

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA
MONITOREO Y SEGURIDAD DE LAS AULAS DE LA ESFOT**

(TABLERO # 5).

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

DENNIS PATRICIO CHÁVEZ BERMEO

dennis.chavez@epn.edu.ec

DIEGO PATRICIO ASITIMBAY MORALES

diego.asitimbay@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Julio 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, Dennis Patricio Chávez Bermeo y Diego Patricio Asitimbay Morales, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Firma:

Dennis Patricio Chávez Bermeo
C.I: 1723873855
Teléfono: 0987126490 – (02) 3151442
E-mail: dennis.chavez@epn.edu.ec

Diego Patricio Asitimbay Morales
C.I: 1719704908
Teléfono: 0981114796 – (02) 2602052
E-mail: diego.asitimbay@epn.edu.ec

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Dennis Patricio Chávez Bermeo y Diego Patricio Asitimbay Morales, bajo nuestra supervisión.

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, vida y prosperidad cuando más lo necesite en toda mi etapa como estudiante, ya que de lo demás me encargue yo, cursando éste difícil camino con esfuerzo, perseverancia y dedicación. En todo momento fue el pilar fundamental para llegar hasta este momento de mi vida.

A mis padres DARWIN y PILAR por todo el amor, comprensión, motivación y consejos que me han brindado mientras permanecí en la universidad, gracias a todo su trabajo y tesón he logrado esta meta en mi vida académica y profesional, ellos son lo que más amo y agradezco a la vida por permitirme tener a mis viejos juntos a pesar de todas las dificultades.

A mis hermanas PAMELA y ALISSON, quienes todos los días me llenan de ganas de seguir adelante. A mis tíos ROLANDO y JANNETH quienes son como unos padres para mí, dándome una mano cuando más lo he necesitado. A mi primo hermano JEFFERSON quien ha estado conmigo en las buenas y malas desde que tengo uso de razón.

A mi amada novia JOSELYN quien me ha acompañado en mi vida académica colegial y universitaria como un gran apoyo emocional y económico, juntos hemos logrado alcanzar grandes metas y esperó seguirlo haciendo a pesar de las dificultades. Eres lo que más amo y espero tenerte conmigo siempre como hasta ahora.

A mi mejor amigo y compañero de tesis DIEGO, a quien conozco desde nivelación y ha demostrado ser un amigo leal, humilde e incondicional en buenas y malas, espero que nunca deje de ser la persona que es. A mis amigos CAMILO, DEAN y ERICK por todos los momentos vividos y por su compañerismo.

A los ingenieros Pablo Proaño y Alan Cuenca que además de ser unos excelentes docentes los considero grandes amigos, desde el momento en que los conocí demostraron ser inmejorables personas. Muchas gracias por todo.

A mi querido equipo de futbol CARIBE JUNIOR FC y todos sus integrantes, el cual no solo me ha enseñado lo que es el amor al futbol, sino lo que es perdurar la amistad a través de él. A mi muchacho MAX, quien me ha acompañado desde que soy un niño. Por eso y mucho más gracias a todos.

Dennis Chávez Bermeo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa universidad y por haber puesto en mi camino a todos los docentes que aportaron sus conocimientos a lo largo de mi carrera con lo cual pude formarme profesionalmente.

A mí mamá Patricia y a mi hermano Javier a quienes amo mucho, son la mayor inspiración y motivación que tengo en la vida, siempre me apoyaron incondicionalmente y aconsejaron a seguir adelante para así lograr culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanas Tere y Sarita por su cariño, paciencia y todo lo que hicieron por mí. A toda mi familia, quienes me alentaron con sus palabras y buenos consejos.

A Javier, que más que un amigo es como un hermano, estuvo conmigo en las buenas y en las malas y siempre me brindo su apoyo incluso en los momentos difíciles de mi vida. A mi amigo y compañero de tesis Dennis, quien fue un apoyo dentro y fuera de las aulas y siempre tuvo palabras de aliento y motivación durante el transcurso de mi carrera. A Camilo, Erick y Daniel, por toda su ayuda y compañerismo.

Al Ingeniero Pablo Proaño y al Ingeniero Alan Cuenca, por ser excelentes docentes quienes impartieron grandes conocimientos que fueron muy útiles para mi formación en la carrera tecnológica.

Gracias totales.

Diego Asitimbay Morales

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a nuestros PADRES, HERMANOS, FAMILIARES y SERES AMADOS de nuestros alrededor, ya que sin ellos hubiese sido mucho más complicado llegar hasta este momento de nuestras vidas, pero a pesar de las adversidades lo hemos logrado con esfuerzo y perseverancia, tomando en cuenta cada consejo y palabras de motivación a lo largo de nuestra carrera.

También va dedicado a la gloriosa ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL y en especial a la ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS, la cual nos abrió las puertas para formarnos profesionalmente y permitirnos alcanzar una de las muchas metas que aún nos faltan por cumplir como personas.

Dennis Chávez Bermeo, Diego Asitimbay Morales

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	2
CERTIFICACIÓN	3
AGRADECIMIENTO	4
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
ÍNDICE DE CONTENIDO	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	16
1.3 OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. METODOLOGÍA.....	18
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
MÉTODO EXPERIMENTAL	18
MÉTODO ANALÍTICO.....	18
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	21
3.1 REQUERIMIENTOS Y CONDICIONES DE LAS AULAS DE LA ESFOT	25
REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	25
ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE LAS AULAS.....	26
SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO	27
PROCESO DE INSTALACIÓN	28

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO SEGÚN ESPECIFICACIONES DETERMINADAS...	29
DISEÑO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA	30
DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTROMECÁNICOS	30
SELECCIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTOR PARA EL TABLERO.....	32
SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	34
SELECCIÓN DE LOS GABINETES	35
PUNTOS PRINCIPALES REFERIDOS A LA NORMA IEC 60529	36
PROTECCIÓN CERTIFICADA DEL GABINETE (IP41)	37
PREPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERNA DEL TABLERO	37
PREPARACIÓN DEL GABINETE METÁLICO	39
MONTAJE DE COMPONENTES.....	39
CABLEADO ELÉCTRICO INTERNO (DIAGRAMA DE CONEXIONES)	40
INSTALACIÓN DE CABLEADO ELÉCTRICO INTERNO	49
3.3 INSTALACIÓN DE CABLEADO PARA ALIMENTACIÓN DE FUERZA Y CONTROL	50
CONDICIONES PARA IMPLEMENTACIÓN DEL CABLEADO.	51
CABLEADO EXTERNO AL TABLERO (DIAGRAMA DE CONEXIONES)	53
INSTALACIÓN DEL CABLEADO.....	56
INSTALACIÓN DE COMPONENTES EXTERNOS AL TABLERO.....	62
DATOS RELEVANTES.....	69
3.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
3.5 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y EJECUCIÓN	76
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
4.1 CONCLUSIONES	77
4.2 RECOMENDACIONES	79
5. BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	I
ANEXO A: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN	II
ANEXO B: PLANOS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DEL TABLERO	III
ANEXO C: DESCRIPCIÓN DEL ETIQUETADO GENERAL DEL TABLERO	IV

ANEXO D: DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA EL NUEVO SISTEMA DE LUMINARIAS	v
ANEXO E: DIAGRAMA DE CONEXIÓN INTERNA PARA EL ARDUINO.....	vi
ANEXO F: MANUAL DE MANTENIMIENTO Y EJECUCIÓN	vii
ANEXO G: PLANO DE TUBERÍA PARA SENSORES MAGNÉTICOS INSTALADOS.....	viii
ANEXO H: PLANO DE CABLEADO Y UBICACIÓN DE SENSORES MAGNÉTICOS INSTALADOS.....	ix
ANEXO I: ETIQUETADO DE BORNERAS DEL TABLERO	x
ANEXO J: COSTO TOTAL DEL PROYECTO	xi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación tablero N°5. Aula N° 18	15
Figura 3.1: Tablero N° 5 implementado	21
Figura 3.2: Tablero principal implementado	22
Figura 3.3: Tablero secundario implementado	22
Figura 3.4: Componentes del tablero principal EM.....	24
Figura 3.5: Componentes del tablero secundario ET	24
Figura 3.6: Diagrama de conexión antiguo de luminarias en cada aula	27
Figura 3.7: Dimensiones de tablero de Electromecánica	35
Figura 3.8: Dimensiones de tablero de Electrónica y Telecomunicaciones	35
Figura 3.9: Definición referida a toda certificación IP Gabinetes eléctricos	37
Figura 3.10: Distribución de corrientes en la estructura interna del tablero	38
Figura 3.11: Preparación del gabinete metálico para construcción	39
Figura 3.12: Montaje inicial de componentes internos.....	39
Figura 3.13: Instalación de componentes.....	40
Figura 3.14: Diagrama de conexión Arduino y reguladores DC/DC.....	41
Figura 3.15: Diagrama de conexión para la apertura de puertas.....	46
Figura 3.16: Diagrama de conexión para el encendido y apagado de luminarias.....	47
Figura 3.17: Diagrama de conexión destinada a fuerza en luminarias	48
Figura 3.18: Implementación de cableado eléctrico interno.....	49
Figura 3.19: Instalación de fuente reguladora	50
Figura 3.20: Implementación de cableado AC en la estructura interna del tablero	50
Figura 3.21: Diagrama de conexión para alimentación del tablero	53
Figura 3.22: Diagrama de conexión para el encendido y apagado físico de luminarias.....	54
Figura 3.23: Diagrama de conexión antiguo de luminarias, el cual fue modificado.....	55
Figura 3.24: Diagrama de conexión para control de luminarias modificado y actual.....	55
Figura 3.25: Diagrama de conexión para lectura de sensores	56
Figura 3.26: Tuberías corrugadas usadas en el cableado.....	57
Figura 3.27: Tendido de tuberías para cableado de sensores.....	57
Figura 3.28: Tendido de tuberías para cableado de fuerza y control.....	58

Figura 3.29: Instalación de conductos para cableado	58
Figura 3.30: Paso de cable a través de tubería previamente instalada	61
Figura 3.31: Paso de cable a través de tubería para alimentación principal de tablero	61
Figura 3.32: Instalación de sensores en las ventanas y puertas de las aulas	62
Figura 3.33: Ventanas de cada aula con sus respectivos sensores	63
Figura 3.34: Estética final de las puertas por cada aula	64
Figura 3.35: Modelo de interruptor instalado en cada aula.....	65
Figura 3.36: Instalación de interruptor para control de luminarias frontales.....	65
Figura 3.37: Proceso de montaje de cerradura eléctrica	66
Figura 3.38: Montaje final de cerraduras eléctricas en cada puerta	67
Figura 3.39: Pruebas del biométrico e instalación	67
Figura 3.40: Estética de las puertas de cada aula vistas desde fuera	68
Figura 3.41: Ubicación de las placas electrónicas en cajetines	69
Figura 3.42: Primera prueba del sistema de control y acceso por un docente.....	69
Figura 3.43: Contactador LS	70
Figura 3.44: Relé Schneider	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Componentes del tablero N°5 implementado.....	23
Tabla 3.2: Condiciones tomadas del cableado antiguo, a las que el nuevo trabajará	26
Tabla 3.3: Simbología referida a la Figura 3.6.....	27
Tabla 3.4: Elementos usados para la construcción del tablero	28
Tabla 3.5: Condiciones de dimensionamiento de breaker	30
Tabla 3.6: Condiciones de dimensionamiento de fusible	31
Tabla 3.7: Condiciones de dimensionamiento de relé	32
Tabla 3.8: Selección de conductor para DC	33
Tabla 3.9: Condiciones principales a las que las normas se rigen.....	36
Tabla 3.10: Pines del Arduino destinados para leer estado de puertas	42
Tabla 3.11: Pines del Arduino destinados para leer estado de ventanas.....	43
Tabla 3.12: Pines del Arduino destinados para leer estado de luminarias	44
Tabla 3.13: Indicación de borneras usadas para lectura de sensores	45
Tabla 3.14: Indicación de borneras usadas para el control de puertas	46
Tabla 3.15: Indicación de borneras usadas para la fuerza en luminarias.....	48
Tabla 3.16: Condiciones de la línea de conexión para alimentación del tablero	51
Tabla 3.17: Calibre de conductor elegido para cableado AC	51
Tabla 3.18: Condiciones iniciales para control físico de luminarias posterior.....	52
Tabla 3.19: Capacidad de protección en función del calibre del conductor.....	52
Tabla 3.20: Disposición de tubería para cableado respectivo.....	59
Tabla 3.21: Resultados de prueba de consumo de voltajes y corriente	71
Tabla 3.22: Resultados de prueba de tiempo de encendido del Arduino	72
Tabla 3.23: Resultados de prueba de continuidad en el sistema.....	73
Tabla 3.24: Resultados de prueba ante desenergización inesperada.....	74
Tabla 3.25: Resultados de prueba con el servidor fuera de servicio.....	75

RESUMEN

El proyecto realizado permite la supervisión, control y monitoreo de las aulas 13, 18, 19 y 21 de la ESFOT, las cuales son comandadas mediante un servidor principal ubicado en la dirección de ésta, siendo ejecutadas gracias a las acciones realizadas por el tablero N° 5, éste cuenta con un controlador principal (Arduino) y está conformado por varios elementos electrónicos y electromecánicos, mismos que al operar conjuntamente, permiten realizar las acciones solicitadas, bien sea por un usuario o directamente del servidor.

El presente escrito cuenta con cuatro capítulos, mismos que son resumidos a continuación:

El capítulo uno contiene la introducción referente al proyecto, seguido por el planteamiento del problema donde se indica la necesidad de implementar el mismo hasta la ejecución total, complementándose con la justificación, la misma que refleja las razones del porqué y con qué fin se llevó a cabo el presente proyecto, mediante la asignación de tareas que permiten cumplir con los objetivos detallados.

El capítulo dos indica el tipo de metodología aplicada para la elaboración del proyecto y especifica las actividades requeridas para el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

El capítulo tres corresponde al análisis de resultados, el cual refiere a los métodos empleados para la implementación del tablero, cableado para la automatización de las aulas y el montaje de componentes. Por último, se detallan las pruebas y sus respectivos resultados.

Finalmente, en el capítulo cuatro se especifica las conclusiones y recomendaciones conseguidas durante la elaboración y posterior operación del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Control, servidor, Arduino, tablero, proyecto.

ABSTRACT

The project carried out allows the supervision, control and monitoring of classrooms 13, 18, 19 and 21 of ESFOT, which are commanded by a main server located in the direction of this, being executed thanks to the actions carried out by board N ° 5, this has a main controller (Arduino) and is made up of various electronic and electromechanical elements, which, when operating together, allow the requested actions to be carried out, either by a user or directly from the server.

This writing has four development chapters, which are summarized as follows:

Chapter one contains the introduction referring to the project, followed by the statement of the problem indicating the need to implement it until full execution, complemented by the justification, which reflects the reasons why and for what purpose it was carried out. Carry out this project, by assigning tasks that enable the detailed objectives to be met.

Chapter two indicates the type of methodology applied to prepare the project and specifies the activities required to fulfill each of the objectives.

Chapter three corresponds to the analysis of results, which refers to the methods used for the implementation of the board, wiring for the automation of the classrooms and the assembly of components. Finally, the tests and their respective results are detailed.

Finally, chapter four specifies the conclusions and recommendations obtained during the preparation and subsequent operation of the project.

KEY WORDS: *Control, server, Arduino, board, project.*

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como elemento principal el tablero de control, mismo que fue montado en el aula número 18 al norte de la ESFOT (Figura 1.1), éste se encuentra en operación desde el mes de agosto del 2019, el cual tiene por objetivo principal supervisar, controlar y monitorear en tiempo real las aulas 13, 18, 19 y 21 de la Escuela de Formación de Tecnólogos, en donde el usuario puede comandar las luminarias y puertas de cada aula. De la misma manera se puede obtener información en tiempo real acerca de los estados de ventanas y puertas. Todo esto gracias a la operación del tablero N°5 implementado y que trabaja conjuntamente con otros elementos que pertenecen al proyecto en sí.



