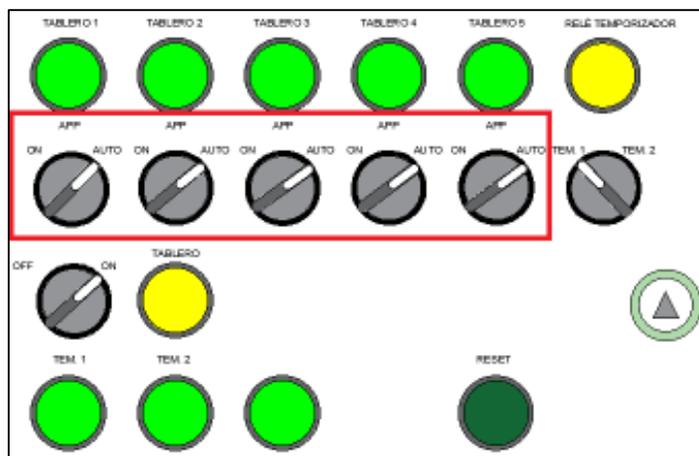
Para desenergizar, gire el selector en la posición APP (ver la Figura 15).



**Figura 15** Apagado manual del tablero 1.

### **Funcionamiento en Modo Automático**

Para energizar y desenergizar todos los tableros de iluminación de manera automática colocar todos los selectores en la posición AUTO (ver Figura 16).

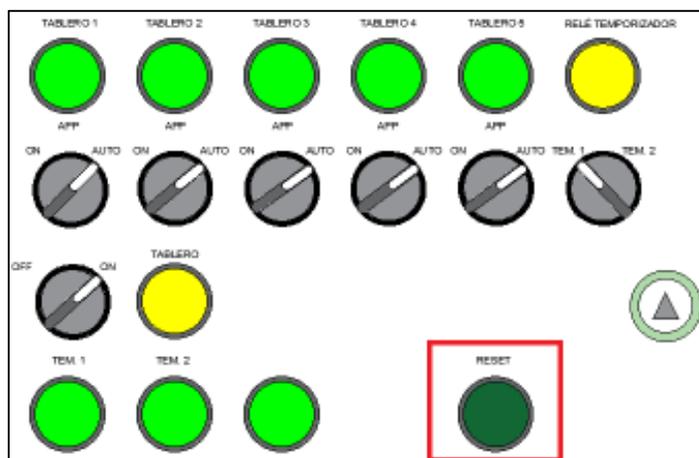


**Figura 16** Encendido automático de todos los tableros de iluminación.

Seleccione el temporizador 1 o 2 (Luz Piloto Amarillo), este relé temporizador se activará a una determinada hora, lo cual permitirá que todos los tableros de iluminación externos de la ESFOT se energicen a dicha hora, de igual manera este relé temporizador se desactivará a determinada hora, lo que permitirá que los tableros de iluminación se apaguen.

### Reseteo del Sistema de iluminación

Para el reseteo del tablero principal basta con pulsar el botón de RESET en cualquier momento (ver Figura 17).



**Figura 17** Reseteo del tablero principal.

## **Anexo 9: Manual del uso de la aplicación móvil**

## Manual del uso de la aplicación móvil

De igual manera se describe el manual de uso de la aplicación móvil.

### Funcionamiento del tablero mediante la aplicación móvil

La aplicación móvil muestra una pantalla inicial, donde se puede observar datos informativos (ver Figura 18). Presione el botón (ENTRAR) para ingresar al panel de control, desde donde se podrá controlar cada uno de los tableros de iluminación externos de la ESFOT.



**Figura 18** Pantalla de inicio de la Interfaz.

Al presionar la tecla (ENTRAR), se despliega una segunda pantalla, desde donde se puede encender o apagar los tableros de iluminación, además la aplicación móvil permite resetear cada tablero (ver Figura 19).



