

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE LOCKERS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTORES**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**SEBASTIÁN NICOLÁS CALVACHE ARCOS**

sebastian.calvache@epn.edu.ec

**DENNISE ALEXANDRA CARRIÓN POLO**

dennise.carrion@epn.edu.ec

**DIRECTOR: Ing. FANNY FLORES, MSc.**

fanny.flores@epn.edu.ec

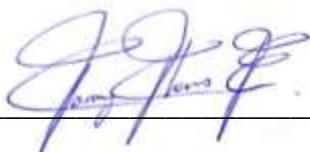
**CODIRECTOR: Ing. MÓNICA VINUEZA, MSc.**

monica.vinueza@epn.edu.ec

**Quito, mayo 2020**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Sebastián Nicolás Calvache Arcos y Dennise Alexandra Carrión Polo, bajo nuestra supervisión



---

Ing. Fanny Flores, MSc.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

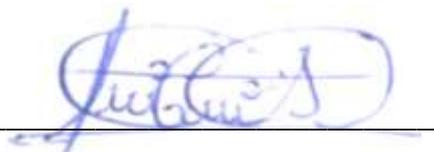
---

Ing. Mónica Vinueza, MSc.  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Sebastián Nicolás Calvache Arcos y Dennise Alexandra Carrión Polo, 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.



Sebastián Nicolás Calvache Arcos



Dennise Alexandra Carrión Polo

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mi madre Silvia Arcos, a mi padre Iván Calvache y mis hermanos Jessica, Gabriela y Andrés, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y me han apoyado a lo largo de mi formación profesional.

- Sebastián

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto va dedicado a mi madre Victoria Polo quien ha sido mi fuente de inspiración y fuerza para continuar con mis estudios.

A mi hermana Melani Carrión para que le sirva de inspiración y sepa que con esfuerzo y dedicación cada una de sus metas se puede cumplir.

- Alexandra

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre por enseñarme a ser persistente y esforzarme en los momentos más difíciles.

A los ingenieros docentes de la ESFOT, quienes han dedicado su tiempo a impartir su conocimiento.

A mi grupo de amigos: Kevin, Jefferson, Vinicio, Byron y Fabricio, pues han hecho que estos años en la universidad, sean muy amenos y divertidos.

A mi amiga y compañera Alexandra, que hemos pasado algunos semestres, compartiendo buenos y malos momentos.

- Sebastián

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre por su apoyo incondicional y sacrificio, porque gracias a su educación y valores inculcados me ha permitido llegar a culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermana Melani quien ha sido comprensiva en los momentos de estrés universitario y me ha tolerado con gracia.

A Anderson quien ha sabido ser un buen compañero, amigo y maestro que gracias a su criterio y sabiduría me ha apoyado en varios momentos de mi vida.

A los ingenieros docentes de la ESFOT que han sabido ser buenos educadores e impartir sus conocimientos de manera adecuada para inculcar en los míos.

A mis amigos Nathaly, Geovanny y Sebastián con quienes he compartido varios momentos buenos y malos llegándose a convertir en personas especiales en mi vida, y a mis compañeros allegados de la ESFOT con quienes he compartido conocimientos y varias aventuras durante este periodo.