Figura 1.1: Ubicación tablero N°5. Aula N° 18
Fuente: Propia

Por tal motivo, el operador del servidor principal puede determinar si hay algún evento inusual mientras las aulas ya mencionadas no sean utilizadas por parte de estudiantes y docentes, eliminando en su mayoría uno de los problemas macro de la ESFOT, el cual es el uso indebido de instalaciones para cometer actos vandálicos e inmorales y de consumo de bebidas alcohólicas, así como de sustancias estupefacientes. Cabe mencionar que para la elaboración del proyecto se invirtió un valor aproximado de 600 USD por tablero.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estos tiempos, gracias al avance y desarrollo de la tecnología, los sistemas automatizados cada vez son más eficientes e imprescindibles, por lo que el hombre a través de los siglos se ha planteado mejorar sus condiciones de vida, haciendo más fáciles sus actividades

cotidianas, perfeccionando los procesos de producción y obteniendo mayores beneficios hasta tal punto de eludir su participación en los mismos (Sabogal, 2012). Gracias a ello, los sistemas automatizados han sido empleados para distintas aplicaciones y soluciones que hoy en día las instituciones, empresas públicas y privadas requieren con mayor demanda. Una de las varias prestaciones que brindan este tipo de sistemas es la seguridad, misma que resguarda la integridad física y administrativa de las entidades, dependiendo del tipo de uso o aplicación solicitada, dentro de las que se encuentran, por ejemplo: Los controles de acceso (Bedoya, 2014).

En la actualidad, la Escuela de Formación de Tecnólogos, sigue formando profesionales de alta calidad e importancia para el desarrollo del país; sin embargo, en su tiempo libre los estudiantes realizan actividades ajenas a las permitidas dentro de la ESFOT, muchas de las veces esto resulta ser perjudicial para sus instalaciones, ya que, los bienes que se encuentran dentro de ella se ven afectados y mal empleados, causando un impacto económico negativo para la misma al momento de reponerlas.

Para la solución de la situación ya mencionada, se propuso implementar un sistema de control, monitoreo y supervisión para el acceso y seguridad de las aulas, a través del cual se precautelará los recursos que la ESFOT utiliza para la formación de los futuros profesionales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Brindar seguridad y control a las instalaciones de la ESFOT, es crear un ambiente óptimo de desenvolvimiento, en el que los docentes y estudiantes puedan desarrollar todas las actividades pertinentes a sus carreras.

Precautelar la integridad física tanto de instalaciones como de personal en general, es una de las muchas razones globales por la cual se planteó el proyecto, sin exceptuar que ahora se tiene un control total de las aulas de la ESFOT en tiempo real.

Lo que se planteó, con la colaboración de las carreras afines, fue reflejar un sistema integrado, beneficioso y eficiente, que permitiera monitorear y gobernar el estado de todas las aulas de ésta.

Este monitoreo se lleva a cabo mediante un servidor ubicado en el edificio de administración, el cual permite: la apertura para el acceso de las aulas, supervisión de estado de ventanas y puertas, control para el encendido o apagado de las luces de cada una de ellas y administración completa de usuarios y huellas dactilares de docentes, administrativos y

personal de la ESFOT a través de biométricos. Este proyecto se llevó a cabo conjuntamente con estudiantes pertenecientes a las carreras de Electrónica y Telecomunicaciones, Análisis de Sistemas Informáticos y Electromecánica. Esto garantizó el completo y correcto funcionamiento del sistema.

Para el caso pertinente de electromecánica, se diseñaron 5 tableros eléctricos, mismos que acatan y ejecutan funciones provenientes de un mando físico o remoto dependiendo del caso.

Dichos tableros están conformados por varios dispositivos y mecanismos electrónicos y electromecánicos los cuales, al operar de manera conjunta permiten realizar las tareas mencionadas con anterioridad. Para la implementación de los tableros se llevó a cabo un estudio técnico general, identificando el lugar óptimo para la funcionalidad de éstos y su adecuado cableado, siempre y cuando éste último no sea manipulable y accesible para personas no autorizadas o entendidas en el proyecto, a fin de coadyuvar de manera tajante con este inconveniente de la ESFOT.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un tablero de control para monitoreo y seguridad de las aulas de la ESFOT (Tablero #5).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos y condiciones de las aulas de la ESFOT.
- Implementar el tablero según especificaciones determinadas.
- Instalar el cableado para la alimentación de fuerza y control.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar un manual de mantenimiento y ejecución.

2. METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

MÉTODO EXPERIMENTAL

El método experimental se refiere a cualquier tipo de investigación o indagación ejecutada con un enfoque de carácter científico, en el cual un conjunto de variables se mantienen inmutables, mientras el otro conjunto de variables sirven como base del experimento. Es de alta relevancia instaurar la causa y el efecto de cualquier tipo de fenómeno, lo que significa que debe ser esclarecido que los efectos determinados en el experimento se basen a la causa (Morales, 2014).

El proyecto se basó netamente en este tipo de investigación, ya que la causa principal de la implementación del nuevo sistema de control para las aulas fue el mal uso que se les daba a éstas por parte de los estudiantes, utilizándolas para fines protervos y no permitidos por la ESFOT, de tal manera que se optó por erradicar de manera tajante éstos tipos de actos, dando como efecto la implementación del sistema de control, acceso y monitoreo, el cual permite obtener información en tiempo real y de la misma manera realizar acciones que contribuyan a la seguridad de las aulas y de sus bienes.

MÉTODO ANALÍTICO

El método analítico es un tipo de modelo científico que se basa en la experimentación directa y la lógica de la experiencia, donde se estudia el fenómeno a resolver y se determina de qué manera se lo resolverá, descomponiéndola en sus elementos básicos (Morales, 2014).

Por lo que, se procedió a aplicar la metodología analítica, la cual permitió determinar los elementos necesarios para la implementación del tablero en cuestión, así como también de los elementos requeridos para el nuevo sistema de control de luminarias, para de esta manera conseguir resolver los problemas existentes en las aulas de la ESFOT como ya se mencionó con anterioridad. Al tener los elementos ya dimensionados, se empezó por analizar las características apropiadas que cumplan con los requisitos del sistema, examinando varios modelos y funcionalidades, con el fin de que, al hacerlos trabajar en conjunto, logren cumplir los objetivos ya planteados.

Para el diseño del nuevo tablero de control se utilizó el método analítico como complemento del método experimental, ya que primero se tomó en cuenta de que manera se puede lograr

la automatización de los elementos de cada aula (puertas, ventanas y luminarias) analizando con exhaustividad cada detalle que se presentaba, así como también de qué manera se podía acceder para el tendido de cable y modificación de las antiguas conexiones del sistema de luminarias ubicados sobre los techos de la ESFOT, y así lograr el control, supervisión y monitoreo de las aulas 13, 18, 19 y 21, accediendo a ellas mediante un servidor amigable y fácil de usar para el operador.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

El proyecto consistió en el control, supervisión y monitoreo en tiempo real de las aulas de la ESFOT, en donde los estudiantes no tendrán acceso alguno, excepto bajo autorización previa.

Para el caso pertinente, el tablero a implementar fue el número 5, mismo que responde a las aulas 13, 18, 19 y 21.

Las actividades que se realizaron se detallan a continuación:

- **DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS Y CONDICIONES DE LAS AULAS DE LA ESFOT.**

Para llevar a cabo el proyecto, se realizó una reunión en la cual se trataron los requerimientos que las autoridades de la ESFOT solicitaron para cumplir con el objetivo principal del proyecto, siendo éste el control y monitoreo de las aulas. Para el caso pertinente, se realizó la inspección técnica-visual de las aulas correspondientes al tablero N°5 (Aulas 13, 18, 19 y 21) para verificar el estado de éstas, comprobando así el sistema de luminarias actual en ese entonces para su correspondiente modificación y tomando medidas físicas para su respectivo cableado, tanto de sensores de ventanas y puertas como para control de luminarias. De esta manera, se logró determinar la cantidad de materiales necesarios para el sistema.

- **IMPLEMENTAR EL TABLERO SEGÚN ESPECIFICACIONES DETERMINADAS.**

Mediante el diseño de la conexión eléctrica se procedió a reflejarla de manera física, teniendo en cuenta todos los elementos y materiales necesarios para el control y monitoreo del estado de las aulas correspondientes al tablero, considerando parámetros de funcionamiento tales como: consumo de corriente, diferencia de potencial y tipo de cable para cada elemento (Schneider, 2010). Seguidamente, se procedió al montaje del tablero en su ubicación designada, todo esto basándose en normas técnicas (NEC, 2018).

- **INSTALAR EL CABLEADO PARA LA ALIMENTACIÓN DE FUERZA Y CONTROL.**

Con los tableros ya montados, se realizó el cableado necesario tanto para la alimentación como para el control de las aulas, teniendo en cuenta las respectivas normas (NEC, 2018) y requerimientos de cada elemento. Conjuntamente con ello, se colocó diferentes elementos tales como: cajetines, tubería flexible, sensores tipo interruptor en las ventanas y puertas y demás componentes que forman parte del sistema de cableado en la ubicación ya predeterminada y siguiendo las normas técnicas necesarias. Se efectuó el cableado a lo largo de todas las aulas correspondientes al tablero, precautelando la seguridad e integridad física al momento de realizar la actividad.

- **REALIZAR PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.**

Se hicieron las pruebas de funcionamiento pertinentes al proyecto, para corroborar el correcto funcionamiento tanto físico como remoto. Primero se energizó los tableros para comprobar que cada elemento funcione de manera correcta, y luego de comprobar su funcionalidad, se energizó el sistema por completo, verificando si el mismo funciona desde su servidor principal.

- **REALIZAR UN MANUAL DE MANTENIMIENTO Y EJECUCIÓN.**

Finalmente, para un buen manejo y mantenimiento del tablero se elaboró un manual en el cual el operador podrá familiarizarse con el funcionamiento y especificaciones de éste de manera correcta. En este manual se explicó los procedimientos necesarios para la solvencia de cualquier inconveniente que el tablero pueda presentar.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Figura 3.1 se muestra el proyecto finalizado, siendo el tablero lo más importante de éste. De la misma manera, en la Figura 3.2 y Figura 3.3 se indican todos los elementos que forman parte y fueron usados para la construcción de éste, es importante aclarar que el tablero completo está dividido en dos partes:

El tablero principal que contiene todos los elementos eléctricos y electrónicos (Figura 3.2) y el tablero secundario que contiene elementos para la conexión en la red ethernet y distribución de energía (Figura 3.3).

El tablero N°5 que corresponde a las aulas 13, 18, 19 y 21 se encuentra ubicado en el aula 18 de la ESFOT, cerca al Laboratorio de Instalaciones Eléctricas, este tablero tiene cerca de 6 meses de operación, siendo funcional en todo este tiempo.

Estos tableros junto al servidor principal ubicado en las oficinas de administración de la ESFOT, permite controlar, supervisar y monitorear el estado de las aulas, teniendo acceso y control total de los elementos que la conforman, como las luces, ventanas y puertas.

Es importante mencionar que, a partir de este punto en adelante, ambos tableros serán referidos como uno solo en caso de ser necesario, ya que su trabajo fue realizado conjuntamente.



Figura 3.1: Tablero N° 5 implementado.
Fuente: Propia

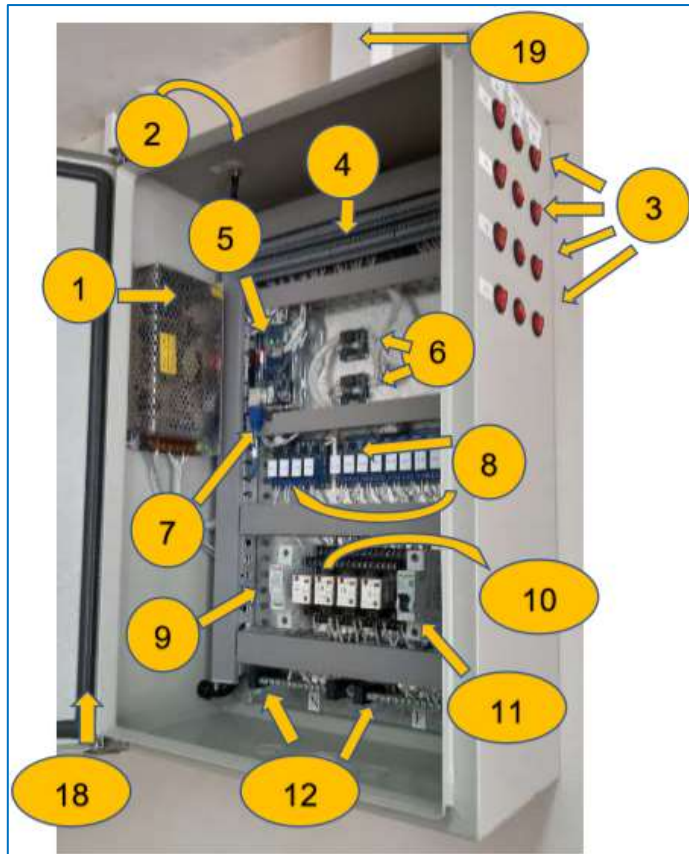


Figura 3.2: Tablero principal implementado.
Fuente: Propia

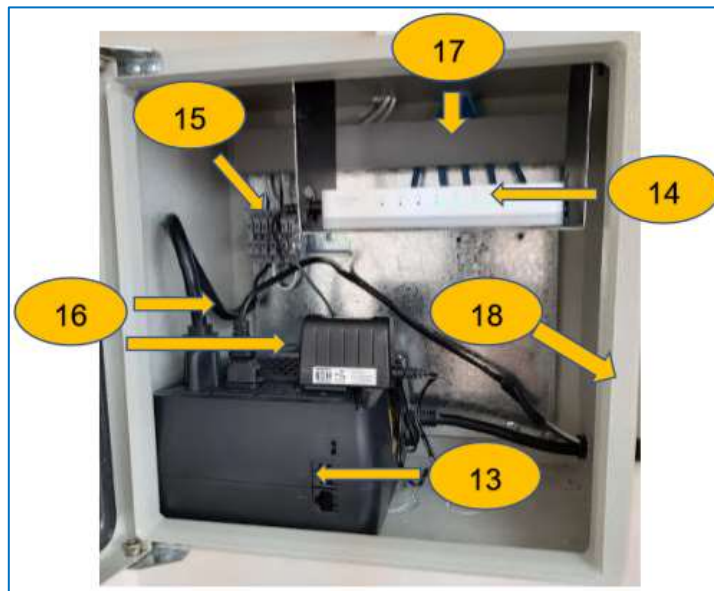


Figura 3.3: Tablero secundario implementado.
Fuente: Propia

En la Tabla 3.1 se detallan todos los componentes eléctricos, electrónicos y de comunicación, los cuales conforman el sistema interno del tablero.

Tabla 3.1: Componentes del tablero N°5 implementado

ELEMENTOS DEL TABLERO	
N°	DESCRIPCIÓN
1	Fuente Industrial de 120 (V _{AC}) a 12 (V _{DC})
2	Pulsador de reinicio para Arduino
3	Interruptores de Emergencia (Marcha-Paro)
4	Borneras Industriales
5	Módulo Arduino (MEGA 2560)
6	Reguladores 12 (V _{DC}) a 5 (V _{DC}) 3A
7	Cable de red Ethernet Clase 5E
8	Módulo de Relés para Arduino
9	Base para fusible 32 (A)
10	Relés 120 (V _{AC}) 6 (A) Schneider
11	Breaker Schneider EZ9F56106 C10 (Termomagnético)
12	Regletas de distribución (Neutro-Fase)
13	Regulador de Voltaje Forza
14	Switch Dlink 8 puertos RJ45
15	Borneras Industriales
16	Cables de conexión y alimentación
17	Canaletas Ranuradas
18	Gabinete metálico
19	Canaletas de distribución

Elaboración: Propia

En la Figura 3.4 y Figura 3.5 se presenta la estructura interna y los elementos que conforman el tablero de control N°5, el cual se encuentra operando con normalidad actualmente.