**Figura 19** Interfaz de control de los tableros de iluminación.

### **Encendido y apagado de los tableros de iluminación**

1. Inicialmente se presiona la tecla CONECTAR a fin de conectarse con el Bluetooth del Arduino (HC-06),
2. Una vez conectados, para el encendido basta con presionar el botón ON.
3. De igual manera para el apagado basta con presionar la tecla OFF.
4. De igual manera se tiene la opción de reseteo, la cual reinicia todo el sistema.

## **Anexo 10: Mantenimiento del tablero principal**

## **Manual de Mantenimiento del Tablero Principal**

A continuación, en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se muestra el manual de mantenimiento del tablero de centralización.

**Tabla 1** Mantenimiento del Tablero Principal.

			
PERÍODO	ÁREA	CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CENTRALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS DE LA ESFOT	PROCEDIMIENTO
		ELEMENTO	ACTIVIDAD
6 meses	Eléctrica	Acometida eléctrica	Limpieza <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Reajustar los tornillos de las barras de tensión Fase S y Neutro.</li> </ul>
			Voltaje <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Medir continuidad entre la barra de Fase S y la barra de Neutro.</li> <li>• Colocar un cable del multímetro a la barra de Fase S y un cable a la barra de Neutro.</li> <li>• Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> <li>• Colocar un cable del multímetro a la Fase de R y un cable a la barra de Neutro.</li> <li>• Observar que el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
		Alimentación de la fuente conmutada	Limpieza <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Limpiar la fuente conmutada con una brocha.</li> <li>• Reajustar los bornes de conexión de la fuente conmutada.</li> </ul>
			Voltaje <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en las borneras de entrada de la fuente conmutada.</li> <li>• Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en las borneras de salida de la fuente conmutada.</li> <li>• Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>

**Tabla 2** Mantenimiento del Tablero Principal.

				
PERÍODO	ÁREA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
6 meses	Electromecánica	Contactores o Relés	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> </ul>
			Ajuste de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>
			Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en las borneras de las bobinas de Relé (A1, A2).</li> <li>• Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
		Relé Temporizador	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> </ul>
			Ajuste de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>
		Breaker Bifásico	Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en las borneras de alimentación del Relé Temporizador.</li> <li>• Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
			Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> </ul>
			Ajuste de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>

**Tabla 3** Mantenimiento del Tablero Principal.

			
PERÍODO	ÁREA	CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CENTRALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS EXTERNAS DE LA ESFOT	
		ELEMENTO	ACTIVIDAD
6 meses	Electromecánica	Breaker Bifásico	<b>Voltaje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de entrada del Breaker Bifásico.</li> <li>Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de salida del Breaker Bifásico.</li> <li>Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
		Selectores	<b>Limpieza</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> </ul>
6 meses	Electrónica	Luces Piloto	<b>Ajuste de conexiones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Con un desarmador estrella reajustar los tornillos de conexión.</li> </ul>
			<b>Limpieza</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> </ul>
		<b>Ajuste de conexiones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Con un desarmador estrella reajustar los tornillos de conexión.</li> </ul>	
6 meses	Electrónica	Arduino Mega 2560	<b>Limpieza</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li> <li>Pulsar el botón de resetear, tanto en el tablero principal como en el microcontrolador.</li> </ul>

**Tabla 4** Mantenimiento del Tablero Principal.

				
PERÍODO	ÁREA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
6 meses	Electrónica	Arduino Mega 2560	Revisión de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>- Revisar que los cables hagan un correcto contacto en los pines digitales del microcontrolador.</li> <li>- Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li> <li>- Pulsar el botón de resetear en dos ocasiones, tanto en el tablero principal como en el microcontrolador.</li> </ul>
			Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>- Colocar los cables del multímetro en los pines (5 (V<sub>DC</sub>) y Gnd) del microcontrolador</li> <li>- Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>
		Circuito Conversor	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>- Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>- Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li> </ul>
			Revisión de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>- Revisar que los cables hagan un correcto contacto en los conectores tanto de entrada y salida del Circuito Conversor.</li> <li>- Con un desarmador plano pequeño reajustar los bornes de conexión.</li> <li>- Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li> </ul>
			Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>- Colocar los cables del multímetro en los terminales de voltaje de salida del Circuito Conversor.</li> <li>- Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>

