

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA MONITOREO Y SEGURIDAD DE LAS AULAS DE LA ESFOT (Tablero3).

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

CHRISTOPHER RICARDO CHILUISA NAVARRETE

christopher.chiluisa@epn.edu.ec

ALEX PAUL ORTIZ CHICAIZA

alex.ortiz@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, Agosto del 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, CHRISTOPHER RICARDO CHILUISA NAVARRETE Y ALEX PAUL ORTIZ CHICAIZA, 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.

Christopher Ricardo Chiluisa Navarrete
C.I: 1723791339
Teléfono: 0998356229 – (02)2356-530
E-mail: christopher.chiluisa@epn.edu.ec

Alex Paul Ortiz Chicaiza
CI: 1722667647
Teléfono: 0995160208
E-mail: alex.ortiz@epn.edu.ec

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Christopher Ricardo Chiluisa Navarrete y Alex Paul Ortiz Chicaiza, bajo nuestra supervisión.

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por ser pilar fundamental y guía emocional en el trayecto de nuestra formación, que con paciencia, dedicación y sacrificio se preocupan por nuestro bien estar y de igual manera en nuestros avances académicos

A Dios por la salud de nuestros padres, y también porque cada día nos bendice con nuevas oportunidades y con personas que en el transcurso de los días como estudiantes supieron brindar su apoyo incondicional y creyeron en nuestra formación personal y académica.

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	7
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Planteamiento del problema.....	10
1.2. Justificación	10
1.3. Objetivos	11
1.4. Antecedentes.....	11
2. METODOLOGÍA	14
3. RESULTADOS y discusión	16
3.1. Análisis de requerimientos	17
Análisis de la infraestructura	18
Elementos y materiales para el tablero 3.....	18
Calibre de los conductores.....	19
3.2. Tablero de Control Electromecánico	20
Diagramas de control de luminarias	20
Diagrama de fuerza de luminarias	22
Diagramas de conexión del Arduino	22
Diagrama de conexión de módulos relé.	24
Diagramas de control para las cerraduras eléctricas.	25
Elementos del tablero.....	26
Selección del gabinete	32
Esquema funcional.....	33
3.3. Sistema de monitoreo	33
Instalación de sensores magnéticos.....	34
Cableado de sensores magnéticos.....	35
3.4. Sistema de control de luminarias	36
Modificación de los circuitos de luminarias.....	36
Instalación de dispositivos de maniobra	36
Cableado de dispositivos de maniobra	37
3.5. Pruebas de funcionamiento	38
Continuidad entre elementos del tablero	38
Caídas de tensión en las instalaciones.....	42
Activación remota y manual de luces	43

Manual de mantenimiento del tablero 3.....	43
4. Conclusiones y recomendaciones.....	44
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
5. Bibliografía	46
6. Anexos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Huella dactilar, [7].....	12
Figura 1.2 Arduino Mega, [11].....	13
Figura 1.3 Ethernet Shield, [10].....	13
Figura 3.1 Tablero de control 3	16
Figura 3.2 Elementos internos del tablero 3	16
Figura 3.3 Elementos externos al tablero.	17
Figura 3.4 Diagrama de control de luminarias para el aula 33.....	21
Figura 3.5 Conexión de contactos auxiliares de relés con el Arduino.....	21
Figura 3.6 Diagrama de fuerza de las luminarias del aula 33	22
Figura 3.7 Conexión de módulos relé	25
Figura 3.8 Diagrama de control para la apertura de cerraduras eléctricas.....	25
Figura 3.9 Borneras industriales del tablero 3	26
Figura 3.10 Fuente industrial 12 (V _{DC}) 120 (W), [12]	28
Figura 3.11 Breaker Schneider EZ9F56100	28
Figura 3.12 Fusiblera Camsco RT18-32.....	29
Figura 3.13 Distribución de los interruptores	30
Figura 3.14 Módulos convertidores de voltaje	30
Figura 3.15 Módulos relé del tablero.....	31
Figura 3.16 Diagrama esquemático de los módulos relé, [13]	31
Figura 3.17 Relés industriales del tablero.....	32
Figura 3.18 Regletas de distribución del tablero.....	32
Figura 3.19 Dimensiones del Gabinete.....	33
Figura 3.20 Sensor Magnético MC38, [14]	33
Figura 3.21 Sensores colocados en las ventanas	34
Figura 3.22 sensores colocados en las puertas	35
Figura 3.23 Cable 20 AWG, [15]	35
Figura 3.24 Direccionamiento del cable hacia el techo-tablero de control sensores ventanas	36
Figura 3.25 Interruptor para luces del pizarrón.....	37
Figura 3.26 Pulsadores para el control de las luces de cada aula.....	37
Figura 3.27 Pruebas de continuidad del tablero de control	38
Figura 3.28 Pruebas con el tablero energizado	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Número de ventanas, puertas, luminarias y distancia al tablero por aula	18
Tabla 3.2	Principales materiales y elementos utilizados en el tablero 3	18
Tabla 3.3	Distribución de pines del Arduino para los sensores magnéticos de las ventanas	23
Tabla 3.4	Distribución de pines del Arduino para los sensores magnéticos de las puertas ...	23
Tabla 3.5	Distribución de pines del Arduino para el control de luminarias	23
Tabla 3.6	Nomenclatura de las borneras para sensores magnéticos	26
Tabla 3.7	Nomenclatura de las borneras para chapas, fuerza y pulsadores.	27
Tabla 3.8	Cargas AC del tablero 3	28
Tabla 3.9	Cargas DC del tablero	29
Tabla 3.10	Verificación de continuidad y tención en el tablero de control.....	39
Tabla 3.11	Caídas de tensión de la instalación.....	42
Tabla 3.12	Verificación del su respectivo funcionamiento de las luces.....	43

RESUMEN

El presente proyecto abarca la construcción de un tablero de control y monitoreo para las aulas 29, 30, 32 y 33 de la ESFOT. El control se logrará a través de un microcontrolador Arduino MEGA, el cual comanda una serie de relés cuyas funciones principales son activar las cerraduras eléctricas y encender y apagar las luces de las aulas.

Mediante sensores magnéticos instalados en ventanas y puertas se tiene un monitoreo constante de las aulas, para saber cuál de estos accesos está abierto o cerrado.

Para el control de acceso se ha instalado dispositivos biométricos en cada una de las aulas. Este cúmulo de información es procesada por el microcontrolador Arduino, que se enlaza a un servidor en la Dirección de la ESFOT, el cual permite realizar todas las acciones antes mencionadas de manera remota.

A continuación, se muestra un compendio de los principales capítulos de este documento:

El capítulo 1 hace referencia a la introducción, dentro de la cual se nombra el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos propuestos y antecedentes que deben tomarse en cuenta para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 2 se describe la metodología utilizada en el proyecto, esta sección del documento también incluye las actividades que se realizó para cumplir los objetivos planteados.

El capítulo 3 precisa los resultados del proyecto, en este se encuentra un análisis de los requerimientos, la construcción del tablero de control, la instalación del sistema de monitoreo, el sistema de control de luminarias, pruebas de funcionamiento y un manual de usuario y mantenimiento para el tablero.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente varias instituciones industriales, comerciales, educativas e incluso viviendas buscan la dotación de un sistema de control de accesos a sus instalaciones. La instalación de estos sistemas no sólo está relacionada con la seguridad, sino que además se pretende que este acceso se realice de forma cómoda y segura [1]. Así entonces un sistema de control y acceso es una herramienta para comandar y monitorear integralmente todas las variables consideradas importantes, todo desde una estación o punto autorizado [2].

Como no existía un sistema que controle las 39 aulas con las que consta la Escuela de Formación de Tecnólogos, se permitía el ingreso de personal no autorizado omitiendo el propósito de dichos espacios, realizando ruido, destrucción de los bienes inmuebles, ingestión de bebidas alcohólicas, etc. También se tomó en cuenta que muchas de estas actividades conllevaban a un desperdicio innecesario de energía eléctrica, debido a que las luces permanecían encendidas durante y después de terminadas dichas actividades. Generando así, pérdidas económicas al momento de reparar daños injustificados.

Tal como lo menciona el equipo de investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona: “Para mejorar la seguridad, de bienes inmuebles es importante adoptar medidas de protección, tanto físicas como electrónicas” [3]. De este modo, para solventar las situaciones antes expuestas, se implementó tableros de control, los cuales monitorean y controlan el acceso, la seguridad en la ESFOT y la respectiva iluminación en cada una de las aulas. De esta manera se cuida que los recursos materiales de la ESFOT sean utilizados de la mejor manera para la formación de los estudiantes.

1.2. Justificación

Al ser este un proyecto implementado en las aulas de la ESFOT, los principales beneficiarios son docentes, estudiantes, personal de limpieza, mantenimiento y autoridades. Los estudiantes y docentes pueden ingresar a las aulas en la hora correspondiente de clases evitando la llamada del personal para que abran las puertas, optimizando de esta manera el tiempo. De igual manera se facilitó las tareas del personal de mantenimiento debido a que las luces se podrán apagar de forma remota [4].