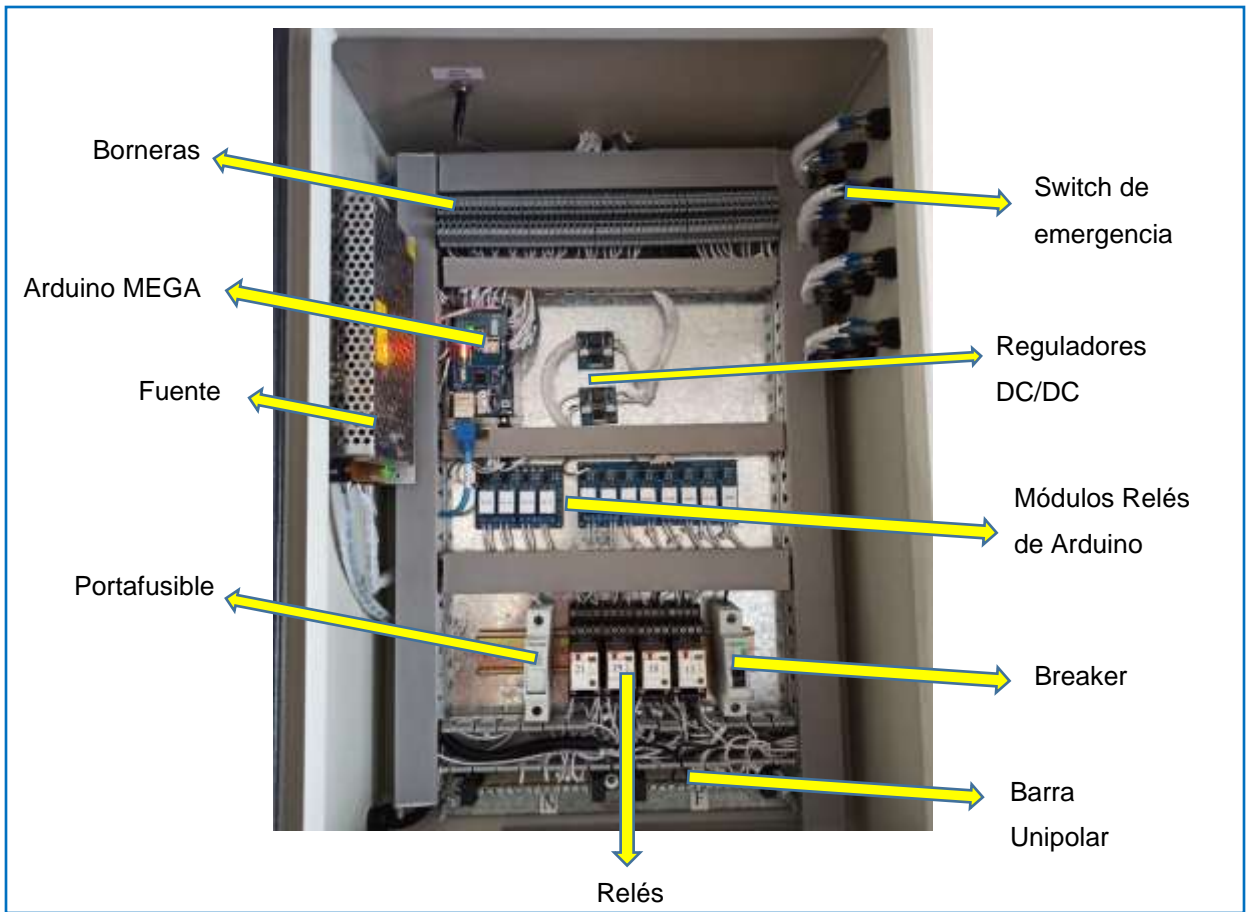


Figura 3.4: Componentes del tablero principal EM
Fuente: Propia



Figura 3.5: Componentes del tablero secundario ET.
Fuente: Propia

3.1 REQUERIMIENTOS Y CONDICIONES DE LAS AULAS DE LA ESFOT

Al tener claro la razón primordial del proyecto, los requerimientos y condiciones fueron realizadas en todas las aulas de la ESFOT, para determinar el estado de los elementos que componían la misma, tales como ventanas, puertas y sistema de iluminación, los cuales permitieran desarrollar el proyecto en cuestión.

REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Los requerimientos para la construcción del tablero se basaron en conocer el estado de las aulas con sus elementos correspondientes, esto se realizó mediante un recorrido por las mismas, para así determinar la ubicación del tablero número 5 a implementar; las aulas de la ESFOT poseen una numeración que va desde el número 13 hasta la 39. Después del respectivo estudio, el montaje del tablero fue designado en el aula 18.

De igual manera, se realizó un estudio técnico visual por los techos de las aulas de la ESFOT que corresponden al proyecto, con el fin de conocer las conexiones actuales que poseía el sistema de iluminación en ese entonces y así también determinar de qué manera sería posible instalar un nuevo cableado para las mismas y así llevar acabo los objetivos del proyecto.

Para esta actividad, se utilizaron métodos y estrategias básicas para ciertas especificaciones; tales como: Medición de fase y neutro en cada instalación, seguimiento de cables para determinar conexiones, tipo de cableado (Torres, 2014).

De esta manera, se logró determinar y dimensionar varios elementos y técnicas requeridas para el funcionamiento del tablero a futuro, siendo algunos de ellos: Tipo y calibre de conductores, relés o contactores, nuevo sistema de conexión.

El tablero 5 será detallado y descrito a lo largo del documento, el cual corresponde a las aulas 13, 18, 19 y 21 de la ESFOT.

En la Tabla 3.2, se presentan magnitudes y condiciones obtenidas durante todo el estudio detallado previamente, debido a que el nuevo cableado y alimentación del tablero debió ser tomado tanto de las aulas como de acometidas existentes en la ESFOT.

Tabla 3.2: Condiciones tomadas del cableado antiguo, a las que el nuevo trabajará

CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Voltaje de trabajo	120 (V _{AC})
Tipo de alimentación	Monofásica
Tipo de corriente	AC

Elaboración: Propia

Estos datos fueron medidos en las acometidas existentes en la ESFOT. Según los valores de la Tabla 3.2, los elementos y cables usados para la alimentación del nuevo tablero deben operar respetando dichos parámetros.

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE LAS AULAS

Para la implementación del nuevo sistema de iluminación y alimentación del tablero se realizó un estudio en las aulas 13, 18, 19 y 21, con el fin de determinar el lugar para la instalación del tablero, espacio para el mismo, condiciones de las paredes y disponibilidad como ya se explicó con anterioridad; además de ello, se realizó un estudio por los techos de la ESFOT, utilizando accesos existentes en el Laboratorio de Tecnología Industrial y en las diferentes aulas, de tal manera que se pudo determinar en qué configuración o de qué manera estaba la conexión del sistema de iluminación en ese momento, ésta se muestra en el siguiente diagrama en la Figura 3.6.

De igual manera en la Tabla 3.3 se expone la simbología necesaria para el entendimiento del diagrama de la figura citada con anterioridad.

Es importante mencionar que la Figura 3.6 representa a la configuración de cada aula, ya que era idéntica para todas.

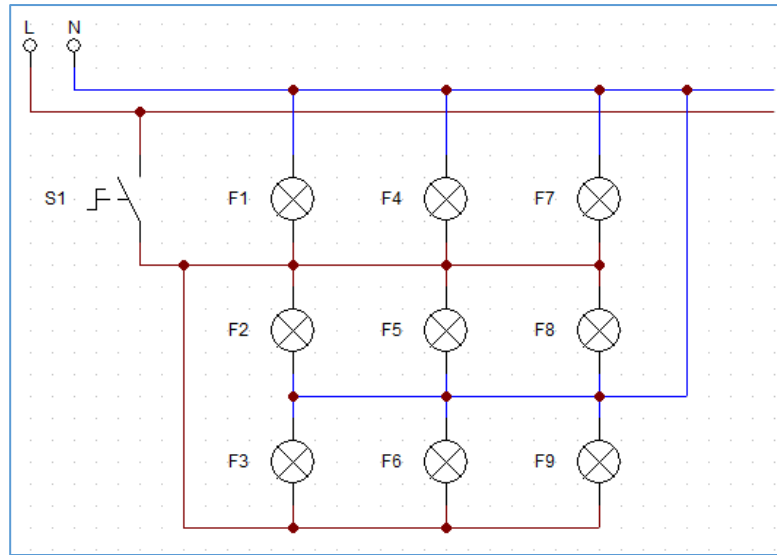



Figura 3.6: Diagrama de conexión antiguo de luminarias en cada aula

Fuente: Propia

Tabla 3.3: Simbología referida a la Figura 3.6

TÉRMINO	SIGNIFICADO
L	Línea
N	Neutro
S1	Interruptor
F1 - F9	Número de luminaria de la 1 a la 9
	Símbolo para Luminaria

Elaboración: Propia

Por otro lado, se procedió a verificar en qué estado se encontraban las ventanas y puertas de cada una de las aulas, con el fin de determinar si había vidrios rotos o puertas en mal estado, siendo estos inconvenientes para la instalación de sensores magnéticos, los cuales serían instalados en cada puerta y ventana de éstas próximamente, ayudando así a que el sistema sea eficiente por completo.

SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO

Gracias a los datos, especificaciones y condiciones recogidas en los estudios realizados con anterioridad, se pudo seleccionar y dimensionar todos los elementos que fueron necesarios

para la construcción tanto del nuevo sistema de iluminación como de la construcción del tablero, para así tener control sobre las puertas, ventanas y sistema de iluminación correspondiente.

En la Tabla 3.4 se especifica todos los elementos electrónicos y electromecánicos que fueron usados para la construcción del nuevo sistema de luces, así como también para la construcción del nuevo tablero.

Tabla 3.4: Elementos usados para la construcción del tablero

ELEMENTO	MARCA/MODELO	CANTIDAD	MAGNITUD/OPERACIÓN
Fuente Industrial		1	120 (V _{AC}) a 12 (V _{DC})
Pulsador básico		1	
Interruptores circulares 2 posiciones		12	120 (V _{AC})
Módulo de Arduino	Mega 2560	1	V _{IN} = 12 (V _{DC})
Reductores de (V _{DC})		2	12 (V _{DC}) a 5 (V _{DC}) & 3 (A)
Módulo de relés (1x8)		1	5 (V _{DC}) a 10 (A)
Módulo de relés (1x4)		1	5 (V _{DC}) a 10 (A)
Portafusible	Camsco	1	120 (V _{AC}) hasta 32 (A)
Relés industriales	Schneider	4	120 (V _{AC}) a 6 (A)
Breaker	Schneider	1	127 (V _{AC}) a 9 (A)
Barras de distribución		2	Fase y Neutro
Regulador de voltaje	Forza	1	120 (V _{AC})
Switch	Dlink	1	10/100 (Mbps) RJ45
Fusible	EcAsee	1	2 (A) Cerámico

Elaboración: Propia

PROCESO DE INSTALACIÓN

Gracias a los análisis y estudios realizados para proceder con la instalación de los requerimientos se obtienen varios resultados, los cuales son:

- **UBICACIÓN Y ESPACIO FÍSICO PARA LA INSTALACIÓN DEL NUEVO TABLERO**

La selección de gabinetes se especifica en la sección 3.2.

- **UBICACIÓN Y ESPACIO FÍSICO PARA LA INSTALACIÓN DEL CABLEADO**

Para la instalación del nuevo sistema de iluminación se realizó una inspección para determinar en qué configuración se encontraba la misma, con el fin de implementar adecuadamente el nuevo diagrama de conexiones, los conductores a utilizar se colocaron mediante manguera corrugada de color negro sobre los techos de las aulas de la ESFOT que corresponden al tablero en cuestión, con esto se logró obtener el nuevo sistema de iluminación para las aulas.

- **CONDICIONES DE OPERACIÓN DE ELEMENTOS**

Al ser un aula de la Escuela de Formación de Tecnólogos el lugar donde sería ubicado el tablero, este espacio físico no poseía interferencias relevantes ante la operación del mismo, más que las luminarias instaladas en el techo, mismas que no causaban ningún efecto de cambio en su operación. Es importante recalcar que el tablero cuenta con una fuente industrial la cual recibe voltajes de tipo alterno y emite voltaje continuo en su salida, siendo éste necesario para el funcionamiento y operación de algunos de los varios elementos que conformarían el tablero.

- **SEPARACIÓN Y ESPACIO ENTRE ELEMENTOS CORRESPONDIENTES AL TABLERO**

Estas mediciones y detalles están descritas en la sección 3.2.

- **CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

La estructura interna del tablero posee dos tipos de calibre tanto AWG 14 y AWG 20, recalcando que el calibre AWG 14 es usado estrictamente para la alimentación general del tablero y para el control mediante relés de las luminarias de las aulas, el resto de elementos están conectados mediante conductor de calibre AWG 20, según la norma (NEC, 2018); por lo tanto se utilizaron borneras industriales para ambos conductores.

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO SEGÚN ESPECIFICACIONES DETERMINADAS

Uno de los pasos fundamentales para implementar tableros eléctricos, es el diseño del circuito de control eléctrico (Henríquez Harper, 2004), mismo que es importante para el funcionamiento del sistema, gracias a ello se pudo seleccionar los componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos para cumplir con el objetivo de control.

DISEÑO DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA

El diseño eléctrico se realizó teniendo en cuenta los requisitos que debía cumplir el sistema: apertura de puertas, encendido/apagado de luminarias y lectura de estados de sensores.

En el anexo D se expone el diseño del circuito de control eléctrico. El funcionamiento de dicho circuito es detallado más adelante en el presente documento.

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTROMECAÑICOS

Posteriormente al diseño eléctrico, se procedió a dimensionar los elementos de protección y actuadores adecuados según el diagrama elaborado con anterioridad.

Es importante mencionar que dichos componentes fueron dimensionados con respecto a las magnitudes con las cuales trabajarían.

- **BREAKER**

Este elemento fue dimensionado de acuerdo con la corriente total del circuito, para ello fue necesario conocer los datos de placa y especificaciones de cada carga que componen el tablero.

El breaker fue dimensionado de acuerdo con la suma de corrientes totales de cada carga (Lopez & Viteri, 2010) como se detalla en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Condiciones de dimensionamiento de breaker

DIMENSIONAMIENTO DE BREAKER	
CARGA	CONSUMO EN CORRIENTE REAL (A)
Regulador de voltaje FORZA	2
Relés	0.5 x 4 bobinas (total 2)
TOTAL	4
BREAKER SELECCIONADO	10 (A) Tipo C / Termomagnético

Elaboración: Propia

Según la Tabla 3.5, el breaker seleccionado corresponde al de 10 (A) 1 polo. Este valor fue elegido debido a que como el tablero se encuentra conectado a una línea de tomacorrientes,

es posible que a éstos se les pueda acoplar cargas externas que aumenten el valor de corriente y así mismo generen perturbaciones hacia el tablero de control.

- **FUSIBLE**

Al igual que el dimensionamiento del breaker, fue necesario conocer el valor de corriente de funcionamiento de los elementos electrónicos con los que trabaja (Lopez & Viteri, 2010). En la Tabla 3.6 se detalla los valores utilizados para la selección del fusible.

Tabla 3.6: Condiciones de dimensionamiento de fusible

DIMENSIONAMIENTO DE FUSIBLE	
CARGA	CONSUMO EN CORRIENTE REAL (mA)
Arduino MEGA 2560	500
Módulos relés	100 x 2 módulos (total 200)
TOTAL	700
FUSIBLE SELECCIONADO	2000 (mA) Tipo Cerámico

Elaboración: Propia

Según la Tabla 3.6 la selección de fusible corresponde al de 2 (A), tomando en cuenta también que existen perturbaciones, las cuales se pueden generar por la fuente regulable de voltaje de la cual proviene la energía para la parte electrónica del tablero.

El fusible seleccionado es uno de tipo cerámico, el cual al detectar una sobreintensidad o un calentamiento excesivo de la carga, éste tiende a destruirse para protección de los componentes (Carballeiro, 2015).

- **RELÉS**

Estos dispositivos fueron dimensionados de acuerdo con las corrientes que van a circular por sus contactos (Schneider, 2010), en este caso para las luminarias, razón por la cual fue necesario conocer la cantidad de corriente de funcionamiento de las mismas.

En la Tabla 3.7 se presenta la selección de relé mediante los valores obtenidos.

Tabla 3.7: Condiciones de dimensionamiento de relé

DIMENSIONAMIENTO DE RELÉS	
CARGA	CONSUMO EN CORRIENTE REAL (A)
Luminarias	0.5 (A) c/u x 9 luminarias
TOTAL	4.5 (A)
RELÉ SELECCIONADO	6 (A)

Elaboración: Propia

De acuerdo con la Tabla 3.7 se escogió un relé de 6 (A), en ella se indica que la corriente total no excede al valor de corriente nominal del relé, resultando apto para la aplicación designada.