**Tabla 5** Mantenimiento del Tablero Principal.

				
<b>ESFOT</b> <small>ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS</small>		<b>CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CENTRALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS EXTERNAS DE LA ESFOT</b>		
PERÍODO	ÁREA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	
6 meses	Electrónica	Relés Módulo Arduino	Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>- Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>- Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li> </ul>
			Revisión de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>- Con un desarmador plano pequeño reajustar los bornes de conexión.</li> <li>- Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li> </ul>

**Listado de verificación del sistema**

En la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8 se observa un formato para realizar la verificación del mantenimiento del sistema de iluminación externa de la ESFOT, según el formato el mantenimiento se realizará por un técnico cada 6 meses.

**Tabla 6** Verificación del sistema de iluminación.

		<b>LISTADO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERNO DE LA ESFOT</b>			
Nombre del Técnico					
Fecha de mantenimiento					
Área	Elemento	Acciones	SI	NO	Código
Eléctrica	Acometida eléctrica	Reajuste los tornillos de las barras de tensión Fase S y Neutro.			E.1
		Medición de continuidad entre la barra de Fase S y la barra de Neutro.			E.2
		Medición del voltaje de alimentación del tablero entre Fase S y Neutro, 120 (V <sub>AC</sub> ) aproximado.			E.3
		Medición de voltaje entre Fase R y Neutro, 120 (V <sub>AC</sub> ) aproximado.			E.4
	Alimentación de la fuente conmutada	Limpeza con una brocha, y reajuste de los bornes de conexión de la fuente.			E.5
		Medición del voltaje de entrada de la fuente conmutada, 120 (V <sub>DC</sub> ).			E.6
		Medición del voltaje de salida, 5 (V <sub>DC</sub> ).			E.7

**Tabla 7** Verificación del sistema de iluminación.

		<b>LISTADO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERNO DE LA ESFOT</b>			
Nombre del Técnico					
Fecha de mantenimiento					
Área	Elemento	Acciones	SI	NO	Código
<b>Electromecánica</b>	<b>Contactores o Relés</b>	Limpieza con una brocha de polvo, y reajuste de los tornillos de conexión.			M.1
		Pruebas de funcionamiento			M.2
	<b>Relé Temporizador</b>	Limpieza con una brocha de polvo, y reajuste de los tornillos de conexión.			M.3
		Pruebas de funcionamiento.			M.4
	<b>Breaker Bifásico</b>	Limpieza con una brocha de polvo, secado de la presencia de humedad con una sopladora, y reajuste de los tornillos de conexión.			M.5
		Medición del voltaje de entrada 220 (V <sub>AC</sub> ).			M.6
		Medición del voltaje de salida 220 (V <sub>AC</sub> ).			M.7
	<b>Selectores</b>	Limpieza de polvo con una brocha, y reajuste de los tornillos de conexión.			M.8
	<b>Luces Piloto</b>	Limpieza de polvo con una brocha, y reajuste de los tornillos de conexión.			M.9

**Tabla 8** Verificación del sistema de iluminación.

		<b>LISTADO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERNO DE LA ESFOT</b>			
Nombre del Técnico					
Fecha de mantenimiento					
Área	Elemento	Acciones	SI	NO	Código
<b>Electrónica</b>	<b>Arduino Mega 2560</b>	Limpieza en general de la placa Arduino Mega 2560.			N.1
		Revisión de la correcta conexión de los pines digitales del microcontrolador.			N.2
		Medición del voltaje de alimentación del microcontrolador, 5 (V <sub>DC</sub> ).			N.3
	<b>Circuito Conversor</b>	Limpieza con una brocha, y reajuste de los bornes de conexión de entrada y salida.			N.4
		Medición del voltaje de alimentación del Circuito Conversor, 120 (V <sub>DC</sub> ).			N.5
		Medición del voltaje de salida del Circuito Conversor, 5 (V <sub>DC</sub> ).			N.6
	<b>Relés Módulo Arduino</b>	Limpieza de polvo con una brocha, secado de la presencia de humedad con una sopladora, y reajuste de las borneras de conexión.			N.7

## Listado de soluciones

En la Tabla 9, Tabla 6.10, Tabla 6.11 y Tabla 6.12 se observa el listado de soluciones que se puede aplicar cuando se presenta algún inconveniente en el listado de verificación del sistema de iluminación externa de la ESFOT.