Tener un apoyo que facilite la seguridad dentro de la ESFOT, monitoreando puertas, luces y ventanas, con el fin de salvaguardar el buen estado de las instalaciones en todo momento, permite un mejor desarrollo en las actividades tanto para docentes y principalmente estudiantes.

Las aulas son monitoreadas a través de un servidor colocado en la oficina de administración, este a su vez está enlazado a un control de acceso biométrico en las puertas solo para personal autorizado. Obteniendo así un sistema con altos estándares de seguridad, entre estos los de la normativa "ISO / IEC 19794-8: 2006" al momento de confirmar y validar la información de quien ingresa [5].

Para distribuir el número de aulas se diseñó 5 tableros con elementos electromecánicos y electrónicos que funcionan conjuntamente con el fin de cumplir automáticamente las actividades correspondientes para el control de las instalaciones.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Implementar un tablero de control para monitoreo y seguridad de las aulas de la ESFOT (Tablero 3).

Objetivos específicos

1. Analizar los requerimientos para el control y monitoreo de las aulas 29, 30 ,32 y 33 de la ESFOT.
2. Construir un tablero de control electromecánico para las aulas.
3. Instalar un sistema de monitoreo para las aulas.
4. Instalar un sistema de control de luminarias para las aulas.
5. Realizar pruebas de funcionamiento del tablero de control.

1.4. Antecedentes

Para un completo desarrollo del proyecto se contempla las siguientes definiciones.

Biometría

Es un método de reconocimiento de personas que se basa en sus características fisiológicas o de comportamiento, similar al que habitualmente realiza el ser humano al reconocer e identificar a sus convivientes por su aspecto físico, su forma de andar, su voz, etc. [6].

A pesar de las distintas tipologías de la tecnología biométrica, el proyecto se centra en la fisiología de la huella dactilar, la cual se muestra a continuación.

Identificación de huellas dactilares

Es el método más antiguo y utilizado a nivel mundial. Durante mucho tiempo el reconocimiento de huellas dactilares se ha destacado como una de las tecnologías biométricas más robustas y menos costosas que otras tecnologías, debido a que sus elementos electrónicos pueden fabricarse en grandes cantidades, utilizando circuitos integrados y dispositivos electrónicos [7]. La figura 1.1 muestra los elementos que forman una huella dactilar



Figura 1.1 Huella dactilar, [7]

Bifurcación: Separación de una cresta en dos

Cresta: Relieves que forman líneas o segmentos en el dedo

Valles: Espacio entre crestas

Cableado Estructurado

El avance de las comunicaciones, telefax, redes de datos, video conferencia, servicios multimedia, hace preciso el empleo de un sistema de cableado estructurado capaz de soportar las necesidades de comunicación [8]. De este modo un cableado estructurado es el que permite interconectar equipos activos, de igual o diferente tecnología posibilitando la integración de varios servicios que dependen del tendido de cables [9].

Arduino

Arduino es parte de una idea de hardware y software libre. Está abierto para uso y contribución de toda la sociedad. También se lo puede definir como una plataforma de prototipos electrónicos, creado en Italia, que consiste en una placa microcontrolador, con un lenguaje de programación en un entorno de desarrollo que soporta la entrada y salida de datos y señales [10].

La figura 1.2 muestra un Arduino Mega, cuya descripción se tiene a continuación:

El Arduino Mega es el microcontrolador de mayor capacidad que se encuentra en la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entradas y salidas, 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.



Figura 1.2 Arduino Mega, [11]

Ethernet Shield

Es un accesorio que se acoplan al Arduino, el cual le proporciona características extra como la conexión en red, evitando perder el número de puertos del dispositivo [10]. La Figura 1.3 muestra una Ethernet Shield.



Figura 1.3 Ethernet Shield, [10]

2. METODOLOGÍA

La implementación de los tableros de control para el monitoreo y seguridad en la Escuela de Formación de Tecnólogos es un proyecto MACRO que abarca a 20 aulas de la facultad y distintas áreas del conocimiento, por tal motivo, existe participación de estudiantes de la Carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, Tecnología en Electromecánica y Tecnología en Análisis de sistemas Informáticos. El proyecto está activo desde el mes de septiembre del 2019 y se divide en 5 tableros. El proyecto del tablero 3 controla las aulas 29, 30, 32 y 33, (Anexo B) este recibe las señales de sensores magnéticos ubicados en ventanas y puertas, de esta manera y con la ayuda de un microcontrolador Arduino MEGA permite el monitoreo de las aulas; así como también el control manual y remoto de las luces y la apertura de puertas a personal autorizado.

Objetivo 1: Analizar los requerimientos para el control y monitoreo de las aulas 29, 30, 32 y 33 de la ESFOT.

Se examinó la infraestructura y la disposición de las aulas, así como el número de ventanas, puertas y luminarias para luego, graficar planos, que permitieron cuantificar la cantidad de material que se utilizaron en el tablero y sus conexiones.

Objetivo 2: Construir un tablero de control electromecánico para las aulas.

Se graficó diagramas de conexión en los cuales se visualiza donde se encuentran físicamente los elementos y la relación de estos entre sí.

Con los diagramas listos se adquirieron todos los elementos que se utilizaron, según los esquemas diseñados, para colocar los dispositivos en el lugar correspondiente en el interior del tablero de control, de esta manera se conectó los dispositivos, asegurando funcionalidad y compatibilidad entre los elementos en el interior y exterior al tablero.

Objetivo 3: Instalar un sistema de monitoreo para las aulas.

Se instaló sensores en ventanas y puertas de cada una de las aulas, cableando desde el tablero hasta los sensores en estos accesos.

Objetivo 4: Instalar un sistema de control de luminarias para las aulas.

Para este control se tuvo que realizar los cambios debidos en el cableado de luminarias, para adaptarlas a las necesidades del tablero.

Se colocó dispositivos de maniobra para encender y apagar las luces en las aulas. Esto mediante cableados y relés en el tablero.

Objetivo 5: Realizar pruebas de funcionamiento del tablero de control.

Se verificó continuidad entre los puntos del tablero, siguiendo los diagramas de conexiones.

Se verificó caídas de tensión aceptables en las instalaciones.

También se encendió de forma remota y manual las luces de tal manera que el tablero responda a estas señales correctamente.

Una vez realizadas estas pruebas se procedió a corregir y modificar los errores encontrados para disminuir la probabilidad de que dichos errores vuelvan a surgir.

Por último, se elaboró un manual de usuario y mantenimiento del tablero de control.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tablero 3, activo desde el mes de septiembre del 2019, se encuentra montado y funcional en un espacio del aula 33 de la ESFOT, tal como se muestra en la Figura 3.1. Los elementos internos de este tablero se pueden apreciar en la Figura 3.2 mientras que la Figura 3.3 muestra los elementos externos al tablero (elementos de maniobra para las luces y sensores magnéticos en puertas y ventanas), estos últimos se encuentran montados en cada una de las aulas; este conjunto de elementos permite el monitoreo y control de las aulas 29, 30, 32 y 33.



Figura 3.1 Tablero de control 3
(Fuente Propia)

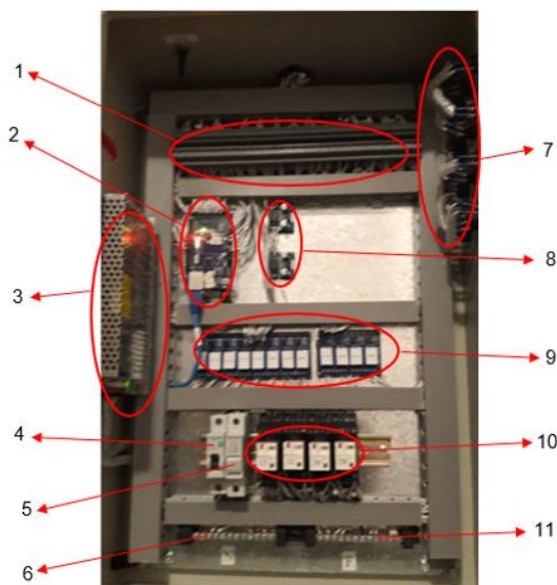


Figura 3.2 Elementos internos del tablero 3
(Fuente Propia)

1. Borneras industriales.
2. Arduino (MEGA 2560) + Shield.
3. Fuente Industrial de 120 (V_{AC}) a 12 (V_{DC}).
4. Breaker Schneider EZ9F56100 (Térmico-Magnético).
5. Fusiblera Camsco RT18-32.
6. Regleta de distribución (Neutro).
7. Interruptores.
8. Módulo convertidor de voltaje de 12 (V_{DC}) a 5 (V_{DC}).
9. Módulos relé de 5 (V_{DC}).
10. Relés Industriales Schneider 110 (V_{AC}).
11. Regleta de distribución (Fase).