- **CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

El tablero en cuestión, opera con los dos tipos de corriente eléctrica conocidos, siendo estos AC y DC. Sus respectivos dimensionamientos se detallan a continuación.

SELECCIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTOR PARA EL TABLERO

Los conductores utilizados para DC son específicamente requeridos para alimentación del controlador (Arduino), módulos de relés que operan con esta corriente y lectura de sensores magnéticos.

La selección de conductores a usar se especifica de tal manera que la caída de tensión con respecto a la proveniencia de la instalación interna y otro punto cualquiera debe ser menor al 3% de la tensión nominal, sin importar cual sea el circuito interior.

En la selección de un conductor basado en el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas se toma a consideración dos elementos importantes, siendo éstos la caída de tensión y la capacidad de transportación de corriente (Henríquez Harper, 2004).

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

Ec. 1

ΔV = Caída de tensión máxima permitida en voltios.

% = Caída de tensión máxima permitida en porcentaje.

V_{nom} = Voltaje nominal en voltios.

$$\Delta V = 3\% \cdot 120V = 3.6 V \quad \text{Ec. 2}$$

Al obtener el valor de porcentaje de la caída de tensión se aplica la (Ec. 3), la cual permite determinar la sección de los conductores eléctricos, misma que es empleada en circuitos monofásicos. Cabe recalcar que el material de los conductores eléctricos a usar es cobre, el cual tiene una resistividad de 0.0171 ohm.mm²/m.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{\Delta V} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

S = Sección de los conductores (mm²).

L = Longitud de la línea (m).

I = Corriente máxima del circuito (A).

ρ = Resistividad (ohm.mm²/m).

ΔV = Caída de tensión máxima permitida (V).

$$S = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,0171}{3,6} \approx 0,1 \text{ (mm}^2\text{)} = 28 \text{ AWG} \quad \text{Ec. 4}$$

Al obtener el resultado en la ecuación 4, se elige la sección inmediatamente normalizada, que para el caso pertinente es de 0.5 mm², esto se presenta en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Selección de conductor para DC

CALIBRE (AWG)	SECCIÓN NOMINAL (mm²)	AMPERAJE (A)	TIPO DE CABLE
20	0,5	2	Cobre THHN

Elaboración: Propia

De tal manera que, las ecuaciones 3 y 4 expresadas con anterioridad, reflejan que la sección de cable que debe ser escogido es la de valor 0.1 mm^2 , sin embargo que al acatar la norma para instalaciones eléctricas y electrónicas internas de tableros (NEC, 2018), la sección del cable que se debe utilizar corresponde a la de valor $0.5 \text{ (mm}^2\text{)}$, siendo relacionado al cable THHN de cobre AWG 20.

SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.

- **CONTROLADOR ARDUINO**

Se seleccionó un Arduino Mega 2560, para controlar el sistema general. El mismo cuenta con la posibilidad de conectarse en red, esto mediante un módulo shield ethernet externo y de fácil adaptación. Este modelo fue elegido por su variedad de pines programables y su conveniencia económica, los cuales permiten la lectura de sensores y envío de datos para la acción principal del proyecto; cumpliendo con los objetivos planteados en el mismo.

- **MÓDULOS RELÉS ARDUINOS**

Estos elementos fueron dimensionados de acuerdo con la corriente que circularían por sus contactos. Por defecto, cada relé de estos módulos posee una capacidad de conducción de corriente de hasta 10 (A), tanto para corriente alterna como para continua. Por lo que, estos elementos resultan adecuados y por lo tanto fueron seleccionados para el cumplimiento de acciones como son: apertura de puertas, encendido y apagado de luminarias, de manera remota. Para la apertura de puertas se determinó un módulo de 4 relés Arduino, es decir, un relé por aula. En cuanto al encendido y apagado de luminarias se determinó un módulo de 8 relés Arduino, es decir, dos relés por aula.

- **FUENTE REGULABLE**

Este elemento fue dimensionado de acuerdo con el voltaje y corriente necesario para la operación de los elementos electrónicos del tablero, por lo que fue seleccionada para alimentar específicamente al módulo Arduino y los reguladores DC. Dicha fuente es regulable, teniendo su rango de operación de (0 a 24 V_{DC}), gracias a ello se puede energizar de manera correcta los componentes electrónicos que operen dentro de éste.

SELECCIÓN DE LOS GABINETES

Con el diseño de la conexión eléctrica y teniendo determinados todos los elementos que iban a conformar el tablero se procedió a la selección de los gabinetes metálicos. Cabe mencionar que un tablero está destinado a la parte electromecánica y la otra a la parte electrónica y de comunicación. Debido a la cantidad de elementos que componen ambos tableros fue claro elegir un gabinete de tamaño adecuado para cada uno de ellos, para que dichos elementos puedan tener versatilidad de operación y de igual manera se refleje una estética prudente frente a cualquier operador. Por lo cual, se optó por la elección de dos gabinetes metálicos de medidas que se muestran en la Figura 3.7 para la parte Electromecánica y en la Figura 3.8 para la parte de Electrónica y de Telecomunicaciones.

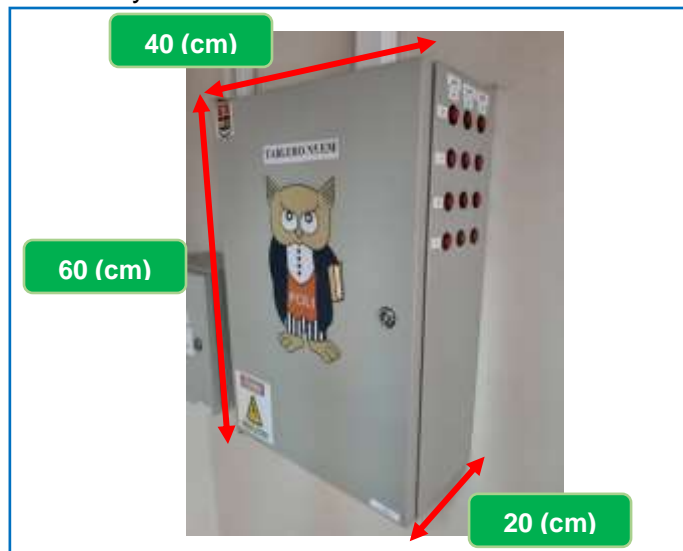


Figura 3.7: Dimensiones de tablero de Electromecánica
Fuente: Propia

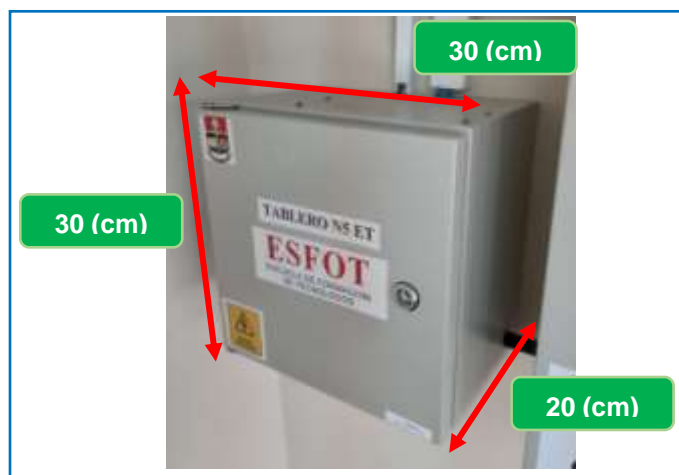


Figura 3.8: Dimensiones de tablero de Electrónica y Telecomunicaciones
Fuente: Propia

Ambos tableros poseen la certificación de protección IP41, la cual es útil para cuando se requiera realizar aplicaciones en la industria, construcción y distribución de energía eléctrica según la norma ISO 9001:2015 (Gabexel, 2016).

PUNTOS PRINCIPALES REFERIDOS A LA NORMA IEC 60529

La construcción de los gabinetes necesita ser estandarizado, por lo que la norma ISO/IEC brinda sistemas de evaluación y calificación para delimitar la capacidad de un gabinete para hacer frente a ciertas atribuciones del ambiente, desde la inmersión de líquidos hasta la inserción de polvo (Gabexel, 2016).

Los gabinetes eléctricos están clasificados dependiendo el grado de protección:

- Grado de protección para el equipo dentro del gabinete en contra del ingreso del agua.
- Grado de protección para el equipo dentro del gabinete en contra del ingreso de cuerpos sólidos extraños como el polvo.
- Grado de protección humana en contra de elementos peligrosos del gabinete.

Las siguientes dos normas tienen diferencias y semejanzas en sus especificaciones de rendimiento, calidad de elementos de diseño, pruebas y metodologías de cumplimiento.

La Tabla 3.9 indica los parámetros más importantes para cada una de las normas. Las dos se encargan de la protección del gabinete contra el ingreso de partículas y líquidos (Gabexel, 2016).

Tabla 3.9: Condiciones principales a las que las normas se rigen

NORMA	PUNTOS PRINCIPALES DE LOS QUE SE OCUPA
IEC 60529	Nivel de protección contra el ingreso de elementos sólidos y líquidos.
ISO 9001	Nivel de protección contra el ingreso de elementos sólidos y líquidos. Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes.

Elaboración: Propia

PROTECCIÓN CERTIFICADA DEL GABINETE (IP41)

Para el presente proyecto, el gabinete seleccionado fue elegido a través de las normas IEC 60529 (Gabexel, 2016). Este tablero posee una certificación IP, la cual se define de la siguiente manera, como se indica en la Figura 3.9.



Figura 3.9: Definición referida a toda certificación IP Gabinetes eléctricos
Fuente: Propia

El tablero eléctrico del proyecto posee un grado de protección IP41, en el cual:

4: Este número indica que el gabinete impide la entrada de piezas de diámetro menores a 1 (mm).

1: Este número indica que el gabinete imposibilita la entrada de gotas de agua en forma vertical.

PREPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERNA DEL TABLERO

Se empezó por determinar la posición adecuada de cada componente que constituiría el tablero, para ello fue necesario haber seleccionado previamente cada uno de ellos, según su función determinada.

A continuación, se describen los parámetros necesarios para la correcta distribución de cada componente:

- **POSIBLES PERTURBACIONES ELÉCTRICAS**

Este inconveniente puede presentarse principalmente entre los componentes electrónicos y electromecánicos, así como también el cableado interno de éstos.

Por tal razón se ubicaron los componentes electrónicos en la parte superior y los elementos eléctricos y electromecánicos en la parte inferior en la base interna del gabinete, con la finalidad de evitar posibles perturbaciones al momento de su funcionamiento.

De igual manera se designó el paso para el cableado respectivo, separando concretamente la parte AC de la parte DC.

- **FACILIDAD DE CONEXIÓN**

La principal razón fue permitir la conexión adecuada entre los diversos elementos, por tal motivo cada uno de ellos fueron instalados de acuerdo con su funcionalidad y así se logró escatimar material al momento del respectivo cableado.

- **ESTÉTICA**

Esto con el fin de que la distribución de cada componente sea agradable a la vista, razón por la cual los componentes del tablero fueron ubicados, de tal manera que puedan ser reconocidos y manipulados con facilidad.

En base a los parámetros citados con anterioridad, se procedió a ubicar cada componente, tal como se detalla en la Figura 3.10.

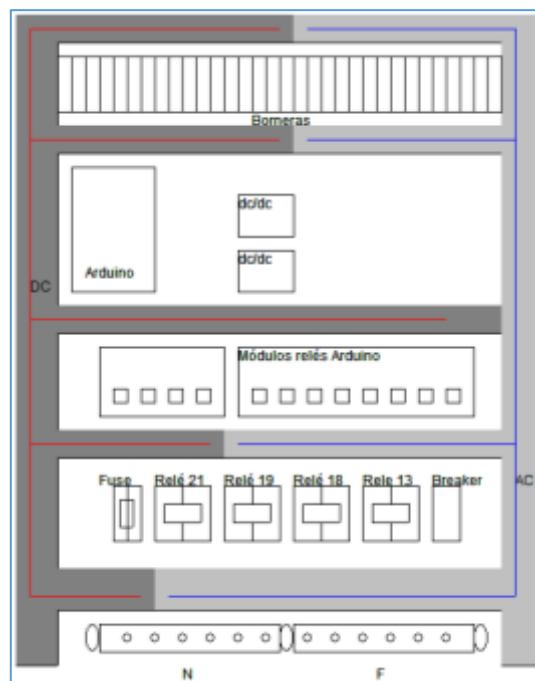


Figura 3.10: Distribución de corrientes en la estructura interna del tablero
Fuente: Propia

Una vez determinada la posición adecuada de cada elemento y seleccionado el gabinete, se procedió a instalarlos en el interior de éste. Es oportuno indicar que para realizar esta actividad se siguió ordenadamente pasos ya preestablecidos.

PREPARACIÓN DEL GABINETE METÁLICO

Como se indica en la Figura 3.11, lo primero que se realizó fueron orificios en la parte lateral derecha del gabinete. Esto con el propósito de instalar los interruptores de emergencia.



Figura 3.11: Preparación del gabinete metálico para construcción.
Fuente: Propia

MONTAJE DE COMPONENTES

En esta actividad se empezó por colocar canaletas ranuradas por todo el contorno de la base de fondo removible del tablero, ya que a través de ellas los conductores serían protegidos, aduciendo estética a la estructura interna (Figura 3.12).



Figura 3.12: Montaje inicial de componentes internos.
Fuente: Propia

Posteriormente, se procedió a ubicar los elementos electrónicos (Arduino, módulos relés de Arduino, convertidores DC/DC), eléctricos (borneras industriales y de distribución) y electromecánicos (relés) en la base, según corresponda su zona (Figura 3.13).



Figura 3.13: Instalación de componentes
Fuente: Propia

Una vez montados los componentes en la base interna del tablero de control, se procedió a realizar el respectivo cableado, para lo cual fue necesario determinar las conexiones eléctricas correspondientes para el óptimo funcionamiento del sistema, las cuales se detallan a continuación.

CABLEADO ELÉCTRICO INTERNO (DIAGRAMA DE CONEXIONES)

CABLEADO DC

Para un mejor entendimiento es necesario guiarse del diagrama de conexiones completo, ubicado en el anexo D.

- **CONEXIÓN ALIMENTACIÓN ARDUINO Y MÓDULOS RELÉS**

El Arduino es alimentando mediante la fuente reguladora que se encuentra instalada en la parte lateral izquierda de la estructura interna del tablero.

La fuente a su vez provee de energía a los reguladores DC/DC y éstos a su vez, energizan a los módulos relés del Arduino, tal como se ve en la Figura 3.14.

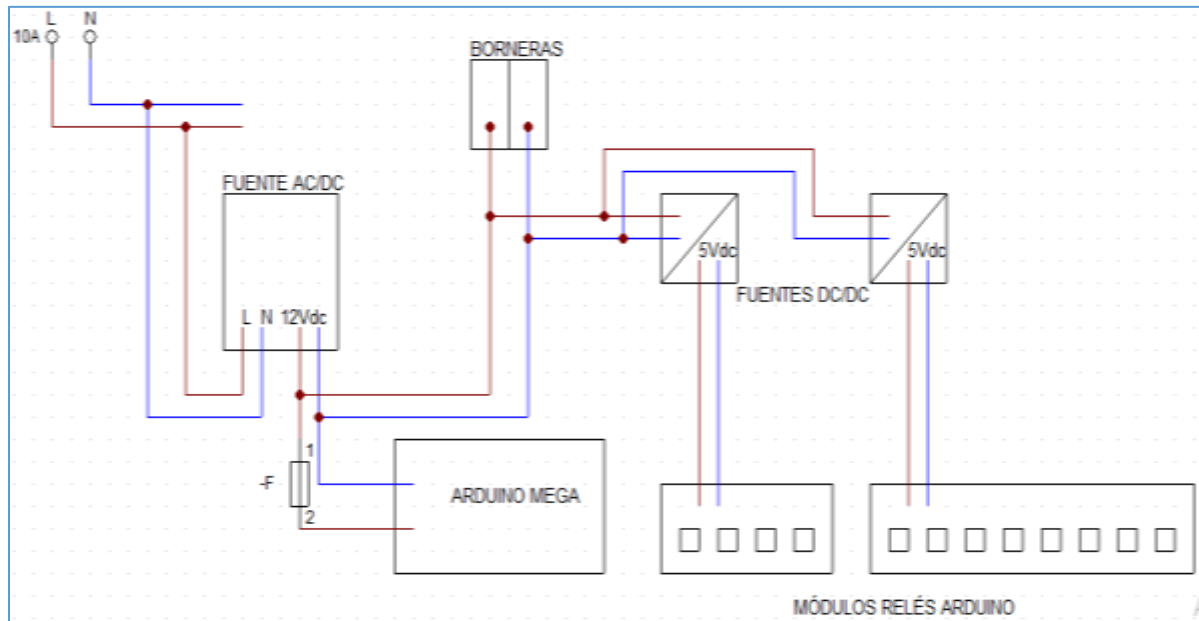


Figura 3.14: Diagrama de conexión Arduino y reguladores DC/DC
Fuente: Propia

El Arduino es el elemento que controla de manera general las acciones que realiza el tablero, por lo que constantemente lee los estados de los sensores de las ventanas y puertas, y a su vez ejecuta acciones de control recibidas desde el servidor principal para la apertura de puertas, encendido y apagado de luminarias, todo esto gracias al programa desarrollado por los compañeros de electrónica y telecomunicaciones.