**Tabla 9** Listado de soluciones.

		
		LISTADO DE SOLUCIONES
Área	Código	Solución
Eléctrica	E.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Reajustar los tornillos de las barras de tensión Fase S y Neutro.</li> </ul>
	E.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en la barra de Fase S y barra de Neutro.</li> <li>El multímetro no debe dar continuidad.</li> </ul>
	E.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en la barra de Fase S y barra de Neutro.</li> <li>Observar el valor medido 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	E.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en la barra de Fase S y barra de Neutro.</li> <li>Observar el valor medido 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	E.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Limpiar la fuente conmutada de la acumulación de polvo con una brocha.</li> <li>Reajustar los bornes de conexión de la fuente conmutada.</li> </ul>
	E.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de entrada de la fuente conmutada.</li> <li>Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	E.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de salida de la fuente conmutada.</li> <li>Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>
Electromecánica	M.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>

**Tabla 10** Listado de soluciones.

		
		LISTADO DE SOLUCIONES
Área	Código	Solución
Electromecánica	M.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las bobinas del Relé (A1, A2).</li> <li>Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> <li>Escuchar el correcto accionamiento de las bobinas del Relé, suena un clic.</li> <li>Medir continuidad con la ayuda del multímetro, al momento de accionar manualmente la bobina del Relé, cuando la bobina se enclava da continuidad, cuando no está enclavada no debe dar continuidad.</li> </ul>
	M.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>
	M.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de alimentación del Relé Temporizador.</li> <li>Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> <li>Realizar una programación cualquiera para el encendido y apagado temporizado, así de esta manera se verificará que el relé temporizador se encuentra en óptimo funcionamiento.</li> <li>Para la programación del relé temporizador es necesario hacer uso de la guía de programación.</li> </ul>
	M.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>
	M.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de entrada del Breaker Bifásico.</li> <li>Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	M.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar los cables del multímetro en las borneras de salida del Breaker Bifásico.</li> <li>Observar el valor medido, 220 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	M.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>Con un desarmador estrella reajustar los tornillos de conexión.</li> </ul>

Tabla 11 Listado de Soluciones.

		
LISTADO DE SOLUCIONES		
Área	Código	Solución
Electromecánica	M.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Limpiar con una brocha la acumulación de polvo.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>• Con un desarmador estrella reajustar las borneras de conexión.</li> </ul>
Electrónica	N.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>• Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li> <li>• Pulsar el botón de resetear, tanto en el tablero principal como en el microcontrolador.</li> </ul>
	N.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Revisar que los cables hagan un correcto contacto en los pines digitales del microcontrolador.</li> <li>• Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li> <li>• Pulsar el botón de resetear en dos ocasiones, tanto en el tablero principal como en el microcontrolador.</li> </ul>
	N.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en los pines (5 (V<sub>DC</sub>) y (Gnd) del microcontrolador.</li> <li>• Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>
	N.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li> <li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li> <li>• Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li> <li>• Revisar que los cables hagan un correcto contacto en los conectores tanto de entrada y salida del Circuito Conversor.</li> <li>• Con un desarmador plano pequeño reajustar los bornes de conexión.</li> <li>• Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li> </ul>
	N.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en los terminales de alimentación del Circuito Conversor.</li> <li>• Observar el valor medido, 120 (V<sub>AC</sub>).</li> </ul>
	N.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones con la ayuda del multímetro.</li> <li>• Colocar los cables del multímetro en los terminales de voltaje de salida del Circuito Conversor.</li> <li>• Observar el valor medido, 5 (V<sub>DC</sub>).</li> </ul>