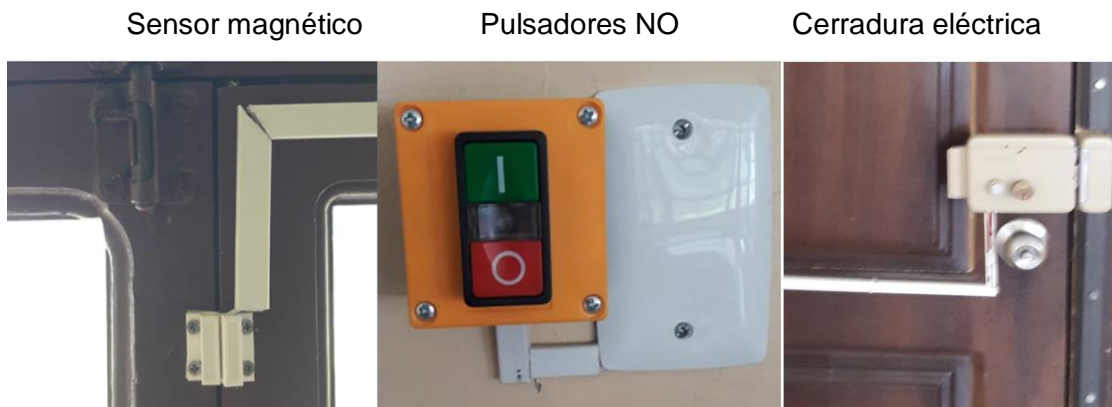


Figura 3.3 Elementos externos al tablero.
(Fuente Propia)

En las siguientes secciones de este documento se tiene una explicación más detallada de las funciones que cumplen cada uno de estos elementos.

3.1. Análisis de requerimientos

Con la finalidad de tener un sistema de monitoreo constante de accesos a las aulas y el control de luminarias desde un mismo punto, se realizó un estudio técnico en la infraestructura, en donde se determinó dimensiones espaciales, cantidad puntos de acceso como puertas y ventanas, puntos de energización y disposición de luminarias en las aulas.

Análisis de la infraestructura

Para este fin, el estudio de la infraestructura de las aulas 29, 30 ,32 y 33 permitió realizar la Tabla 3.1, la cual cuantifica el número de ventanas, puertas y luminarias. Este estudio también conllevó a conocer la disposición y tamaño de las aulas mencionadas. El plano mostrado en el Anexo B ilustra de mejor manera la disposición de las aulas junto con la ubicación del tablero.

Tabla 3.1 Número de ventanas, puertas, luminarias y distancia al tablero por aula

Aula	Ventanas	Puertas	Luminarias	Distancia al tablero (m)
29	3	1	9	20,01
30	3	1	9	14,97
32	4	1	9	3,95
33	4	1	9	3,00

Elaboración: Propia.

Elementos y materiales para el tablero 3

A raíz de los datos obtenidos en la Tabla 3.1, se ha realizado diagramas de control mostrados en la sección 3.2, además de la cantidad de materiales y elementos principales utilizados en la construcción del tablero, los cuales se expresan en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Principales materiales y elementos utilizados en el tablero 3

Cantidad	Elemento	Marca-Modelo	Magnitud
1	Módulo Arduino		$V_{IN} = 12 (V_{DC})$
1	Shield Ethernet		
1	Módulo relé (1x8)		5 (V_{DC}) 10 (A)
1	Módulo relé (1x4)		5 (V_{DC}) 5 (A)
1	Fuente DC		120 (V_{AC}) / 12 (V_{DC})
2	Convertidor DC/DC		12 (V_{DC}) / 5 (V_{DC})
4	Relés	Schneider	120 (V_{AC}) 10 (A)
12	Interruptores		
2	Barras distribuidoras		Fase - Neutro
1	Breaker	Schneider	1 Polo 6 (A)
1	Fusiblera	Schneider	
44 (m)	Cable 14 AWG		15 (A)
200 (m)	Cable 20 AWG		2 (A)

Elaboración: Propia

Calibre de los conductores

Como se muestra en la Tabla 3.2, los cables utilizados son 14 AWG para luminarias y 20 AWG para circuitos de control e instalación de sensores y cerraduras eléctricas.

Como lo menciona la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), acerca de instalaciones electromecánicas “la sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal”.

Entonces:

Para determinar la caída de tensión máxima admisible se tiene:

$$\Delta V = \% \cdot V_{\text{nom}} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión máxima admisible.

$\%$ = Porcentaje de caída de tensión máxima admisible.

V_{nom} = Voltaje nominal (V).

Al remplazar los valores se tiene:

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

La fórmula que define la sección del conductor a utilizar en una instalación monofásica es:

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

Donde:

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

L = Longitud de la línea, en metros.

ΔV = Caída de tensión máxima admisible

C = Conductividad ($\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)

I = Corriente máxima del circuito

$\cos \alpha$ = Factor de potencia

Para el dimensionamiento se ha tomado un conductor de cobre, una corriente de 40 (mA), correspondiente a lo que circularía por el cable al energizarse los 4 relés industriales más 1 (A) de la fuente industrial, y la mayor longitud estimada en el tablero.

$$S = \frac{2*4*1.04*1}{58.5*3.6} = 0,039 \text{ (mm}^2\text{)} \approx 30 \text{ AWG} \quad \text{Ec.4}$$

Para fines prácticos se ha tomado la sección normalizada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para esta aplicación que es de 0.5 (mm²), correspondiente a un cable 20 AWG.

Las expresiones Ec.1 y Ec.2 permiten también seleccionar el cable para alimentar las luminarias. Pero siguiendo la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) se ha tomado un calibre de 14 AWG, que como se mencionó anteriormente, es el utilizado para dicha aplicación.

3.2. Tablero de Control Electromecánico

Una vez determinados los requerimientos para el tablero, es necesario elaborar diagramas de control, los cuales son una guía en la construcción y conexión de este.

Diagramas de control de luminarias

Los diagramas de control se pueden encontrar en el Anexo C, en la sección correspondiente. Como se puede visualizar, el esquema es el mismo para cada aula, esto permite seleccionar un fragmento de este para su explicación.

En la Tabla 3.2 se menciona varios elementos que funcionan con distinto nivel de voltaje (alterno y continuo), por tal razón existen diagramas para representar los elementos AC y DC del tablero. La Figura 3.4 muestra el diagrama del control de luminarias del aula 33, mientras que en la Figura 3.5 se observa el diagrama de fuerza respectivo.

En el diagrama de control de la Figura 3.4 se puede apreciar un contacto y un interruptor en paralelo, el contacto normalmente cerrado (OFF33) desenergiza el relé (R33), mientras que el interruptor normalmente abierto (S1-33) cumple la función de inhabilitar el contacto del relé en caso de una falla de este.

Bajo ese par de elementos se logra apreciar dos pulsadores (POFF33 y PON 33), cuyos cables se extienden hasta llegar al aula 33. Siendo estos los encargados de energizar y desenergizar el relé (R33) desde el aula.

La energización de R33 se logra a través del contacto ON33, en serie con el interruptor S2-33, la función de este último es deshabilitar el contacto del relé en caso de una falla. En paralelo a estos elementos un contacto R33 que hace el enclavamiento para mantener encendido el relé y por ende las luces tal como se muestra en la Figura 3.6.

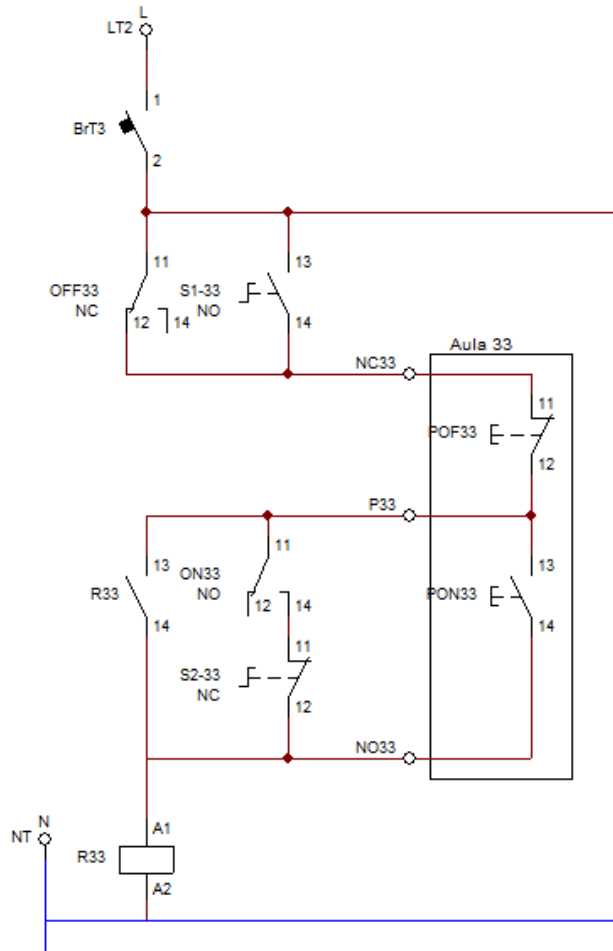


Figura 3.4 Diagrama de control de luminarias para el aula 33 (Fuente Propia)