Para ello, el Arduino envía la señal respectiva hacia los módulos relés para la realización de las acciones con respecto a luminarias y puertas.

Cada uno de éstos elementos fueron conectados a un pin específico del Arduino, los cuales se reflejan en la Tabla 3.10, Tabla 3.11 y Tabla 3.12 respectivamente.

Tabla 3.10: Pines del Arduino destinados para leer estado de puertas

TABLERO 5 - PUERTAS			
PINES	IN/OUT	AULA	CÓDIGO
54-A0	IN	21	PU_21_1
55-A1	IN	19	PU_19_1
56-A2	IN	18	PU_18_1
57-A3	IN	13	PU_13_1
58-A4	IN		
59-A5	IN		
60-A6	IN		
61-A7	IN		
62-A8	OUT	13	PR_13_1
63-A9	OUT	18	PR_18_1
64-A10	OUT	19	PR_19_1
65-A11	OUT	21	PR_21_1
66-A12	OUT		
67-A13	OUT		
68-A14	OUT		
69-A15	OUT		

Elaboración: Propia

Tabla 3.11: Pines del Arduino destinados para leer estado de ventanas

TABLERO 5 - VENTANAS			
PINES	VENTANA	AULA	CÓDIGO
22	1	21	VENT_21_1
24	2	21	VENT_21_2
26	3	21	VENT_21_3
28	1	19	VENT_19_1
30	2	19	VENT_19_2
32	3	19	VENT_19_3
34	4	19	VENT_19_4
36	1	18	VENT_18_1
38	2	18	VENT_18_2
40	3	18	VENT_18_3
42	4	18	VENT_18_4
44	1	13	VENT_13_1
46	2	13	VENT_13_2
48	3	13	VENT_13_3
50			
52			
23			
25			
27			
29			

Elaboración: Propia

Tabla 3.12: Pines del Arduino destinados para leer estado de luminarias

TABLERO 5 - FOCOS			
PINES	IN/OUT	AULA	CÓDIGO
2	IN	21	FO_21
3	IN	19	FO_19
4	IN	18	FO_18
5	IN	13	FO_13
6	IN		
7	IN		
53	OUT-ON	21	ON_FO_21
51		Pin no usado	
49	OUT-ON	18	ON_FO_18
47	OUT-ON	13	ON_FO_13
45	OUT-ON		
43	OUT-OFF	21	OFF_FO_21
41	OUT-OFF	19	OFF_FO_19
39	OUT-OFF	18	OFF_FO_18
37	OUT-OFF	13	OFF_FO_13
35			
33			
31	OUT-ON	19	ON_FO_19

Elaboración: Propia

Para la lectura correspondiente de sensores se utilizaron 22 borneras, mismas que corresponden al número de ventanas y puertas por aula, tal como se indica en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Indicación de borneras usadas para lectura de sensores

AULA 21		
1	P21	PUERTA
2	V21N1-D22	
3	V21N2-D24	VENTANAS
4	V21N3-D26	
5	GND21	GND
AULA 19		
6	P19	PUERTA
7	V19N1-D28	
8	V19N2-D30	VENTANAS
9	V19N3-D32	
10	V19N4-D34	
11	GND19	GND
AULA 18		
12	P18	PUERTA
13	V18N1-D36	
14	V18N2-D38	VENTANAS
15	V18N3-D40	
16	V18N4-D42	
17	GND18	GND
AULA 13		
18	P13	PUERTA
19	V13N1-D44	
20	V13N2-D46	VENTANAS
21	V13N3-D48	
22	GND13	GND

Elaboración: Propia

- **CONEXIÓN PARA LECTURA DE SENSORES**

Las borneras 5, 11, 17 y 22 están conectadas al pin negativo del Arduino, mismas que están punteadas entre sí en el tablero. Cada sensor posee dos cables, al no tener polaridad, uno de éstos fue conectada a un único punto común, correspondiente al GND perteneciente al Arduino. Es importante mencionar que el diagrama de conexión de sensores se tratará más adelante.

- **CONEXIÓN PARA APERTURA DE PUERTAS**

Se utilizó el módulo de cuatro relés Arduino, el diagrama se indica en la Figura 3.15 y corresponde a la activación de la cerradura eléctrica de la puerta de una sola aula, ya que la conexión realizada es idéntica para las demás.

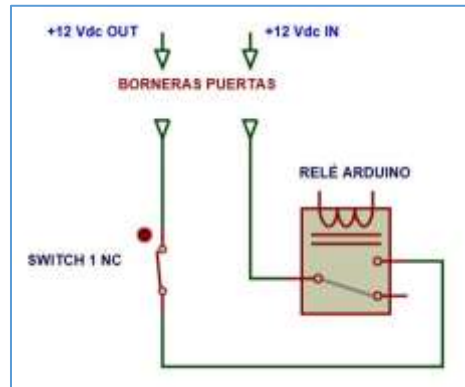


Figura 3.15: Diagrama de conexión para la apertura de puertas
Fuente: Propia

Las borneras usadas para el control de puertas están comprendidas entre la número 25 a la 32, como se detalla en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14: Indicación de borneras usadas para el control de puertas

PUERTAS		
25	(+)12 V OUT	AULA 21
26	(+)12 V IN	
27	(+)12 V OUT	AULA 19
28	(+)12 V IN	
29	(+)12 V OUT	AULA 18
30	(+)12 V IN	
31	(+)12 V OUT	AULA 13
32	(+)12 V IN	

Elaboración: Propia

Las borneras número 26, 28, 30 y 32 (V_{IN}) corresponde al voltaje positivo de las fuentes que energizan los biométricos de cada aula.

La corriente que es empleada para la apertura de puertas pasa por la bornera propia del contacto normalmente abierto del módulo relé Arduino. Las borneras número 25, 27, 29 y 31 (V_{OUT}) cierran el circuito para energizar la cerradura eléctrica de la puerta.

Por lo tanto, el Arduino envía la señal al módulo relé, éste cierra su contacto y permite el paso de corriente para la activación de dicha cerradura.

CABLEADO AC

- **CONEXIÓN PARA ENCENDIDO Y APAGADO DE LUMINARIAS**

Para el cumplimiento de estas acciones se utilizó el módulo de ocho relés Arduino, el diagrama se muestra en la Figura 3.16 y corresponde a la activación de luces de una sola aula, ya que la conexión para el encendido y apagado de luminarias es idéntica en todas.

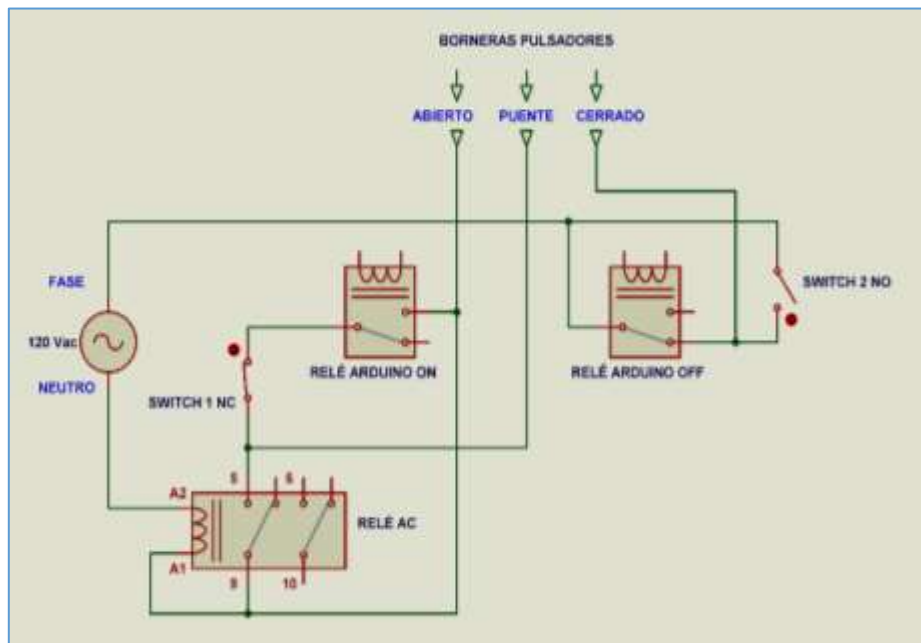


Figura 3.16: Diagrama de conexión para el encendido y apagado de luminarias.
Fuente: Propia

Para lograr el encendido de las luminarias, se conectó en paralelo el contacto del relé 1 NO (Arduino) hacia los puntos 5 y 9 que corresponden a los pines del contacto NO del relé 3 (AC) respectivamente, y se conectó el pin 9 hacia el punto de bobina A1 para su respectivo enclave.

El contacto NC del relé 2 (Arduino) se conectó en serie hacia el circuito descrito con anterioridad, ya que la línea tomada directamente de la fase del tablero pasa por dicho contacto y permite el cierre del circuito por medio de los pulsadores físicos ubicados en cada aula.

Por lo que, al activarse este relé, abre el circuito y permite la desactivación del relé 3 (AC) en caso de haber sido activado.

Los switches 1 y 2 (NC y NO respectivamente) fueron montados en caso de emergencia, es decir, si por alguna razón los relés de los módulos (Arduino) destinados para estas acciones llegasen a fallar, se cambiaría la posición de los switches para inhabilitar el mando remoto, hasta que dichos relés puedan ser reemplazados.

- **CONEXIÓN PARA FUERZA DE LUMINARIAS**

El diagrama respectivo se presenta en la Figura 3.17, la cual corresponde a la conexión de fuerza de luces para una sola aula, el mismo diagrama se usó para el resto.

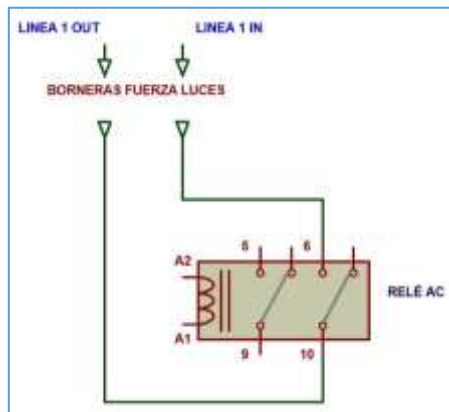


Figura 3.17: Diagrama de conexión destinada a fuerza en luminarias
Fuente: Propia

Las borneras usadas para la alimentación de luminarias están comprendidas entre la número 33 a la 40 (Tabla 3.15).

Tabla 3.15: Indicación de borneras usadas para la fuerza en luminarias

FUERZA LUCES		
33	L21OUT	AULA 21
34	L21IN	
35	L19OUT	AULA 19
36	L19IN	
37	L18OUT	AULA 18
38	L18IN	
39	L13OUT	AULA 13
40	L13IN	

Elaboración: Propia

Las borneras número 34, 36, 38 y 40 (IN) corresponden a la entrada de las líneas que alimentan las luces, tomadas para su respectiva modificación. Como se presentó en la Figura 3.17 con anterioridad, la línea 1 IN pasa por un contacto normalmente abierto del relé AC (pines 6 y 10), cuando éste enclava, cierra su contacto y permite la activación de las luminarias. Las borneras número 33, 35, 37 y 39, (OUT) corresponden a las salidas de las mismas líneas para la alimentación de luminarias.

INSTALACIÓN DE CABLEADO ELÉCTRICO INTERNO

En la Figura 3.18 se detalla el respectivo cableado interno realizado para cada elemento perteneciente al tablero.

Se realizó la conexión para alimentación del Arduino y reguladores de voltaje DC, de igual forma se conectaron los cables desde los pines del Arduino hacia las borneras para lectura de sensores y activación de módulos de relés Arduino.



Figura 3.18: Implementación de cableado eléctrico interno
Fuente: Propia

De igual forma se procedió a ubicar la fuente reguladora AC/DC en la parte izquierda del tablero y realizar sus respectivas conexiones (Figura 3.19).

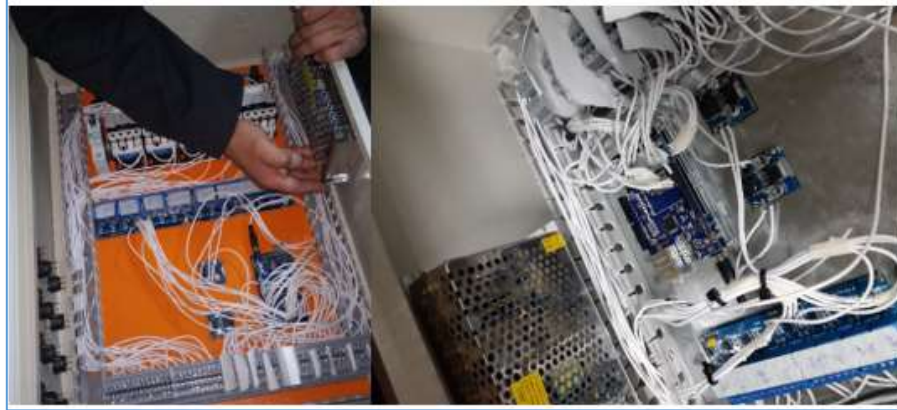


Figura 3.19: Instalación de fuente reguladora
Fuente: Propia

En la Figura 3.20 se demuestra la instalación de cableado AC, desde los contactos de los relés hacia las borneras respectivas. De igual forma, se realizó el cableado desde las borneras de fase y neutro para energización de los relés y la conexión de los interruptores de emergencia hacia las luminarias.

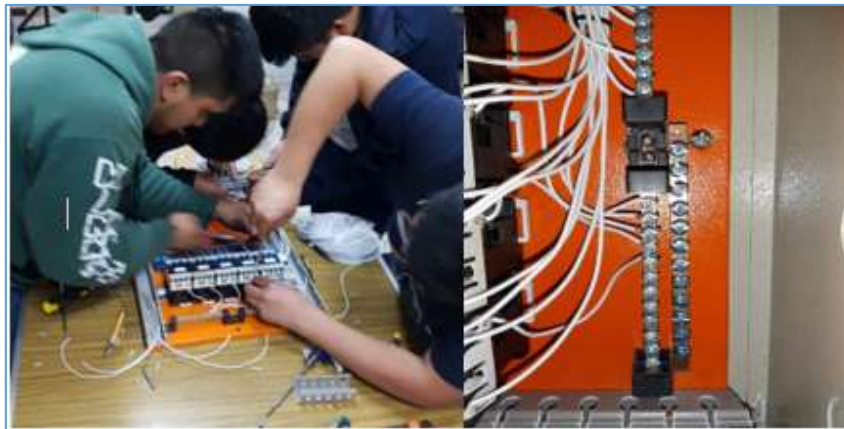


Figura 3.20: Implementación de cableado AC en la estructura interna del tablero
Fuente: Propia

3.3 INSTALACIÓN DE CABLEADO PARA ALIMENTACIÓN DE FUERZA Y CONTROL

Para la instalación del cableado se realizó una inspección técnica visual como se explicó con anterioridad, en la cual se determinaron los puntos y lugares adecuados tanto para energización del tablero como cableado de sensores y control de luminarias.