**Tabla 12** Listado de soluciones.

		<b>LISTADO DE SOLUCIONES</b>		
<b>Área</b>	<b>Código</b>	<b>Solución</b>		
<b>Electrónica</b>	N.7	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desenergizar todo el sistema de alimentación del tablero.</li><li>• Secar con una sopladora la presencia de humedad.</li><li>• Limpiar con una sopladora la presencia de polvo.</li><li>• Con un desarmador plano pequeño reajustar los bornes de conexión.</li><li>• Hacer uso del diagrama de conexiones si es necesario.</li></ul>		

### **Problemas comunes**

En la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15 se observa algunos problemas comunes que pueden presentarse de manera inesperada, para las cuales se listan posibles soluciones correctivas.

**Tabla 13** Problemas Comunes.

	<b>PROBLEMAS COMUNES</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Causas Posibles</b>	<b>Solución</b>
<b>Tablero no enciende</b>	<b>Problemas en la acometida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar mediciones aguas arriba y aguas abajo de la acometida del tablero principal, a fin de verificar que estén llegando los voltajes adecuados.</li> </ul>
	<b>Breaker Bifásico defectuoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir continuidad con la ayuda del multímetro al momento de activar y desactivar el breaker, si no da continuidad a ningún momento es necesario el cambio del breaker.</li> </ul>
	<b>Selector de Encendido y Apagado defectuoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir continuidad con la ayuda del multímetro al momento de cambiar de posición al selector, si no da continuidad a ningún momento es necesario reemplazar el selector</li> </ul>
<b>Luces piloto no funcionan</b>	<b>Luces quemadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar el estado de las luces piloto, si se encuentran quemadas es necesario reemplazarlos.</li> </ul>
	<b>Problemas en los ajustes de los tornillos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar el correcto ajuste de los tornillos de las luces piloto, observando que haga una correcta presión los tornillos con el cableado que llega a dichas luces.</li> </ul>
	<b>Cableado en mal estado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hacer seguimiento del cableado con la ayuda del plano eléctrico, a fin de verificar que no haya cables sueltos, cables que estén en mal estado (cortados).</li> </ul>

**Tabla 14** Problemas comunes.

	<b>PROBLEMAS COMUNES</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Causas Posibles</b>	<b>Solución</b>
<b>Relés no encienden</b>	<b>Mal estado de las bobinas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir continuidad con la ayuda del multímetro al momento de enclavar y desenclavar manualmente la bobina, si no da continuidad a ningún momento es necesario el cambio del relé.</li> </ul>
	<b>Problemas en los ajustes de los tornillos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el correcto ajuste de los tornillos tanto en la bobina, como también en los contactos normalmente abiertos y cerrados, observando que haga una correcta presión los tornillos con el cableado que llega.</li> </ul>
	<b>Cableado en mal estado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer seguimiento del cableado con la ayuda del plano eléctrico, a fin de verificar que no haya cables sueltos, cables que estén en mal estado (cortados).</li> </ul>
<b>Relé Temporizador no funciona</b>	<b>Problemas en la alimentación energética</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir si al relé temporizador ingresa un voltaje de 120 (V<sub>AC</sub>), si no es así, es necesario seguir el cableado con la ayuda del plano eléctrico a fin de verificar dónde se pierde el voltaje.</li> </ul>
<b>Las luminarias no encienden desde la aplicación móvil</b>	<b>Problemas con el módulo Bluetooth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la correcta conexión del dispositivo móvil con el Bluetooth, introduciendo la contraseña de acceso indicada.</li> <li>• Hacer seguimiento del diagrama de conexiones del módulo Bluetooth a fin de verificar que no haya cables que estén haciendo falso contacto o estén sueltos.</li> </ul>
	<b>Problemas con la Arduino Mega 2560</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el Arduino tiene una alimentación de 5 (V<sub>DC</sub>), esto al medir con el multímetro en los pines 5 (V<sub>DC</sub>) y GND) del Arduino.</li> <li>• Hacer seguimiento al diagrama de conexiones a fin de verificar que no haya cables que estén haciendo falso contacto o estén sueltos.</li> </ul>