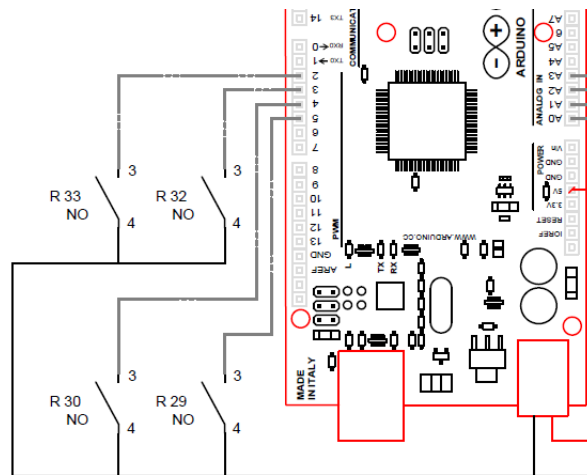


Figura 3.5 Conexión de contactos auxiliares de relés con el Arduino (Fuente Propia)

Para enviar una señal al Arduino y verificar en la interfaz si las luces están encendidas o no, la Figura 3.5 muestra la utilización de los contactos auxiliares normalmente abiertos (NO) de cada uno de los relés que encienden las luces. La parte inferior de estos se han conectado al polo negativo del circuito, de este modo al energizarse los relés envían un nivel bajo a los respectivos pines del Arduino. Cabe recalcar que, para la eficiencia de esta configuración de contactos, en el código de control, cargado al Arduino se han activado las resistencias Pull-up.

Diagrama de fuerza de luminarias

El diagrama de fuerza de la Figura 3.6 Diagrama de fuerza de las luminarias del aula 33 muestra el interruptor S33 que se encuentra físicamente junto al pizarrón en cada una de las aulas como se puede apreciar en la Figura 3.25. Esto con el fin de encender y apagar un conjunto de luminarias colocadas sobre el pizarrón, las cuales oscurecen esa zona en caso de que el docente lo requiera.

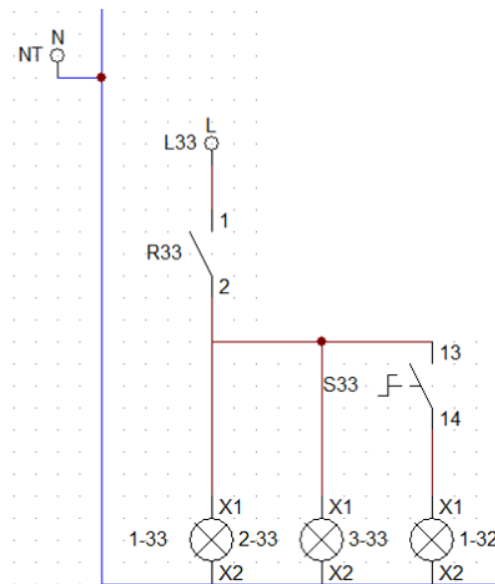


Figura 3.6 Diagrama de fuerza de las luminarias del aula 33
(Fuente Propia)

Diagramas de conexión del Arduino

Como se puede observar en el Anexo C, los diferentes pines del Arduino se han configurado como salidas y entradas, conectándose en la parte superior a borneras que viajan a través de las tuberías correspondientes hasta los distintos sensores en las ventanas y puertas de las aulas, también se puede apreciar, la conexión de los relés y la energización del Arduino.

La distribución de pines para los distintos elementos se aprecia mejor en las tablas que se muestran a continuación.

Tabla 3.3 Distribución de pines del Arduino para los sensores magnéticos de las ventanas

TABLERO 3-VENTANAS			
PINES	VENTANA	AULA	Etiqueta
22	1	33	V33 N1
24	2	33	V33 N2
26	3	33	V33 N3
28	4	33	V33 N4
30	1	32	V32 N1
32	2	32	V32 N2
34	3	32	V32 N3
36	4	32	V32 N4
38	1	30	V30 N1
40	2	30	V30 N2
42	3	30	V30 N3
44	1	29	V29 N1
46	2	29	V29 N2
48	3	29	V29 N3

Elaboración: Propia.

Tabla 3.4 Distribución de pines del Arduino para los sensores magnéticos de las puertas

TABLERO 3-PUERTAS			
PINES	IN/OUT	AULA	Etiqueta
54-A0	IN	33	P33
55-A1	IN	32	P32
56-A2	IN	30	P30
57-A3	IN	29	P29
62-A8	OUT	29	A8
63-A9	OUT	30	A9
64-A10	OUT	32	A10
65-A11	OUT	33	A11

Elaboración: Propia.

Tabla 3.5 Distribución de pines del Arduino para el control de luminarias

TABLERO 3-LUMINARIAS			
PINES	IN/OUT	AULA	Etiqueta
2	IN	33	D2
3	IN	32	D4

4	IN	30	D3
5	IN	29	D5
53	OUT-ON	33	D53
49	OUT-ON	30	D49
47	OUT-ON	29	D47
43	OUT-OFF	33	D43
41	OUT-OFF	32	D41
39	OUT-OFF	30	D39
37	OUT-OFF	29	D37
31	OUT-ON	32	D31

Elaboración: Propia.

Diagrama de conexión de módulos relé.

En la Figura 3.7 se aprecia las conexiones de los módulos relé con el Arduino de la misma manera que se muestra en la Tabla 3.4 y Tabla 3.5. Como se puede notar, todos los pines conectados hacia los módulos se han configurado como salidas. De esta manera los relés actúan sobre la apertura de las cerraduras en las puertas y el control de luces, tal como se puede apreciar en los diagramas de la Figura 3.8 y Figura 3.4, respectivamente.

Para alimentar el Arduino y los módulos, se puede observar en la Figura 3.7 que, los 120 (V_{AC}) de la red se conecta a un regulador AC-AC, luego a una fuente de 12 (V_{DC}) a 10 (A), para luego pasar a dos conversores DC-DC que entregan 5 (V_{DC}) a 2 (A) cada uno.

De esta conversión, 12 (V_{DC}) se entregan directamente al Arduino por medio del conector Jack, mientras que los 5 (V_{DC}) de los conversores van al pin JD-VCC de los módulos relés. También se puede notar que el pin de 5 (V_{DC}) del Arduino alimenta el pin Vcc de la barra de entradas de los módulos relé.

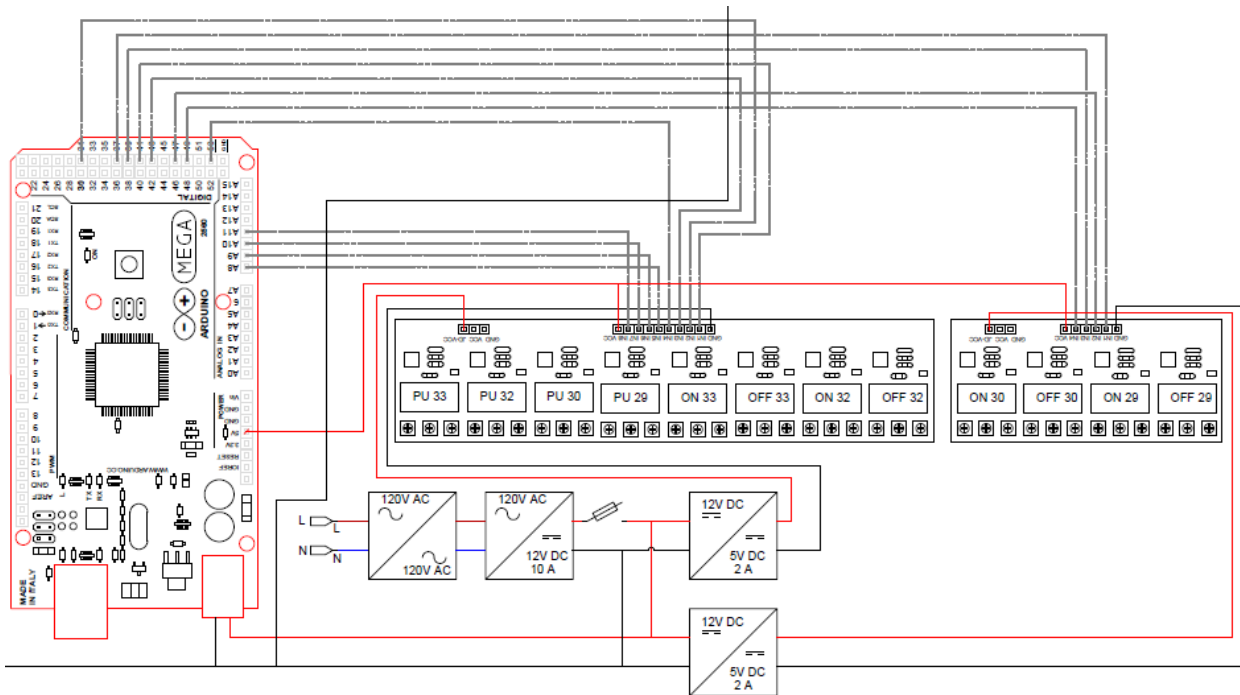


Figura 3.7 Conexión de módulos relé (Fuente Propia)

Diagramas de control para las cerraduras eléctricas.