CONDICIONES PARA IMPLEMENTACIÓN DEL CABLEADO.

• ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

El punto para alimentación general del tablero se tomó del aula N° 18, mismo que corresponde a una línea de servicio de tomacorrientes de la misma aula, dicha línea posee su protección la cual se deriva de un tablero de distribución principal ubicado cerca del laboratorio 22A en la ESFOT.

En la Tabla 3.16 se indican las características de la línea mencionada.

Tabla 3.16: Condiciones de la línea de conexión para alimentación del tablero

Breaker de protección	20 (A)
Tipo de cable	THHN Cobre
Calibre del conductor	12 AWG

Elaboración: Propia

De acuerdo con la Tabla 3.16, se determinó que no habría inconveniente al conectar a esta línea la alimentación principal, ya que el consumo de corriente máxima del tablero es 10 (A).

El calibre del conductor para el cableado AC se escogió de acuerdo con el consumo de corriente máxima y a la caída de tensión permitida, según (Henríquez Harper, 2004).

Haciendo uso de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 citadas con anterioridad y teniendo en cuenta una longitud total de 8 (metros) de cable para la instalación, se procedió a calcular el calibre para éste conductor, obteniendo una sección de 0.8 (mm²) que corresponde a un calibre 18 AWG, pero de acuerdo a la norma NEC para instalaciones eléctricas residenciales (NEC, 2018) se escoge el conductor de calibre 14 AWG cuya sección de conductor es de 2.08 (mm²) destinada para iluminación, tal como se detalla en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17: Calibre de conductor elegido para cableado AC

Tipo de conductor	THHN (Cu)
Amperaje	15 (A)
Sección nominal	2.08 (mm ²)
Calibre	14 AWG

Elaboración: Propia

- **CONSIDERACIONES DE SENSORES Y CONTROL FÍSICO DE LUMINARIAS**

Para la selección adecuada del conductor, se tomó en consideración el amperaje de éste, así como también la distancia máxima desde el tablero hacia el punto de ubicación de cada componente.

En la Tabla 3.18 se presenta los valores de corriente a manejar con respecto a la carga específica.

Tabla 3.18: Condiciones iniciales para control físico de luminarias posterior

CABLEADO	CARGA	VALOR (A)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
Sensores	N/A	N/A	60
Control luminarias	Bobina relé AC	0.2	

Elaboración: Propia

- **SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA CONTROL DE LUMINARIAS**

Para la selección de este conductor, se realizó el mismo procedimiento usando las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 citadas con anterioridad. Se tomó en cuenta la longitud máxima del cableado de 60 (m), dando como resultado un conductor de calibre 20 AWG.

- **SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA LINEA DE ALIMENTACIÓN DE LUMINARIAS**

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción referida a las Instalaciones Eléctricas (NEC, 2018), para el dimensionamiento del calibre de los conductores se considera como mínimo la capacidad de corriente. Este calibre debe tolerar al menos el 125% del valor de la intensidad de corriente de la protección del circuito referido a la Tabla 3.19.

Tabla 3.19: Capacidad de protección en función del calibre del conductor

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (A)	15/16	20	30/32	40	50

Fuente: NEC

Para los circuitos de iluminación es relevante tomar en cuenta lo siguiente:

- El conductor designado a neutro tiene que ser exactamente igual al designado para las fases.
- Para los sistemas de iluminación, los circuitos deben utilizar conductores de cobre con aislante de tipo THHN con un valor mínimo de sección 2,5 (mm²); es decir cable (14 AWG) tanto para la fase y neutro.

De tal manera que, al obedecer a las normas ecuatorianas estipuladas (NEC, 2018) se toma en consideración el calibre del conductor a utilizar, siendo éste el cable 14 AWG, el cual es óptimo para su uso.

CABLEADO EXTERNO AL TABLERO (DIAGRAMA DE CONEXIONES)

- **ALIMENTACIÓN PRINCIPAL**

Para una adecuada acometida se tomó en cuenta la capacidad de la línea de servicio (Tabla 3.16), el circuito correspondiente se presenta en la Figura 3.21.

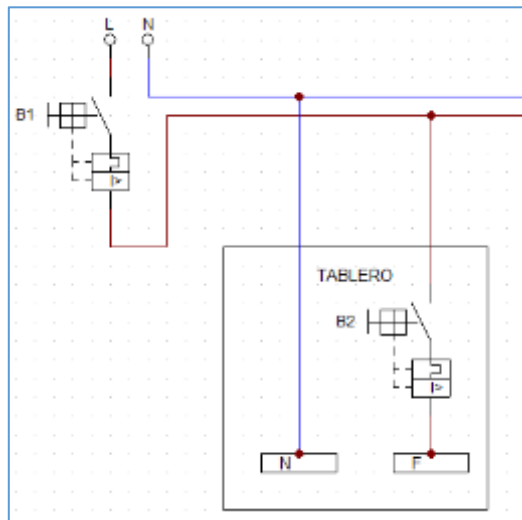


Figura 3.21: Diagrama de conexión para alimentación del tablero
Fuente: Propia

Siendo B1 la protección de la línea principal (tomacorrientes aula N°18) Y B2 la protección seleccionada para el tablero de control.

- **CONEXIÓN PARA CONTROL FÍSICO DE LUMINARIAS**

El circuito que se indica en la Figura 3.22 corresponde al encendido y apagado de las luminarias de cada aula, es importante señalar que el diagrama corresponde solamente al mando físico (pulsadores ON – OFF) ubicados en las aulas.

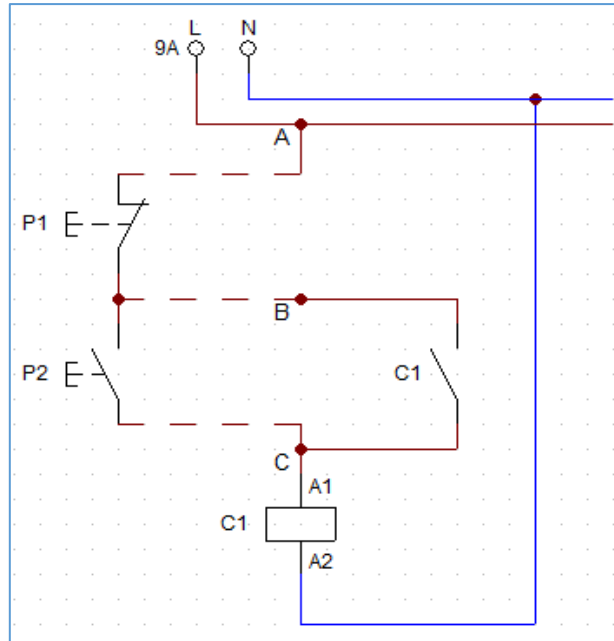


Figura 3.22: Diagrama de conexión para el encendido y apagado físico de luminarias
Fuente: Propia

Los pulsadores P2 y P1 permiten el encendido y apagado de las luminarias, los puntos A, B y C corresponden a las borneras industriales de control ubicadas en el tablero (cerrado, puente y abierto respectivamente).

- **MODIFICACIÓN DE LA CONEXIÓN DE LUMINARIAS**

En la Figura 3.23 se presenta el diagrama original de conexión.

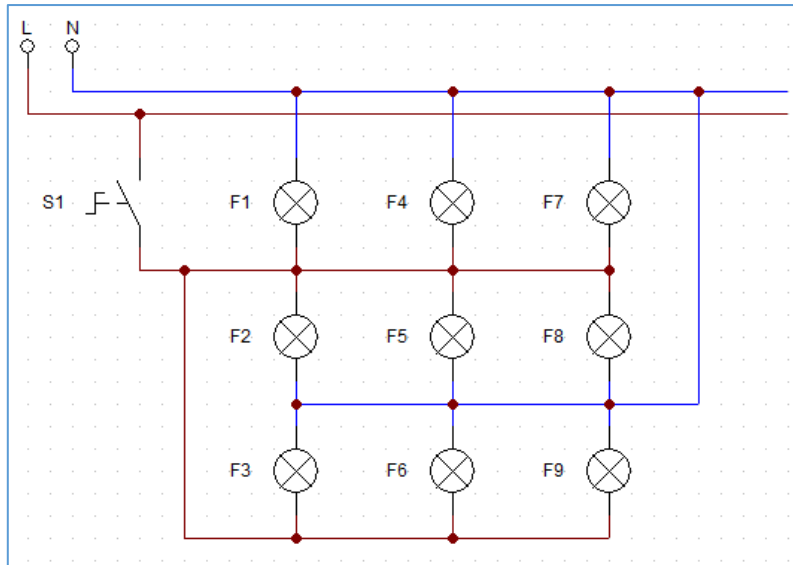


Figura 3.23: Diagrama de conexión antiguo de luminarias, el cual fue modificado
Fuente: Propia

Todas las luces son controladas por el interruptor S1, cabe mencionar que esta configuración estaba presente en todas las aulas pertenecientes al tablero como ya se indicó con anterioridad.

Para la modificación correspondiente se reemplazó el interruptor manual por un contacto NA (C1) perteneciente al relé ubicado en el tablero de control, tal como se ve en la Figura 3.24.

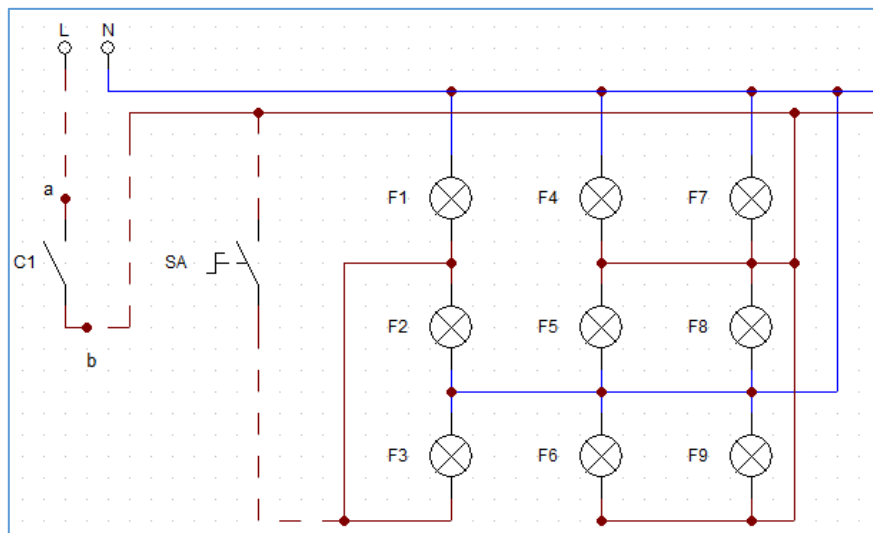


Figura 3.24: Diagrama de conexión para control de luminarias modificado y actual
Fuente: Propia

El interruptor SA enciende las luces F1, F2 y F3 (cercasas al pizarrón), con esto se logra controlar a conveniencia el encendido o apagado de las tres luminarias delanteras de cada aula, los puntos a y b corresponden a las borneras industriales de fuerza ubicadas en el tablero de control.

- **CONEXIÓN PARA LECTURA DE SENSORES ELECTROMAGNÉTICOS**

En la Figura 3.25 se indica la conexión realizada para lectura de sensores correspondientes. Cabe mencionar que dicha conexión está representada para una sola aula, ya que para las demás es similar, variando solamente en el número de ventanas por aula.

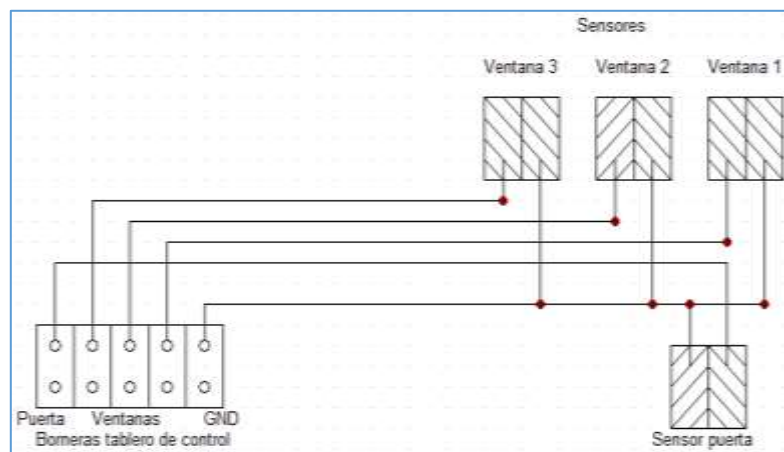


Figura 3.25: Diagrama de conexión para lectura de sensores
Fuente: Propia

INSTALACIÓN DEL CABLEADO

Una vez conocidos todos los requerimientos necesarios para el correspondiente cableado se procedió a la instalación del mismo.

Para ello, se empezó por instalar la tubería dentro de la cual se encuentran alojados los conductores.

Las características de la tubería utilizada (Figura 3.26) se indican a continuación:

- 3/4 de pulgada
- PVC corrugada



Figura 3.26: Tuberías corrugadas usadas en el cableado
Fuente: Propia

Seguidamente, se procedió al tendido de tuberías para alojamiento y protección de conductores, tanto para cableado AC, DC y de comunicación.

- **TENDIDO DE CONDUCTOS PARA CABLEADO DE SENSORES**

En la Figura 3.27 se indica el lugar por donde se realizó el tendido de tuberías para el respectivo cableado de sensores de ventanas y puertas en cada aula, las cuales van desde el tablero de control hacia los cajetines de paso instalados y ubicados en el techo a la altura de cada puerta y ventanas en las aulas.

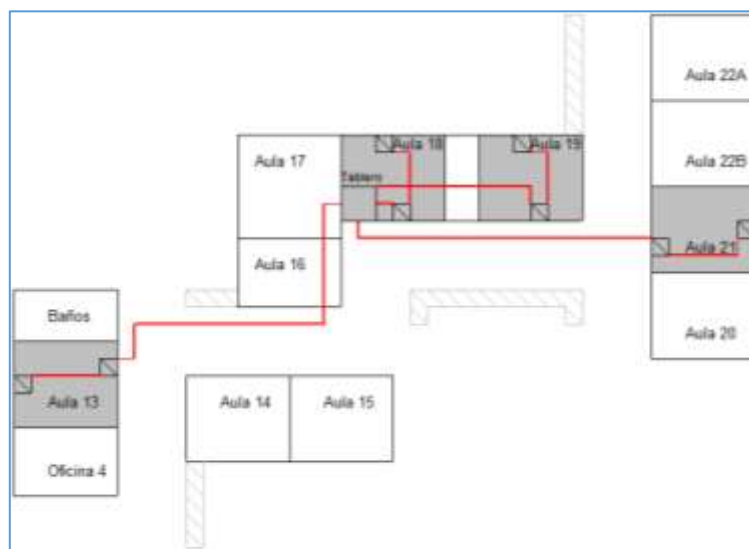


Figura 3.27: Tendido de tuberías para cableado de sensores
Fuente: Propia

- **TENDIDO DE CONDUCTOS PARA CABLEADO DE FUERZA Y CONTROL DE LUMINARIAS**

En la Figura 3.28 se indica el lugar por donde se realizó el tendido de tuberías para el respectivo cableado, tanto de fuerza como control de luminarias en cada aula, las cuales van desde el tablero de control hacia los cajetines de paso propios, ubicados en el techo a la altura de los pulsadores ON-OFF para encendido y apagado de luminarias en cada aula.

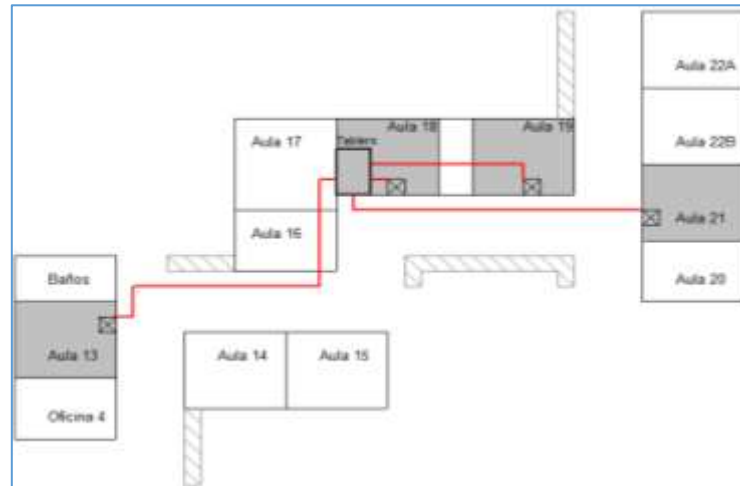


Figura 3.28: Tendido de tuberías para cableado de fuerza y control
Fuente: Propia

Los conductos destinados para cada cableado fueron sujetos con amarras plásticas, ubicados por encima de los techos de cada aula y junto al cableado propio de las instalaciones, esto se detalla en la Figura 3.29.