**Tabla 15** Problemas comunes.

	<b>PROBLEMAS COMUNES</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Solución</b>
<p>Las luminarias no encienden desde la aplicación móvil</p>	<p>Problemas con el Circuito Inversor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el Circuito Inversor está energizado con 120 (V<sub>AC</sub>), esto al medir con el multímetro en los conectores de entrada del Circuito Inversor.</li> <li>• Verificar si el Circuito Inversor tiene un voltaje de salida de 5 (V<sub>DC</sub>). , esto al medir con el multímetro en los conectores de salida del Circuito Inversor.</li> <li>• Hacer seguimiento al diagrama de conexiones a fin de verificar que no haya cables que estén haciendo falso contacto o estén sueltos.</li> </ul>

**Anexo 11: Costos de la ejecución del proyecto**

Cantidad	Equipo	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Gabinete Metálico	GSL 604020 60 cm alto/40 cm ancho /20 cm profundidad	\$ 60,00	\$ 60,00
5	Contacto	Siemens 3RT2026 – 1 AK60 Sirius 3 polos 25 (A <sub>AC</sub> ), 120 (V <sub>AC</sub> )	\$ 25,00	\$ 125,00
5	Contacto	Siemens 3RT2026 - 1AN20 Sirius 3Rt 3 Pole Contactor, 25 (V <sub>AC</sub> ), 220 (V <sub>AC</sub> )	\$ 25,00	\$ 125,00
10	Rollo de cable eléctrico	Cable Sólido THHN #14 INCABLE	\$ 23,00	\$ 230,00
1	Rollo de cable eléctrico	Cable flexible #20	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Breaker		\$ 13,00	\$ 13,00
1	Canaletas Ranuras, 15 metros	Dexon Canaleta Ranurada Gris 25*20 DXN10042	\$ 22,00	\$ 22,00
1	Fuente Conmutada	Fuente Industrial de 120 (V <sub>AC</sub> ) a 5 (V <sub>DC</sub> )	\$ 20,00	\$ 20,00
8	Luces Piloto Verde	Luz Piloto Panel Indicador 120 (A <sub>AC</sub> ), 20 mA	\$ 1,50	\$ 12,00
2	Luces Piloto Naranja	Luz Piloto Panel Indicador 120 (A <sub>AC</sub> ), 20 mA	\$ 1,50	\$ 3,00
5	Selector de 3 posiciones	Selector 3 posiciones, a 220 (V <sub>AC</sub> ), 4,5 (A <sub>AC</sub> )	\$ 2,00	\$ 10,00
2	Selector de 2 posiciones	Selector 2 posiciones, a 220 (V <sub>AC</sub> ), 4,5 (A <sub>AC</sub> )	\$ 2,00	\$ 4,00
1	Pulsador normalmente abierto	Interruptor pulsador normalmente abierto, 220 (V <sub>AC</sub> ), 6 (A <sub>AC</sub> )	\$ 2,50	\$ 2,50
15	Interruptor	Interruptor basculante de CA de 220 (V <sub>AC</sub> )	\$ 1,00	\$ 15,00
35	Borneras eléctricas		\$ 1,00	\$ 35,00
1	Barra de distribución, 4 metros		\$ 2,50	\$ 2,50
1	Arduino Mega 2560		\$ 25,00	\$ 25,00
1	Modulo Bluetooth HC-06		\$ 8,00	\$ 8,00
1	Diseño y construcción del Conversor	Convertor de 120 (V <sub>AC</sub> ), a 5 (V <sub>DC</sub> )	\$ 20,00	\$ 20,00
4	Módulo de relés de Arduino	Módulos de relés de Arduino de 4 canales	\$ 4,00	\$ 16,00
1	Montaje e instalación de equipos		\$ 200,00	\$ 200,00
1	Pruebas de Funcionamiento		\$ 100,00	\$ 100,00
1	Otros		\$ 150,00	\$ 150,00
<b>TOTAL</b>				\$ 1213,00