Para controlar la apertura de las cerraduras eléctricas en cada puerta se ha diseñado un circuito en base a la activación de los relés por medio del dispositivo Arduino. Esta configuración de contactos se puede apreciar en la Figura 3.8. Esta figura muestra cuatro conexiones de un relé y un interruptor en serie.

Al activarse el relé, permite el flujo de corriente hacia la placa electrónica que controla la chapa, mientras que el interruptor deshace la función del relé si este llegara a fallar.

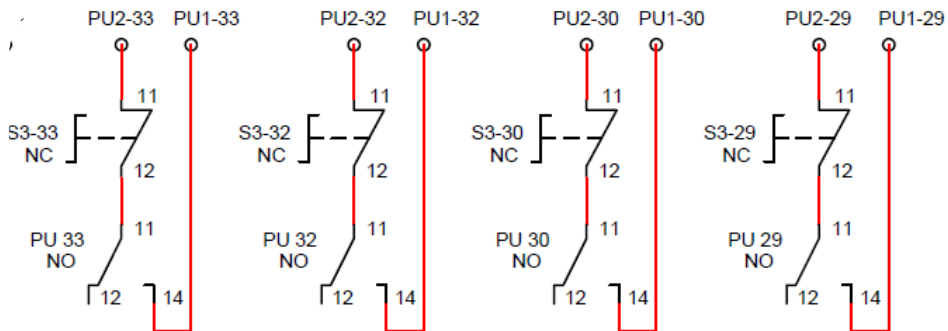


Figura 3.8 Diagrama de control para la apertura de cerraduras eléctricas (Fuente Propia)

Elementos del tablero.

Con los diagramas listos, es necesario precisar que cada elemento dentro del tablero de la Figura 3.2 cumple una función. A continuación, se detalla ilustraciones y explicaciones de los dispositivos en el gabinete.

Borneras Industriales.

Colocadas en la parte superior interna del tablero, son los puntos de conexión entre los elementos externos al tablero, es decir de ahí parten los cables para los distintos sensores en puertas y ventanas, la energización para la chapa y el control de las luces. Para ilustrar de mejor manera estos elementos se tiene la Figura 3.9.



Figura 3.9 Borneras industriales del tablero 3
(Fuente Propia)

Para identificar a que punto se conectará cada una de las borneras se ha realizado etiquetas que se encuentran en el interior del tablero y en este documento se presentan como tablas. Las borneras se numeran de derecha a izquierda, empezado como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Nomenclatura de las borneras para sensores magnéticos

Tablero 3	AULA 33			AULA 32			AULA 30			AULA 29			REGULADOR													
	PUERTA	VENTANAS	GND	PUERTA	VENTANAS	GND	PUERTAS	VENTANAS	GND	PUERTA	VENTANAS	GND	V- REGULADOR	V+ REGULADOR	V- REGULADOR	V+ REGULADOR										
	P33	V33N1-D22	V33N2D24	V33N3-D26	V33N4-D28	GND33	P32	V32N1-D30	V32N2-D32	V32N3-D34	V32N4-D36	GND32	P30	V30N1-D38	V30N2-N40	V30N3-D42	GND30	P29	V29N1-D44	V29N3-D46	V29N3-D48	GND29	V- REGULADOR	V+ REGULADOR	V- REGULADOR	V+ REGULADOR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Elaboración: Propia.

Cabe recalcar que la Tabla 3.6 guarda concordancia con la Tabla 3.3 y Tabla 3.4, de esta manera, las nomenclaturas hacen referencia a los puntos donde se conecta la señal que envía el sensor magnético, para luego ser conectada al Arduino.

Por ejemplo; la etiqueta P33 perteneciente a la bornera 1 se conecta al pin A-0 del Arduino, así como, la etiqueta V33N1-D22 perteneciente a la bornera 2 representa la venta 1 del aula 33, conectada al pin 22 del Arduino.

Las borneras 23, 24 y 25 son puntos de 12 (V_{DC}) que vienen de la fuente industrial.

Continuando con las etiquetas se tiene la Tabla 3.7 Empezando por la etiqueta 27 y 28 se puede apreciar (+)12 (V_{DC}) OUT y (+)12 (V_{DC}) IN respectivamente; como su nombre lo sugiere son 12 (V_{DC}) que ingresan por dicha bornera, atraviesan el diagrama expuesto en la Figura 3.8 y son enviados de vuelta por el otro punto para accionar la cerradura eléctrica en cada puerta.

Tabla 3.7 Nomenclatura de las borneras para chapas, fuerza y pulsadores.

PUERTAS								FUERZA (LUCES)								PULSADORES											
AULA 33		AULA 32		AULA 30		AULA 29		AULA 33		AULA 32		AULA 30		AULA 29		AULA 33		AULA 32		AULA 30		AULA 29					
(+)12 V OUT	(+)12 V IN	(+)12 V OUT	(+)12 V IN	(+)12 V OUT	(+)12 V IN	(+)12 V OUT	(+)12 V IN	L33 OUT	L33 IN	L32 OUT	L32 IN	L30 OUT	L30 IN	L29 OUT	L20 IN	NA	PUENTE	NC	NA	PUENTE	NC	NA	PUENTE	NC			
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

Elaboración: Propia.

Las borneras de fuerza 35 y 36 al igual que las anteriores, representan un voltaje de 120 (V_{AC}) que ingresa al tablero, atraviesa el contacto R33 y regresa al aula para encender o apagar las luces, tal como se muestra en la Figura 3.6.

En cuanto a las borneras de los pulsadores, son puntos de conexión, que obedecen lo ilustrado en la Figura 3.4, en donde se aprecia un punto NA (Normalmente abierto), Puente y NC (Normalmente cerrado).

Arduino Mega 2560 + Shield.

El Arduino es el controlador al que, gracias al código ingresado, recibe niveles lógicos de los sensores magnéticos y envía señales de control, principalmente a los módulos relé, estos elementos se pueden apreciar en la Figura 1.2 y Figura 1.3.

En cuanto a la configuración de sus pines, la Tabla 3.3, Tabla 3.4 y Tabla 3.5 muestran si son entradas o salidas.

Fuente industrial 12 (V_{DC}).

La función principal de la fuente es convertir los 120 (V_{AC}) que se toma de las regletas de distribución para obtener una salida de 12 (V_{DC}) 10 (A) para alimentar los dispositivos DC que le

dan funcionalidad al tablero, entre estos está el microcontrolador, los módulos relés y las cerraduras eléctricas. La Figura 3.10 ilustra la fuente instalada.



Figura 3.10 Fuente industrial 12 (V_{DC}) 120 (W), [12]

Breaker Schneider EZ9F56100 (Térmico-Magnético).

Como lo menciona Lopez, 2010 “En muchas ocasiones se indica que el valor de la protección debe ser no mayor a 1.25 veces la corriente nominal del circuito” [13]. De este modo las corrientes de consumo para determinar la corriente nominal se encuentran en la Tabla 3.8.

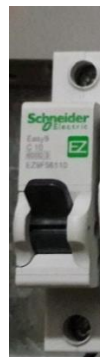


Figura 3.11 Breaker Schneider EZ9F56100
(Fuente Propia)

Determinada las cargas que se encuentran en el tablero, se seleccionó un breaker Schneider de 10 (A), el cual protege la parte AC del tablero. Esto debido a que el regulador FORZA posee 2 tomas libres, los cuales se pueden utilizar a futuro. El breaker se ilustra de mejor manera en la Figura 3.11.

Tabla 3.8 Cargas AC del tablero 3

Cantidad	Corriente (A)	Elemento	Corriente consumida (A)
4	0.01	Relé Schneider 110 (V _{AC})	0.04
1	1	Fuente 12 (V _{DC}) 120 (W)	1
1	3	Regulador FORZA 120 (V _{AC})	3
Corriente Nominal (A)			4.04

Elaboración: Propia

Fusiblera Camsco RT18-32.

Al igual que las cargas AC, los componentes DC del tablero también se han protegido contra sobrecorrientes y cortocircuitos, por medio de un fusible de 2 (A), considerando que el valor seleccionado no supere a 1.25 veces la corriente nominal [13]. Las corrientes consideradas para esta selección se expresan en la Tabla 3.9.



Figura 3.12 Fusiblera Camsco RT18-32
(Fuente Propia)

El fusible utilizado es de tipo cerámico los cuales se emplean para la protección de circuitos electrónicos y elementos de protección [14]. Este elemento es colocado dentro de la fusiblera mostrada en la Figura 3.12.

Tabla 3.9 Cargas DC del tablero

Cantidad	Corriente (A)	Elemento	Corriente consumida (A)
1	0.36	Módulo de 4 relés de 5 (V _{DC}) a 10 (A)	0.36
1	0.72	Módulo de 8 relés de 5 (V _{DC}) a 10 (A)	0.72
1	0.5	Arduino MEGA 2560.	0.5
Corriente Nominal (A)			1.58

Elaboración: Propia

Interruptores.