Figura 3.29: Instalación de conductos para cableado
Fuente: Propia

En la Tabla 3.20 se especifica la disposición tomada para el alojamiento de los conductores en cada conducto.

Tabla 3.20: Disposición de tubería para cableado respectivo

# CONDUCTOS 3/4"	CABLEADO
1	Sensores Conexión DC Cerradura eléctrica
	Comunicación
1	Control de luminarias Fuerza de luminarias
1	Alimentación principal

Elaboración: Propia

La tubería de 3/4 fue dimensionado de acuerdo a la norma NEC referida a instalaciones eléctricas (NEC, 2018) la cual especifica que las tuberías para los conductores eléctricos deben tener un diámetro suficiente para alojar los cables, donde la suma de sus áreas no exceda el 40% del área transversal de la tubería.

El área transversal de un conductor o tubería se calcula a partir de la fórmula:

$$\text{Área transversal} = \frac{\pi}{4} \times (d^2) \quad \text{Ec. 5}$$

Por lo tanto, según los diámetros propios de cada conductor y tubería, se tiene:

$$\text{Área transversal (20 AWG)} = \frac{\pi}{4} \times (0.81^2) = 0.51 \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{Ec. 6}$$

$$\text{Área transversal (14 AWG)} = \frac{\pi}{4} \times (1.6^2) = 2 \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\text{Área transversal (tubería 3/4)} = \frac{\pi}{4} \times (19^2) = 284 \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\text{Área transversal (Cable UTP 5E)} = \frac{\pi}{4} \times (6^2) = 28.27 \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{Ec. 9}$$

Según la tabla 3.20:

- TUBERÍA PARA SENSORES, GND, CERRADURA Y CABLE UTP

7 cables calibre 20 AWG (Área de 0.51 (mm²))

1 cable UTP (Área de 28.27 (mm²))

$$\text{Área total} = (7 \times 0.51) + (1 \times 28.27) = 31.84 \text{ (mm}^2\text{)} = 11,21\% \quad \text{Ec. 10}$$

Donde 4 cables son para sensores, 1 cable para GND, 2 para la cerradura eléctrica y 1 cable UTP categoría 5E de comunicación.

- TUBERÍA PARA CONTROL Y FUERZA DE LUMINARIAS

2 cables calibre 14 AWG para fuerza (Área de 2 (mm²))

3 cables calibre 20 AWG para control (Área de 0.51 (mm²))

$$\text{Área total} = (2 \times 2) + (3 \times 0.51) = 5.53 \text{ (mm}^2\text{)} = 2\% \quad \text{Ec. 11}$$

- TUBERÍA PARA ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

2 cables calibre 14 AWG (Área de 2 (mm²))

$$\text{Área total} = 2 \times 2 = 4 \text{ (mm}^2\text{)} = 1.5\% \quad \text{Ec. 12}$$

Según los resultados obtenidos en las ecuaciones 10, 11 y 12 el valor en porcentaje no excede al valor establecido en la norma NEC referido a instalaciones eléctricas (NEC, 2018).

Es importante señalar que esta disposición fue designada para el cableado en cada aula, desde el tablero hacia los distintos puntos de conexión. Una vez instalada la tubería se procedió a pasar los conductores, para ello se hizo uso de una guía de alambre galvanizado. Se empezó por pasar los conductores para DC, siendo estos sensores, comunicación y activación de cerradura eléctrica en un solo ducto de tubería.

Seguidamente se procedió a pasar a los conductores para AC referidos a la fuerza y control de luminarias, como se presenta en la Figura 3.30.



Figura 3.30: Paso de cable a través de tubería previamente instalada
Fuente: Propia

Por último, se pasó los conductores para la alimentación principal del tablero (Figura 3.31).



Figura 3.31: Paso de cable a través de tubería para alimentación principal de tablero.
Fuente: Propia

INSTALACIÓN DE COMPONENTES EXTERNOS AL TABLERO.

En las siguientes figuras se detalla una breve descripción con imágenes, donde se indica el proceso de instalación respectivo a cada componente externo al tablero:

- **SENSORES ELECTROMAGNÉTICOS**

Los sensores fueron montados en la parte superior de cada ventana y puerta de las aulas 13, 18, 19 y 21 de la ESFOT. Los mismos fueron sujetos con tornillos escogidos según lo necesario para los sensores.

Por ser sensores electromagnéticos éstos deben formar un campo de energía para poder enviar la señal de censado, por lo que la distancia entre cada parte que compone un sensor fue instalado lo más cercano posible.

En la Figura 3.32 se indica la manera en que se ven los sensores al estar cerrada y abierta la ventana y también de cómo están montados en cada puerta respectivamente.

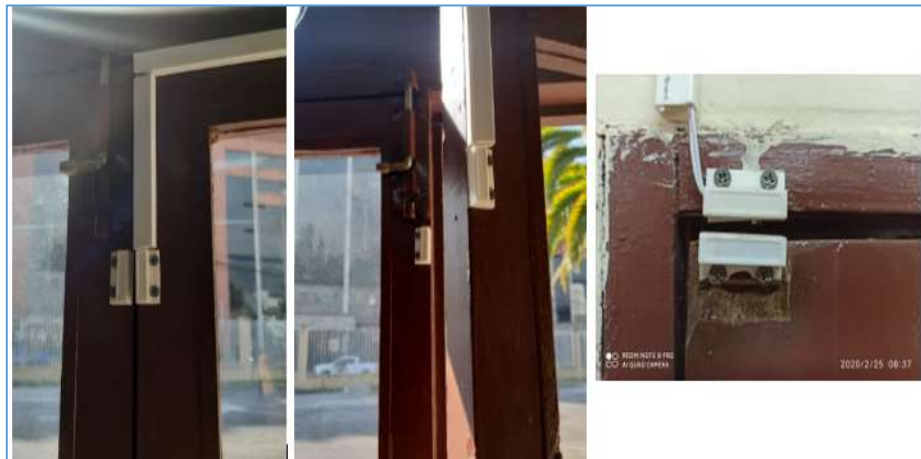


Figura 3.32: Instalación de sensores en las ventanas y puertas de las aulas
Fuente: Propia

En la Figura 3.33 se indica la instalación final de sensores en las ventanas por aula.





AULA	VENTANAS
13	
18	
19	
21	

Figura 3.33: Ventanas de cada aula con sus respectivos sensores.
Fuente: Propia

- **PULSADORES ON-OFF SEMIINDUSTRIALES**

Estos pulsadores fueron instalados en el mismo sitio y en reemplazo de los interruptores de luces antiguos de las aulas de la ESFOT, los mismos que constan de dos botones, uno de color verde que enciende las luces, y el rojo que apaga las mismas (Figura 3.35).

Estos permiten la operación del sistema para el mando físico, son semirobustos y su ubicación es al lado izquierdo o derecho de la puerta de cada aula según corresponda y con referencia a la chapa eléctrica, como se indica en la Figura 3.34 que muestra la estética de las puertas desde dentro.

AULA	INTERRUPTORES Y PUERTAS	AULA	INTERRUPTORES Y PUERTAS
13		19	
18		21	

Figura 3.34: Estética final de las puertas por cada aula
Fuente: Propia



Figura 3.35: Modelo de interruptor instalado en cada aula
Fuente: Propia

- **INTERRUPTOR DE LUMINARIAS FRONTALES**

Estos interruptores tienen la función de poder encender o apagar las 3 luminarias del frente de cada aula; con un objetivo pedagógico, el de poder colocar un proyector para las clases impartidas por los docentes. Cabe recalcar que estos interruptores quedan inoperables cuando las luces son apagadas mediante el pulsador de la Figura 3.35, ya que los mismos comandan las luminarias en su totalidad. La ubicación de cada uno de éstos fue al lado izquierdo de los pizarrones de cada aula viéndolos desde los pupitres, esto con el fin de que los docentes puedan manipularlos fácilmente como se presenta en la Figura 3.36.



Figura 3.36: Instalación de interruptor para control de luminarias frontales
Fuente: Propia

Los siguientes componentes son elementos externos igualmente importantes para el funcionamiento completo del sistema, pero no fueron profundizados a lo largo de todo el documento ya que éstos pertenecen específicamente a la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones. Siendo éstos:

- **CERRADURA ELÉCTRICA**

La cerradura eléctrica está montada a aproximadamente 3 (cm) de la parte superior de la chapa antigua de la puerta de cada aula de la ESFOT.

Las mismas fueron instaladas con la ayuda de un sacabocado, el cual permitía hacer el hueco en donde la cerradura muestre el lugar para introducir la llave.

Para su plena sujeción fueron montadas con tornillos reforzados. Esta cerradura puede ser abierta de manera remota desde el servidor, también mediante el biométrico con una huella registrada o con una llave; además consta de un pulsador sencillo el cual al presionarlo permite la apertura de la chapa desde la parte interna de las aulas.

En la Figura 3.37 se presenta el proceso de montaje de las cerraduras eléctricas y en la Figura 3.38 su montaje y ubicación final.



Figura 3.37: Proceso de montaje de cerradura eléctrica
Fuente: Propia



Figura 3.38: Montaje final de cerraduras eléctricas en cada puerta.
Fuente: Propia

- **BIOMÉTRICOS DE ACCESO**

Los biométricos fueron instalados con las bases provenientes del mismo paquete cuando se realizó la adquisición, y fueron sujetos con tornillos reforzados. Estos dispositivos se encuentran ubicados a una altura de aproximadamente 1 metro del suelo, montados indistintamente a la izquierda o a la derecha de cada puerta, debido a que en algunos lugares las condiciones de la pared o del techo de donde provenían los cables de alimentación y comunicación no eran los más adecuados para asentarlos allí, esto se presenta en la Figura 3.40, después de la Figura 3.39 que expone la instalación de los biométricos y pruebas en el aula 29.



Figura 3.39: Pruebas del biométrico e instalación
Fuente: Propia

AULA	UBICACIÓN BIOMÉTRICOS	AULA	UBICACIÓN BIOMÉTRICOS
13		19	
18		21	

Figura 3.40: Estética de las puertas de cada aula vistas desde fuera.
Fuente: Propia

- **PLACA ELECTRÓNICA**

La instalación de la placa electrónica fue en cajetines metálicos cuadrados previamente ubicados al momento de colocar la tubería para el paso de los cables, éstas placas resultan útiles para la apertura de puertas, son sensibles por su construcción, por lo que están cubiertas de una tapa metálica de igual forma que el cajetín con el fin de protegerla ante cualquier situación adversa que pueda presentarse, como se ve en la Figura 3.41.



Figura 3.41: Ubicación de las placas electrónicas en cajetines
Fuente: Propia

DATOS RELEVANTES

Los siguientes datos son mencionados en esta parte, ya que al final de colocar el sistema suscitaron eventos importantes, los cuales son:

- En la Figura 3.42 la Ing. Mónica Vinueza probó el sistema en el aula N° 28, ésta prueba resultó satisfactoria tanto para la docente como para los tesisistas, ya que el sistema demostró ser apto y funcional ante los requisitos iniciales solicitados para el proyecto, dando así cabida a la buena realización e implementación de éste.



Figura 3.42: Primera prueba del sistema de control y acceso por un docente
Fuente: Propia

- Otro dato importante fue el reemplazo de un elemento relevante en la estructura interna del tablero para el control de luminarias como lo es el contactor; elemento que se colocó dentro de dicha estructura. El contactor adquirido fue de marca LS (Figura 3.43), mismo que fue referido como de buena calidad.



Figura 3.43: Contactor LS.

Fuente: Web

Al finalizar la implementación del sistema, se realizaron pruebas de operación, éstos no presentaron daño alguno, hasta que después el elemento empezó a emitir un sonido desagradable, mismo que no podía ser pasado por alto ya que hubiese sido una molestia auditiva para los estudiantes y docentes presentes en aulas donde persistía el inconveniente. Este problema pudo surgir por varias razones, de entre las más comunes por la calidad de producto o sino por ser elementos de series antiguas en stock. Este inconveniente se presentaba en ciertas aulas más no en todas; sin embargo, se prefirió reemplazar éstos elementos de cada tablero del sistema completo por relés Schneider con certificación (Figura 3.44) de iguales especificaciones que el contactor, mismos que fueron donados por el Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT. De esta manera el sistema quedó funcional en su totalidad en las instalaciones de ésta.



Figura 3.44: Relé Schneider

Fuente: Web

3.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al concluir con la implementación del nuevo tablero para control, así como con la instalación del nuevo sistema de iluminación para las aulas, se procedió a efectuar las pruebas necesarias para corroborar la correcta operación de éste, siendo realizadas en cada una de las aulas y desde el servidor principal. Siendo las siguientes:

- **PRUEBA DE CONSUMO DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN RELÉS**

Mediante el uso de un multímetro digital, se procedió a medir los valores tanto de voltajes como de corrientes presentes en los relés del tablero. Esta prueba fue realizada con el fin de determinar que valores de voltaje y corriente se obtienen en los relés al estar energizado el tablero y también cuando no lo está, midiéndolos uno por uno y en conjunto; de tal manera de que los operarios conozcan las características que deben tener estos dispositivos en el caso de falla o daño, para poder reemplazarlos y que el sistema pueda operar con normalidad.

Tabla 3.21: Resultados de prueba de consumo de voltajes y corriente

LUGAR DE PRUEBA	RELÉS	VOLTAJE (V _{AC})		CORRIENTE EN BOBINA (A)	
		DESENERGIZADO (V _{AC})	ENERGIZADO (V _{AC})	DESENERGIZADO (A)	ENERGIZADO (A)
Escuela de Formación de Tecnólogos Zona Norte (Aula 18) Tablero 5	Relé Aula 13	0	124,5	0	0,1
	Relé Aula 18	0	124,4	0	0,1
	Relé Aula 19	0	124,5	0	0,1
	Relé Aula 21	0	124,5	0	0,1

Elaboración: Propia

En la Tabla 3.21 se presentan los datos recogidos para esta prueba. Estos valores al tener desenergizado el tablero son claros, ya que es elemental que sin alimentación en ninguno de los elementos éstos no presenten ningún valor de voltaje y mucho menos de corriente. Por otro lado, al energizar el tablero es evidente que con la alimentación del mismo éste indicaría valores ya estimados como se presenta en la Tabla 3.21 con anterioridad. Con estos valores se logró determinar que el tablero y cada uno de sus elementos trabajan al voltaje y corrientes dimensionados desde un principio, así de esta manera se obtuvieron los resultados esperados

ya que el tablero debe trabajar en el rango de voltaje no superior a los 127 (V_{AC}), aclarando que todo el tablero y sus elementos trabajan a dicho voltaje.

- **PRUEBA DE TIEMPO DE ENCENDIDO (ARDUINO)**

Con la ayuda de un cronómetro se realizó la prueba al que se considera el elemento más relevante del tablero, el Arduino. Esta prueba fue realizada con el fin de determinar el tiempo en el que este elemento responde nuevamente al ser energizado, ya sea que puede recibir una caída considerable de voltaje o sufra una desenergización inesperada cuando se encuentre operando. Es importante mencionar que este elemento está protegido gracias a las varias protecciones instaladas en el tablero de control, pero no está excepto a dañarse. Para este experimento se consideró realizar el test 5 veces, obteniendo finalmente un valor promedio de respuesta del Arduino.