Como se puede visualizar en la Figura 3.2 los interruptores se encuentran en la pared derecha del gabinete. Su función es inhabilitar los relés en caso de que estos llegaran a fallar, de esta manera se podrá remplazar el relé sin afectar las demás funciones del tablero. La forma en que

se conectan estos interruptores se observó previamente en los diagramas de control. Para verificar la disposición física de estos se tiene la Figura 3.13.



Figura 3.13 Distribución de los interruptores
(Fuente Propia)

Módulo convertidor de voltaje.

Los módulos representados en la imagen de la Figura 3.14 convierten el voltaje de 12 (V_{DC}) de la fuente, a 5 (V_{DC}) que son conectados a los módulos relé. El sistema de control requiere 1 convertidor para cada módulo relé, tal como se muestra en el diagrama de la Figura 3.7. De esta manera se mantiene el aislamiento eléctrico que brindan los optoacopladores de los módulos, separando así la carga de estos y el Arduino [15]. El esquema de la Figura 3.16 ilustra de mejor manera este aislamiento.



Figura 3.14 Módulos convertidores de voltaje
(Fuente Propia)

Módulos relé.

Los módulos relé son los actuadores del sistema de control, ubicados y membretados en el gabinete como se muestra en la Figura 3.15, son una parte importante del control de luces y activación de las cerraduras eléctricas, tal como se mostró en los diagramas de control previos.



Figura 3.15 Módulos relé del tablero
(Fuente Propia)

El esquema de la Figura 3.16 ilustra los componentes que tiene un módulo de 4 relés. Es así que para activar cualquiera de estos, el Arduino entrega un 0 lógico a la entrada respectiva permitiendo que circule corriente a través del optoacoplador, este a su vez deja circular una corriente en la base del transistor Q1, que activa la bobina del relé haciendo que sus contactos cambien de posición.

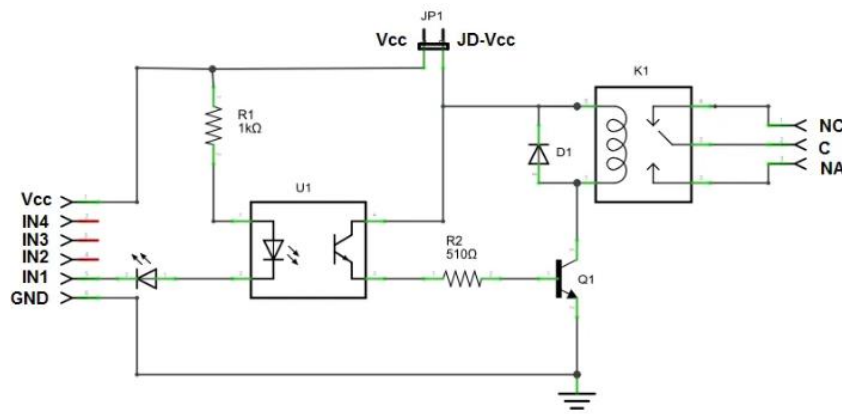


Figura 3.16 Diagrama esquemático de los módulos relé, [15]

Relés Industriales Schneider

Al igual que los módulos relés, estos actuadores interactúan a través de los elementos de maniobra (pulsadores) mostrados en la Figura 3.3 y con las conexiones del diagrama de la Figura

3.4 para comandar las luminarias en cada una de las aulas. Estos relés se encuentran membretados en el tablero tal como se muestra en la Figura 3.17.



Figura 3.17 Relés industriales del tablero
(Fuente Propia)

Regletas de distribución.

Dentro del gabinete, son puntos de donde se ha energizado con una fase y neutro como se muestra en la Figura 3.18. La energización del tablero es tomada de los puntos más cercanos a este. Encontrándose estos puntos en la parte superior de las aulas.



Figura 3.18 Regletas de distribución del tablero.
(Fuente Propia)

Selección del gabinete

Una vez adquiridos los elementos, es necesario seleccionar un gabinete donde los elementos que conforman el tablero puedan conectarse entre sí.

Como indica el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) “El espacio dentro de los armarios y cajas debe ser suficiente para que permita instalar holgadamente los cables que haya en su interior y para que quede una separación entre las partes metálicas de los dispositivos y artefactos montados dentro de ellos” [16].

El tablero que se ha seleccionado para este fin es de 40 x 20 x 60 (cm), dimensiones que se pueden apreciar en la Figura 3.19.

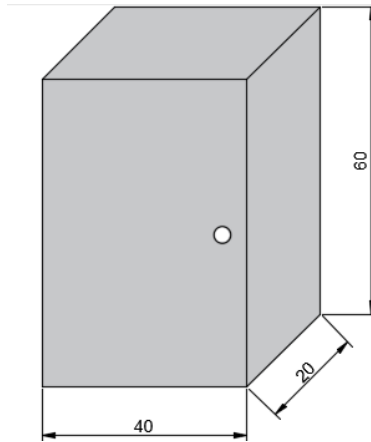


Figura 3.19 Dimensiones del Gabinete (Fuente Propia)

Esquema funcional

En cuanto a la disposición de los elementos y conexión de estos, el Anexo D muestra diferentes vistas del esquema funcional del tablero 3. Esquema importante a la hora de realizar mantenimientos u remplazo de dispositivos defectuosos.

3.3. Sistema de monitoreo

Para la instalación de los sensores asignados se toma en cuenta el número total de puertas y ventanas que tienen las aulas 29, 30, 32 y 33 de la ESFOT encontradas en la Tabla 3.1, también sus características técnicas adecuadas y que cumplan los requisitos que se necesita.

Sensores magnéticos



Figura 3.20 Sensor Magnético MC38, [17]

La Figura 3.21 es una muestra de los sensores magnéticos MC38 instalados en las puertas y ventanas, son utilizados para seguridad de los hogares u oficinas, están elaborados con un imán y un interruptor magnético que se encuentran en su interior. Al momento que la ventana o la puerta se cierran los sensores detectan la apertura y mandan una señal al Arduino.

Características técnicas

- Contacto N.C/ N.A
- Salida analógica
- Rango de activación: 15-25 (mm).
- Corriente: 0.5 (A).
- Voltaje máximo: 100 (V_{DC}).
- Material plástico color blanco.
- Dimensiones 3 x 1.5 x 1 (cm).
- Rango de trabajo máximo 25 (m).

Instalación de sensores magnéticos

De acuerdo con la Tabla 3.1 que se mostró anteriormente, verificando el número total de puertas y ventanas se escoge el número exacto de sensores a utilizar. Ya con todos los sensores dispuestos se procede a colocarlos en todas las ventanas y puertas como se puede apreciar en Figura 3.21 y Figura 3.22 respectivamente, procurando que no tenga ningún inconveniente al momento de la instalación. Son un par de sensores colocados uno junto al otro a una distancia de 15 a 25 (mm) para enviar la señal al tablero de control.



Figura 3.21 Sensores colocados en las ventanas
(Fuente Propia)

Algunos materiales extras utilizados como las canaletas son para una mejor presentación y protección de los conductores. Para una mayor sostenibilidad de los sensores se colocó tornillos.



Figura 3.22 sensores colocados en las puertas
(Fuente Propia)

Cableado de sensores magnéticos

Para el cableado de sensores se utiliza las expresiones Ec.1 y Ec.3, para la selección normalizada de los conductores. De acuerdo a los cálculos aplicados el cableado para los conductores de los sensores es 20 AWG.

El cable 20 AWG utilizado es un cable flexible resistente a la humedad, alta temperatura y fácil corte, aislado con policloruro de vinilo (PVC) con una resistencia eléctrica baja.



Figura 3.23 Cable 20 AWG, [18]

Los conductores van conectados desde la ubicación de los sensores dirigidos hacia el techo para ir directamente hacia el tablero de control. La Figura 3.22 y Figura 3.24 ilustra este direccionamiento. Se eligió pasar los cables por el techo de las aulas para que no exista un contacto humano que pueda dañar su respectivo funcionamiento. El cableado de los sensores del aula al tablero se puede apreciar en el Anexo E.



Figura 3.24 Direccionamiento del cable hacia el techo-tablero de control sensores ventanas (Fuente Propia)

3.4. Sistema de control de luminarias

Modificación de los circuitos de luminarias

Se verificó los planos de las luminarias en cada una de las aulas, de esta manera poder localizar conexiones no previstas en los pre planos de la instalación y con mayor facilidad poder modificarlos para el fin previsto.

La forma de conexión o el diagrama se puede apreciar en el Anexo C del presente documento, en donde se puede distinguir como van conectadas las luminarias, correspondientemente con un interruptor para luminarias junto al pizarrón y un par de pulsadores para las luminarias restantes.

Instalación de dispositivos de maniobra

La mayoría de personas tiene un conocimiento básico de los dispositivos utilizados para esta actividad, en donde se les puede reconocer con el nombre de interruptores o pulsadores normalmente abiertos (N.O) o normalmente cerrados (N.C), según el diagrama de instalación requerido.