Tabla 3.22: Resultados de prueba de tiempo de encendido del Arduino

LUGAR DE PRUEBA	# DE TEST	TIEMPO DE ENCENDIDO ARDUINO (SEG)
	1	3,5
Escuela de Formación de Tecnólogos Zona Norte (Aula 18)	2	3,48
Tablero 5	3	3,52
	4	3,48
	5	3,5
TIEMPO ENCENDIDO PROMEDIO (seg)		3,496

Elaboración: Propia

El tiempo de respuesta y activación del Arduino es relativamente pequeño, ya que después de 5 pruebas del mismo tipo el tiempo promedio de encendido del Arduino es de 3.496 (seg). En la Tabla 3.22 se presenta el tiempo que el Arduino se demoraba en reaccionar y ponerse en operación por 5 periodos, siendo éstos similares entre ellos. Esto resulta ser correcto con respecto a lo esperado y cumple con lo requerido; por lo tanto, el tiempo de activación del Arduino es tolerable y correcto. Esta prueba fue realizada con la ayuda de otra persona y un cronómetro, ya que es imposible determinar el tiempo sin el mismo. La prueba resulta satisfactoria.

- **PRUEBA DE CONTINUIDAD EN DISTRIBUCIÓN DE CONDUCTORES**

Así mismo, con la manipulación de un multímetro digital se comprobó que el cableado interno y externo del tablero se encuentre armado de forma correcta y que opere con normalidad, esto con el fin de confirmar que el diagrama de conexión del tablero sea el esperado cuando se opte por seguir el camino de los cables; para que de esta manera se pueda garantizar la eficiente operación del sistema cuando se energice o desenergice el mismo, evitando así se genere una perturbación dentro o fuera del tablero. Para ello, se consideró realizar la prueba tanto a la parte Electromecánica como a la parte Electrónica que el tablero posee.

Tabla 3.23: Resultados de prueba de continuidad en el sistema

DIAGRAMA DE CONEXIÓN	PARTE ELECTROMECAÁNICA	PARTE ELECTRÓNICA
Aula 13	✓	✓
Aula 18	✓	✓
Aula 19	✓	✓
Aula 21	✓	✓
Alimentación	✓	✓
Interruptores de emergencia	✓	✓
Conexiones extras	✓	✓
Tablero general	✓	✓

Elaboración: Propia

En la Tabla 3.23 se presentan los resultados de la prueba de continuidad realizada al tablero, en ella se puede determinar que tanto la conexión completa del tablero y la alimentación de éste poseen una adecuada y correcta conexión, la cual corresponde al diagrama de conexiones adjuntada en los anexos C y D al final del documento, cumpliendo así de esta manera con la prueba de continuidad satisfactoriamente.

- **PRUEBA DE SISTEMA A DESENERGIZACIÓN INESPERADA**

Es importante mencionar que cualquier tipo de sistema que involucre electricidad está propenso a sufrir algún tipo de situación en la que la energía falte o falle en el mismo, es por

eso el motivo de esta prueba. Para lo pertinente, se optó por provocar al tablero una perturbación brusca, en la cual el breaker principal de energización era puesto en OFF, pero de manera inmediata era puesto nuevamente en ON. Esto con el objetivo de determinar de qué manera respondía el sistema y más aún el Arduino a este tipo de perturbaciones, las cuales no son comunes, pero no se excepta de que puedan suceder en alguna ocasión. Para poder sacar un resultado preciso de esta prueba, la misma se la realizó 5 veces de manera periódica.

Tabla 3.24: Resultados de prueba ante desenergización inesperada

NÚMERO DE TEST	SISTEMA	
	RESPONDE	NO RESPONDE
1	✓	
2	✓	
3	✓	
4	✓	
5	✓	

Elaboración: Propia

En la Tabla 3.24 presentada con anterioridad, se presentan los resultados de esta prueba. En los 5 test realizados se determina que el tablero responde de manera correcta a pesar de la desahabable caída de voltaje, debido a que todos los componentes del tablero y más aún el Arduino están resguardados a través de protecciones adecuadas a sus especificaciones, siendo el elemento de protección más relevante para la parte electrónica el regulador de voltaje FORZA, el cual no permite el encendido del Arduino hasta después de 10 (seg), valor configurado en el elemento; es decir que, a pesar de la desenergización inesperada las protecciones responden de manera correcta y permiten que el tablero opere sin repercusión alguna posteriormente.

En el caso de que el sistema del tablero llegase a fallar se podría deber a muchas situaciones, algunas de ellas pueden ser la calidad de elementos, uso de éstos o en el peor de los casos que el Arduino ya se encuentre deteriorado o esté a punto de quedar obsoleto. La prueba resultó ser adecuada, cumpliendo con los requerimientos preestablecidos.

- **PRUEBA DE SISTEMA CON EL SERVIDOR FUERA DE SERVICIO**

En un sistema eléctrico en donde su principal operador es la electricidad puede malograr, en un sistema informático puede fallar su conexión a la red, debido a que este sistema opera mediante la misma y de igual manera en alguna ocasión puede llegar a faltar o a fallar. Esta prueba se realizó desconectando al servidor principal de la red de internet y se procedió a abrir puertas, encender y apagar luces de manera física; obviando al servidor principal, determinando si presenta o no alguna falla el sistema general.

Tabla 3.25: Resultados de prueba con el servidor fuera de servicio

ACCIONES FÍSICAS REALIZADAS	SISTEMA CON SERVIDOR FUERA DE SERVICIO	
	FUNCIONA	NO FUNCIONA
Apertura de puertas mediante biométrico	✓	
Encendido/Apagado de luminarias	✓	
Monitoreo de ventanas		✓
Monitoreo de puertas		✓
Monitoreo de luminarias		✓

Elaboración: Propia

Los resultados de ésta prueba se presentan en la Tabla 3.25, en ella se indica que el sistema responde de manera adecuada a pesar de que el servidor principal se encuentre inactivo, esto indica que el sistema puede funcionar tanto de manera remota como física a la vez, siendo una ventaja para el mismo, ya que es probable que en un sistema cualquiera su principal elemento llegue a hacer falta, en este caso la conexión a la red. La prueba resulta ser apacible ya que demuestra el funcionamiento correcto del sistema, a pesar de las trabas.

3.5 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y EJECUCIÓN

El manual de mantenimiento y ejecución se encuentra detallado en el anexo E, el mismo contiene información acerca de la forma en que se debe impartir mantenimiento al tablero de control para que el mismo conserve su funcionalidad por un largo periodo. Este manual contiene temas tales como:

- Cuadros de mantenimiento en donde se detalla las diferentes áreas, tiempos de evaluación y procedimientos que se deben ejecutar como planes de mantenimiento para corregir inconvenientes con el sistema de automatización de las aulas de la ESFOT.
- Listado de verificación del sistema en el cual se visualiza un formato para realizar la verificación del mantenimiento del sistema de automatización de las aulas de la ESFOT.
- Listado de soluciones donde se indica el listado de soluciones que se deben ejecutar cuando se encuentre un inconveniente en el listado de verificación del sistema de mantenimiento de automatización de las aulas de la ESFOT.
- Problemas comunes donde se puede verificar algunos inconvenientes que se generan fuera del tiempo de mantenimiento de manera inoportuna.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En el lapso de 5 meses aproximadamente se construyó un tablero de control, el cual trabaja en conjunto con elementos externos al mismo, tales como: biométricos para control de acceso, cerraduras eléctricas, sensores electromagnéticos y cableado estructurado, los cuales complementan al funcionamiento del mismo y permiten la operación correcta del sistema de control, monitoreo y acceso para las aulas de la Escuela de Formación de Tecnólogos. En la actualidad, los estudiantes no pueden disponer de las mismas a conveniencia para cometer actos no permitidos por la ESFOT. El personal que tiene acceso directo a éstas, son los docentes y personal autorizado, resguardando así la integridad general de las aulas y sus elementos que la conforman, cumpliendo con el objetivo principal del proyecto.
- Los elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos del tablero operan con normalidad y sin presentar ningún daño, por lo tanto, las protecciones instaladas en el tablero de control y en el sistema en general, están funcionando de manera correcta y realizan su función determinada, haciendo del mismo un sistema robusto.
- Al realizar la conexión para la alimentación principal del tablero, se determinó que la misma no poseía la capacidad de añadir más cargas, por lo que se optó en reforzar esta conexión montando protecciones eléctricas y aumentando el calibre de conductor de ésta.
- Al finalizar la implementación total del sistema, éste fue sometido a pruebas de perturbaciones y conexiones en general, ante lo cual se presentaron dos inconvenientes: uno referido a la conexión del servidor con la red ethernet implementada y la otra a la conexión del Arduino con el nuevo sistema de luces. Posteriormente, ambos problemas fueron corregidos, de tal manera que el sistema completo está funcionando correctamente, cumpliendo así con los requisitos solicitados por las autoridades de la ESFOT.
- En base a las pruebas realizadas, el consumo de corriente real de las luminarias no excede el valor de corriente nominal del relé, cuyo valor es de 6 (A), por lo que el dimensionamiento de éste es el adecuado para el cumplimiento de su función específica.

- El regulador Forza suprime los transientes de voltaje que puedan presentarse en las barras del tablero de control ante un posible aumento o disminución de voltaje, protegiendo así todos los elementos que se encuentran conectados a éste.
- El dimensionamiento del calibre de los conductores AC se realizó tomando en cuenta la cantidad de corriente que iba a circular por éstos, por lo que se logra evitar el recalentamiento en el cableado tanto de señal como de alimentación principal, y así impedir que los elementos se vean afectados.
- Al conocer las corrientes en cada una de las cargas pertenecientes al tablero de control se pudo dimensionar adecuadamente el breaker, cuyo valor es de 10 (A). Con esto se logra la protección integral de cada elemento que pueda verse afectado ante una posible perturbación eléctrica.
- Los contactores resultan ser más robustos para este tipo de aplicaciones que requieran una considerable circulación de corriente como es el caso de las luminarias, sin embargo, se optó utilizar relés, los cuales tienen las mismas especificaciones que su antecesor, pero su estructura es más pequeña y menos vulnerable a fallas como el zumbido eléctrico.
- En el tablero de control, tanto el cableado AC como el DC se encuentran separados entre sí, esto se hizo para evitar posibles interferencias de señal que puedan presentarse y de esta manera afectar el funcionamiento de los componentes electrónicos.

4.2 RECOMENDACIONES

- El sistema de control de acceso y seguridad de las aulas de la ESFOT funciona de manera correcta pero siempre será necesario un mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que se recomienda aplicar correctamente los manuales escritos por los autores de éste, o bien por una persona capacitada en el tema.
- Debido a que los elementos que componen el sistema se encuentran vulnerables a cualquier fallo o daño, es recomendable supervisar el sistema en varios periodos de tiempo como lo indican los manuales respectivos, todo esto con el fin de extender la vida útil del sistema.
- En caso de falla o daño de algún elemento de cualquier tipo, se recomienda cambiarlo por uno de las mismas especificaciones y en lo posible de la misma marca, ya que se comprobó que con éstos el sistema presenta bajos márgenes de error.
- Para la asignación de horarios, docentes y huellas dactilares, es necesario que la persona que realice esta tarea haya sido capacitada con anterioridad, ya que de esto depende que el sistema se desenvuelva de manera correcta.
- No operar el tablero energizado, ya que el mismo presenta riesgo eléctrico. El personal que lo opere debe acatar obligatoriamente las indicaciones de los manuales y estar capacitado en el tema.
- Los cálculos en conductores para una instalación eléctrica pueden variar según los datos utilizados, por lo que se recomienda regirse a la norma ecuatoriana de construcción e instalaciones eléctricas (NEC), la cual indica claramente que calibre de conductor se utiliza para este tipo de conexión utilizada en el sistema.
- Para garantizar la correcta operación del sistema se recomienda adquirir elementos electrónicos robustos o con certificaciones de fábrica, ya que los genéricos son vulnerables a daños o fallos en su operación.
- Para una buena conexión y distribución del cable, es recomendable etiquetar cada uno de ellos con su respectivo nombre, con la finalidad de que la conexión no se confunda al momento de implementarla.
- El reajuste de borneras, limpieza de contactos y lubricación de partes móviles y electrónicas, es necesario al momento de realizar el mantenimiento de los tableros de

control y de comunicaciones, esto con el fin de alargar la vida útil de los elementos que componen el tablero.

- Si se desea aumentar algún componente o elemento que mejore el sistema de control, se puede alimentar de la acometida existente en el tablero, siempre y cuando dicho elemento no exceda el valor de corriente máxima del mismo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (2007). *Manual técnico de instalaciones eléctricas. Aparatos de protección y maniobra. La instalación eléctrica*. Bérgamo: ABB SACE.
- Almeida, Z., & Cárdenas, R. (2013). *Estudio y automatización del proceso de control y monitoreo de elaboración de tesis de estudiantes de la carrera de ingeniería en sistemas*. 2013: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- Balmelli, L. (2006). *Verificación de identidad de personas mediante sistemas biométricos para el control de acceso a una universidad*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bedoya, J. (2014). *La importancia del factor humano en los procesos de control de acceso en instalaciones*. Bogotá: Universidad de Nueva Granada.
- Bullón, O. (2009). *Automatización Industrial*. Ticomán: Instituto Politécnico Nacional.
- Carballeiro, G. (2015). *Electricidad: Guía e instalaciones*. Andora: ElectricPLUS.
- Cardozo, C. (2011). *Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación eléctrica de combustibles*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cedeño, J., & Párraga, C. (2017). *Sistema biométrico de control de acceso para el laboratorio de computación de la Unidad Educativa Francisco Gonzales Álava*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Condumex. (2009). *Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión*. Distrito Federal de México: Servicios Condumex.
- Cueva, C. (2015). *Estudio de factibilidad de un sistema biométrico aplicado al proceso de citación de la Comisión de Tránsito del Ecuador*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- ElectricNorm. (2015). *Normas y comités de normalización para documentación electrotécnica*. Comité de normalización electrotécnica.
- Festo. (2017). *Automatización Industrial: Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*. Berlín: Festo Didactic SE.
- Gabexel. (2016). *Grados de Protección*. Argentina: Gabexel S.A.

- Galizia, C. (2017). *Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA*. Colombia: Autónoma.
- Henríquez Harper, G. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México: Limusa.
- Henríquez Harper, G. (2004). *Manual práctico de instalaciones eléctricas*. México: Limusa.
- Hurtado, P., & Ordoñez, E. (2016). *Implementación del sistema de seguridad y control de asistencia biométrico para el laboratorio de automatización de procesos industriales en la Escuela de Ingeniería Industrial ESPOCH*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ICE. (2018). *Guía para las instalaciones eléctricas y medidas preventivas de peligros asociados a la electricidad*. San José: ICE resources.
- IEC. (2017). *Normativa eléctrica*. San Luis: Comisión Electrónica Internacional.
- López, A., & Viteri, G. (2010). *APLICACIÓN DE FUSIBLES E INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS*. Guayaquil: Autónoma.
- Maya, A. (2013). *Sistema Biométrico de reconocimiento de huella dactilar en control de acceso de entrada y salida*. Bogotá: Universidad Nueva Granada.
- Morales, F. (2014). *Tipos de Investigación*. Lima: Publicación Universidad Católica de Perú.
- NEC. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Instalaciones Eléctricas*. Ecuador: MIDUVI.
- Proenergía. (2011). *Electricidad: Guía para viviendas*. Lima: Calambur.
- Quishpe, D. (2019). *CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL*. . Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Sabogal, J. (15 de Octubre de 2012). *La importancia de la automatización*. Obtenido de <http://www.redjbm.com/catedra/index.php/tecnologia/68-la-importancia-de-la-automatizacion>.
- Salgado, K. (2012). *Instalando un circuito eléctrico básico*. Lima: Giz.
- Schneider. (Abril de 2010). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas (Traducido)*. Berlín: Schneider Electric.

SoinPlus. (13 de febrero de 2018). *La importancia de tener sistemas automatizados en su empresa*. Obtenido de <https://soinplus.com/la-importancia-sistemas-automatizados-empresa/>

Texas, D. d. (2017). *Seguridad al trabajar con Electricidad*. Luisiana: División de compensación para trabajadores.

Torres, M. (2014). *Electricidad*. Obtenido de <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/crditos.html>

Velásquez, J., & Linares, A. (2013). *Soluciones inteligentes para el control de acceso físico mediante el uso de tecnología biométrica*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Yáñez, C. (2018). *Control de acceso biométrico*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

ZKteco CO, L. (2019). *ZKTECO*. Obtenido de https://www.zkteco.com/en/product_detail/SF300.html