El primero es un interruptor simple, muy fácil de instalar y de controlar manualmente, este dispositivo se muestra en la Figura 3.25.



Figura 3.25 Interruptor para luces del pizarrón
(Fuente Propia)

Los segundos dispositivos son los elementos de maniobra conocidos como pulsadores N.O y N.C que se dirigen al tablero de control para encender o apagar las luces, obedeciendo al diagrama de la Figura 3.4.



Figura 3.26 Pulsadores para el control de las luces de cada aula
(Fuente Propia)

Como se puede apreciar en la imagen anterior este dispositivo consta de una caja protectora de plástico y dos pulsadores uno N.O y el otro N.C, que es de gran ayuda para proyectos de control, en los que se desea rápido y fácil habilitar y deshabilitar conexiones elaboradas.

Cableado de dispositivos de maniobra

Para el cableado los dispositivos de maniobra se utiliza las expresiones Ec.1 y Ec.3. Y considerando la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) para la selección normalizada de los conductores. El cableado se realizó con cables 14 AWG.

Los direccionamientos de dichos cables van dirigidos hacia el techo de sus respectivas aulas, lugar donde no se puede manipular con facilidad y evita daños en las conexiones. Desde ese punto va directamente hacia el tablero de control, tal como se muestra en el Anexo F.

3.5. Pruebas de funcionamiento

Continuidad entre elementos del tablero

Las pruebas de continuidad eléctrica es una medida muy simple e importante que se debe tomar en cuenta en cada proceso de reparación o implementación de cualquier dispositivo que tenga la necesidad de utilizar corriente eléctrica, con el cual se obtiene un fin específico que es determinar la correcta conexión del dispositivo u elemento en general.

Al momento que se finalizó las conexiones, se realizó una inspección visual para verificar que todos los elementos se encuentren conectados adecuadamente, para dar paso a las pruebas de funcionamiento.

Pruebas con el tablero no energizado.

Las pruebas de continuidad con el tablero no energizado, consiste únicamente en verificar si la corriente eléctrica pasa de un elemento a otro conectados entre sí por medio de un conductor. Para este fin es crucial seguir el diagrama funcional mostrado como Anexo D. Los resultados de esta prueba se muestran como la Tabla 3.10.



Figura 3.27 Pruebas de continuidad del tablero de control
(Fuente Propia)

Tabla 3.10 Verificación de continuidad y tención en el tablero de control.

Elemento del tablero	Punto de prueba (Etiqueta)	Elemento del tablero al que se conecta	Continuidad: ✓ Falla: x	Tensión en el punto de prueba	Punto de referencia
Regulador de Voltaje	F2	Barra Fase	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
	N1	Barra Neutro	✓	0 (V)	Barra Neutro
	N2	Fuente industrial	✓	0 (V)	Barra Neutro
	F3	Fuente industrial	✓	111.4 (V _{AC})	Barra Neutro
Barra de Fase	F1	Breaker	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
	33-D	Switch 11	✓		
	33-A	Módulo Relé 1	✓		
	32-D	Switch 8	✓		
	32-A	Módulo Relé 1	✓		
	30-D	Switch 5	✓		
	30-A	Módulo Relé 1	✓		
	29-D	Switch 2	✓		
Barra de Neutro	N	Neutro de la red	✓	0 (V)	Barra Neutro
	33-K	Relé de Potencia 4 (33)	✓		
	32-K	Relé de Potencia 3 (32)	✓		
	30-K	Relé de Potencia 2 (30)	✓		
	29-K	Relé de Potencia 1 (29)	✓		
Breaker	F	Fase de la red	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
Fuente Industrial	V- ARDUINO	Arduino	✓	0 (V)	GND
	REGULADOR	Bornera 23 y 25	✓	0 (V)	GND
	FUSE +	Fusiblera	✓	12.3 (V _{DC})	GND
Fusiblera	V+ ARDUINO	Arduino	✓	12.3 (V _{DC})	GND
	V+ REGULADOR	Bornera 22 y 24	✓		
Relé de Potencia 4 (33)	33-L	Bornera 35	✓	121.6 (V _{AC})	Barra Neutro
	33-E	Bornera 43	✓	-	-
	33-F	Switch 12	✓	-	-
	33-J	Bornera 42	✓	-	-
	33-I	Relé de Potencia 4 (33)	✓	-	-
	33-M	Bornera 34	✓	-	-
	33-H	Módulo Relé 1	✓	-	-

	D2	Arduino	✓	-	-
Relé de Potencia 3 (32)	32-L	Bornera 17	✓	122.3 (V _{AC})	Barra Neutro
	32-E	Bornera 8	✓	-	-
	32-F	Switch 9	✓	-	-
	32-J	Bornera 9	✓	-	-
	32-I	Relé de Potencia 3 (32)	✓	-	-
	32-M	Bornera 18	✓	-	-
	32-H	Módulo Relé 1	✓	-	-
	D3	Arduino	✓	-	-
Relé de Potencia 2 (30)	30-L	Bornera 39	✓	123.7 (V _{AC})	Barra Neutro
	30-E	Bornera 49	✓	-	-
	30-F	Switch 6	✓	-	-
	30-J	Bornera 48	✓	-	-
	30-I	Relé de Potencia 2 (30)	✓	-	-
	30-H	Módulo de Relé 1	✓	-	-
	30-M	Bornera 38	✓	-	-
	D4	Arduino	✓	-	-
Relé de Potencia 1 (29)	29-L	Bornera 41	✓	123.7 (V _{AC})	Barra Neutro
	29-E	Bornera 52	✓	-	-
	29-F	Switch 3	✓	-	-
	29-J	Bornera 51	✓	-	-
	29-I	Relé de Potencia 1 (29)	✓	-	-
	29-H	Módulo Relé 1	✓	-	-
	29-M	Bornera 40	✓	-	-
	Módulo Relé 1	29-B	Bornera 54	✓	121.8 (V _{AC})
29-G		Switch 3	✓	-	-
30-B		Bornera 50	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
30-G		Switch 6	✓	-	-
32-B		Bornera 47	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
32-G		Switch 9	✓	-	-
33-B		Bornera 44	✓	121.8 (V _{AC})	Barra Neutro
33-G		Switch 12	✓	-	-
VCC		Regulador 1	✓	5.0 (V _{DC})	GND
Módulo Relé 2	12 VOUT33	Bornera 26	✓	-	-
	12VIN33A	Bornera 27	✓	12.3 (V _{DC})	GND
	12VOUT32	Bornera 28	✓	-	-
	12VIN32A	Bornera 29	✓	12.3 (V _{DC})	GND
	12 VOUT30	Bornera 30	✓	-	-
	12VIN30A	Bornera 31	✓	12.2 (V _{DC})	GND
	12VOUT29	Bornera 32	✓	-	-

	12VIN29A	Bornera 33	✓	12.2 (V _{DC})	GND
	VCC1	Regulador 2	✓	5.0 (V _{DC})	GND

Elaboración: Propia.

Las etiquetas para los puntos de continuidad para el Arduino están mencionadas anteriormente como Tabla 3.3, Tabla 3.4 y Tabla 3.5.

En la segunda columna de la Tabla 3.10 se menciona la etiqueta del cable que une a los elementos de la primera y tercera columna. Es decir que estos elementos tienen continuidad por medio de ese punto.

Una vez finalizada la prueba se determinó que los puntos están debidamente conectados y se puede proceder a las pruebas con el tablero energizado.

Pruebas con el tablero energizado.

Para obtener resultados en esta prueba se energiza el tablero de control, se mide la tensión en cada punto y se verifica si todos los elementos actúan correctamente con su respectivo voltaje nominal, descartando en los dispositivos sobre voltajes, intensidad de corrientes altas, sobre calentamiento, etc. De la misma manera se visualizó el accionamiento de los módulos relé y relés de potencia del tablero de control.

Los voltajes obtenidos en esta prueba se muestran en la columna cinco de la Tabla 3.10. Cabe recalcar que, en la columna seis de la misma tabla se menciona el punto de referencia para la medición de la tensión en cada punto.

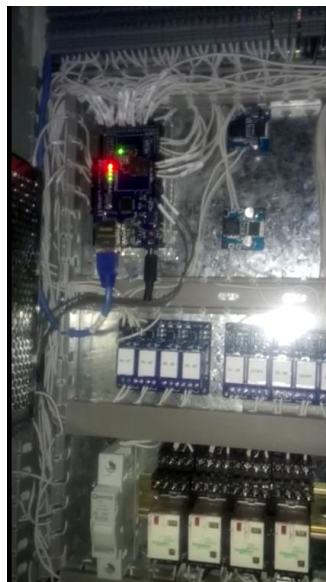


Figura 3.28 Pruebas con el tablero energizado
(Fuente Propia)

Caídas de tensión en las instalaciones.

A pesar de que los cálculos de caídas de tensión en los conductores con las ecuaciones Ec.1 y Ec.3 reflejan que los cables de calibre 20 AWG y 14 AWG son apropiados para sus funciones, se ha considerado medir las tensiones en los puntos los cuales los cables recorren una distancia considerable.

Los voltajes que se midieron son, en los conductores que conectan 12 (V_{DC}) para las chapas y 120 (V_{AC}) para la fuerza y control de las luminarias. La medición de estos voltajes, junto con la distancia que recorre el cable se muestra en la Tabla 3.11. Esta tabla también señala el punto de prueba con la etiqueta que se encuentra en el diagrama funcional del Anexo D. Nótese que estas mediciones se realizan en puntos que se energizan cuando se activan los elementos (chapas y luces)

Tabla 3.11 Caídas de tensión de la instalación.

Punto de prueba (Etiqueta)	Tensión en el aula	Tensión en el tablero	Caída de tensión	Distancia
12VOUT33	12.3 (V_{DC})	12.3 (V_{DC})	0.0 (V_{DC})	3.00 (m)
12VOUT32	12.3 (V_{DC})	12.3 (V_{DC})	0.0 (V_{DC})	3.95 (m)
12VOUT30	12.2 (V_{DC})	12.1 (V_{DC})	0.1 (V_{DC})	14.97 (m)
12VOUT29	12.2 (V_{DC})	12.1 (V_{DC})	0.1 (V_{DC})	20.01 (m)
33-E	121.7 (V_{AC})	121.8 (V_{AC})	0.1 (V_{AC})	3.00 (m)
32-E	121.8 (V_{AC})	121.8 (V_{AC})	0.0 (V_{AC})	3.95 (m)
30-E	121.7 (V_{AC})	121.8 (V_{AC})	0.1 (V_{AC})	14.97 (m)
29-E	121.6 (V_{AC})	121.8 (V_{AC})	0.2 (V_{AC})	20.01 (m)
33-M	121.6 (V_{AC})	121.6 (V_{AC})	0.0 (V_{AC})	3.00 (m)
32-M	122.3 (V_{AC})	122.3 (V_{AC})	0.0 (V_{AC})	3.95 (m)
30-M	123.6 (V_{AC})	123.7 (V_{AC})	0.1 (V_{AC})	14.97 (m)
29-M	123.6 (V_{AC})	123.7 (V_{AC})	0.1 (V_{AC})	20.01 (m)

Elaboración: Propia.

Como se puede ver en la Tabla 3.11, las caídas de tensión son mínimas, con un máximo de 0.1 (V_{DC}) y 0.2 (V_{AC}) por lo cual el sistema trabaja sin problemas, y dentro de las caídas de tensión permisibles.

Activación remota y manual de luces

Esta prueba consiste en comprobar si las lámparas en todas las aulas encienden con los dispositivos de maniobra (pulsadores e interruptores) y también se ha verificado su funcionamiento vía ethernet.

Tabla 3.12 Verificación del su respectivo funcionamiento de las luces

	Inspección visual (cables bien conectados y en buen estado)	Prueba para su funcionamiento vía ethernet	Prueba para su funcionamiento manual
Aula 29	✓	✓	✓
Aula 30	✓	✓	✓
Aula 32	✓	✓	✓
Aula 33	✓	✓	✓

Elaboración: Propia.

Manual de mantenimiento del tablero 3

Con el fin de extender la vida útil de los elementos y del tablero en sí, se ha realizado un documento para el mantenimiento preventivo del sistema de automatización que se muestra en el Anexo G. Entre los ítems que se encuentran dentro de escrito están un cuadro de mantenimiento, listado para la verificación del sistema, listado de soluciones y los problemas comunes que se pueden dar en el sistema.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La elaboración del tablero de control y sus distintas modificaciones, permite un control de monitoreo general de las aulas, para una mayor protección y cuidado de estas.
- Los cálculos de sección de conductores sirven para constatar lo especificado por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). En donde se menciona que, un calibre 14 AWG es utilizado para luminarias y un calibre 20 AWG para interconectar circuitos electrónicos y de control, dentro del tablero.
- Los interruptores en paralelo a los contactos de los relés son un método para inhabilitar la acción de esos actuadores o incluso del microcontrolador en caso de una falla. Por otro lado, también sirven al momento del mantenimiento o una prueba para la detección de anomalías en el sistema.
- Los relés para la potencia adquiridos se los caracteriza por la eficacia que puede aportar al momento del encendido y apagado de las luces dejando a un lado las anomalías y sonidos excesivos que puedan causar al momento de ser accionados.
- Utilizar las configuraciones Pull-up del Arduino evita realizar las conexiones físicas para asegurar el nivel lógico en el microcontrolador permitiendo así utilizar solo un cable conectado a la tierra del circuito para enviar la señal correspondiente de 0 lógico.
- Al ser las luminarias los circuitos de fuerza a controlar, los relés instalados, satisfacen y soportan la corriente de 4.5 (A) que por estos circula. No es necesario un elemento más robusto como un contactor o un relé de estado sólido.
- Las etiquetas en las conexiones, así como en los elementos permiten identificar y relacionar los objetos físicos en el tablero con los diagramas de conexión de este.
- El sistema trabaja sin problemas, con caídas de tensión promedio de 0.06 (V_{AC}) al utilizar cables del calibre adecuado, estos son, los especificados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Recomendaciones

- Observar los planos de la infraestructura, ya que permiten tener una idea clara de la disposición de las aulas y lugares donde se pueden colocar los elementos como el tablero.
- Verificar las señales digitales en el tablero pueden verse alteradas por el ruido de la parte alterna, por tal razón se debe separar o aislar bien estas distintas señales de voltaje, principalmente si van a estar interactuando en un mismo lugar como en el caso del tablero de control.
- Antes de manipular los elementos dentro del tablero es recomendable tener conocimiento del manual, las conexiones y la función de cada uno de los elementos.
- Mantener un conocimiento de los periodos de mantenimiento establecidos en los manuales, para asegurar la vida útil de los distintos elementos.
- Los sensores magnéticos para ventanas y puertas son muy útiles y sencillos de conectar, aunque en su instalación se debe tener cuidado de estar correctamente alineados y a la distancia especificada por el fabricante, de lo contrario pueden fallar y ocasionar malas lecturas o mal funcionamiento del sistema.
- La correcta continuidad entre los distintos puntos del tablero no quiere decir que el sistema funciona correctamente. Este es el primer paso para la verificación y pruebas de este. Incluso se debe descartar una falsa continuidad o un falso contacto, antes de continuar con las pruebas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Mora Perez, «Gestión de la Prevención. Control de Accesos,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2016.
- [2] C. A. Morillo Cerón, «Diseño del sistema de automatización para un edificio inteligente,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2009.
- [3] J. Garín Sallán, C. Díaz Castro, A. Díaz Vicario, L. Mañes Gallardo, R. J. Moles Plaza, M. Rosales Acín, J. Sans Pinyol, X. Sentinella Solé y G. O. Vitolo, «La seguridad integral en los centros de enseñanza obligatoria en España,» Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 2012.
- [4] S. Antonini, R. Guerrieri, L. Nahuel y M. Sitnyk, «Sistema de control y Automatización de Aulas,» UTN La Plata, Buenos Aires, 2017.
- [5] A. J. Balsero Meneses y C. G. Vargas Garcia, «Diseño e implementación de un prototipo para el control de acceso en la sede de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas mediante el uso de torniquetes controlados por carnet con tecnología NFC y lector biométrico de huella dactilar,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2016.
- [6] I. N. d. C. INCIBE, Tecnologías biométricas aplicadas a la ciberseguridad, Madrid: Instituto Nacional de Ciberseguridad, 2016.
- [7] J. L. Garcia, «Algoritmo para la identificación de personas basado en huellas dactilares,» Repositorio digital upcommons.upc.edu, 2012.
- [8] V. S. Roffé, «Cableado estructurado,» Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, 2008.
- [9] Laboratorio de Comunicaciones, «Cableado Estructurado,» Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2015.
- [10] G. Javier, Fundamentos de arduino, Libros y splucionarios.net, 2018.
- [11] A. Electrónica, MB0014: OEM ARDUINO MEGA, El Salvador: Ag. Electrónica, 2017.

- [12] Ecobadajoz, «ecobadajoz.ec,» Fuente industrial, [En línea]. Available: <https://www.ecobadajoz.es/metlicas/fuente-alimentacion-industrial-12v-150w-125a.html>. [Último acceso: 9 Abril 2019].
- [13] A. V. Lopez Fuentes y G. A. Viteri Morales, «APLICACIÓN DE FUSIBLES E INTERRUPTORES TERMO,» Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil, 2010.
- [14] FUSELCO, «Fusibles Delta,» Fuselco, Chile, 2010.
- [15] Eoloka, «Profe Tolocka,» Bits, Volts & KVAr, 13 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>. [Último acceso: 11 Abril 2019].
- [16] INEN, «Código Electrico Nacional,» Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 2001.
- [17] N. Asuni, «electronicapy,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.electronicapy.com/sensor-magnetico-mc-38-detail?tmpl=component&format=pdf>. [Último acceso: 26 Mayo 2020].
- [18] Electro Cables, «electrocable.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.electrocable.com/uploads/cattficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>. [Último acceso: 26 Mayo 2020].

6. ANEXOS