- Alexandra

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
DECLARACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
RESUMEN.....	XI
<b>ABSTRACT</b> .....	XII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Marco Teórico</b> .....	2
IDE Arduino.....	2
Arduino Mega 2560 .....	2
Arduino Uno .....	3
Luz piloto.....	4
Sensor infrarrojo E18-D80NK.....	4
Módulo relé .....	6
Sensor magnético .....	7
Cerradura eléctrica.....	7
<i>Tablet</i> .....	8
<i>Router</i> .....	9
Biométrico ZKTeco SF300 .....	10
Direccionamiento IP .....	11
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	12
<b>2.1. Metodología Exploratoria</b> .....	13
<b>2.2. Metodología Experimental</b> .....	14
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	14
<b>3.1. Diseño</b> .....	14
<b>3.2. Implementación</b> .....	18
<b>3.3. Programación</b> .....	24
<b>3.4. Pruebas de Funcionamiento</b> .....	26
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	29
<b>4.1. Conclusiones</b> .....	29
<b>4.2. Recomendaciones</b> .....	30
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Placa Arduino Mega 2560.....	2
Figura 1.2: Placa Arduino Uno .....	3
Figura 1.3: Medidas luz piloto (mm) .....	4
Figura 1.4: Sensor infrarrojo E18-D80NK.....	5
Figura 1.5: Contactos del módulo relé .....	6
Figura 1.6: Sensor magnético .....	7
Figura 1.7: Cerradura eléctrica .....	8
Figura 1.8: Tablet Hyundai Koral 10X2 .....	8
Figura 1.9: Router TL-WR741ND.....	9
Figura 1.10: Lector biométrico ZKTeco SF300.....	10
Figura 1.11: Direccionamiento IP .....	11
Figura 2.1: Diagrama de procesos del sistema .....	13
Figura 3.1: Diagrama de un casillero .....	15
Figura 3.2: Diagrama de la estructura.....	16
Figura 3.3: Estructura de red .....	17
Figura 3.4 : Tarjeta principal en cloruro férrico .....	18
Figura 3.5: Tarjeta principal doble lado .....	18
Figura 3.6 :Tarjeta principal con elementos soldados .....	19
Figura 3.7: Interfaces de conexión .....	20
Figura 3.8: Placa de alimentación .....	20
Figura 3.9: Conectores molex .....	21
Figura 3.10: Cableado en las interfaces.....	22
Figura 3.11: Base acrílica para módulo relé .....	22
Figura 3.12: Cableado interno.....	23
Figura 3.13: Conexión entre módulos relé y Arduinos.....	24
Figura 3.14: Diagrama de funcionamiento del programa.....	25
Figura 3.15: Prueba inicial .....	26
Figura 3.16: Circuitería sistema de 4 casilleros.....	26
Figura 3.17: Circuitería interna del sistema .....	27
Figura 3.18: Sistema funcional.....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características de operación Arduino Mega 2560 .....	3
Tabla 1.2: Características de operación Arduino Uno .....	3
Tabla 1.3: Especificaciones luz piloto .....	4
Tabla 1.4: Especificaciones sensor infrarrojo E18-D80NK .....	5
Tabla 1.5: Especificaciones módulo relé .....	6
Tabla 1.6: Especificaciones sensor magnético.....	7
Tabla 1.7: Especificaciones cerradura eléctrica .....	8
Tabla 1.8: Especificaciones <i>tablet</i> Hyundai Koral 10X2 .....	9
Tabla 1.9: Especificaciones router TL-WR741ND .....	10
Tabla 1.10: Especificaciones lector biométrico ZKTeco SF300.....	11
Tabla 3.1: Parámetros de los colores del cable UTP.....	21
Tabla 3.2: Asignación de elementos a canales .....	23

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en implementar un sistema de casilleros inteligentes, mismos que serán utilizados por los docentes de la Escuela de Formación de Tecnólogos, para la gestión de los proyectores y kits de laboratorios.

En la primera sección se presenta la introducción, en la cual se describe el problema principal y se explica los objetivos planteados, como soluciones establecidas con la realización del proyecto. Además, en el marco teórico se expone los diferentes tipos de dispositivos electrónicos utilizados, con sus respectivas características de funcionamiento.

En la sección dos, se describe la metodología usada, que está enfocada en el método exploratorio y experimental; pues para realizar la automatización del sistema de *lockers*, se hizo pruebas con diferentes dispositivos electrónicos para que se adapten al modelo y objetivos planteados. Igualmente, se experimentó con varias interfaces para las respectivas conexiones, transferencia y presentación de información.

Como tercera parte, se expone el análisis de resultados y discusión. En esta sección se explica detalladamente la implementación de cada uno de los componentes del proyecto, desde la elaboración de las placas electrónicas, conexión de la red, distribución de los casilleros. Se analiza brevemente la estructura del programa principal, que se lleva a cabo en el proyecto y el completo funcionamiento del sistema; incluyendo los errores manifestados y las soluciones ejecutadas.

Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones acorde a los resultados obtenidos previamente.

**Palabras clave:** *lockers*, automatización, sistema biométrico, red, conexiones.

## **ABSTRACT**

*This Project is about the implementation of an intelligent locker system, which will be used by the Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) teachers for the projectors and laboratory kits management.*

*In the first section is presented the introduction, in this section the main problem is explained with its objectives, as solutions established with this project. Also, the different types of electronic devices used with their operation characteristics are explained in the theoretical framework.*

*In the second section, the methodology used is explained, and it is focused in an experimental and exploratory method, because in order to automate the lockers system, some tests with different electronic devices were executed. At the same time, many interfaces were tested for the transference, connections, and information presentation.*

*In the third section, the analysis and discussion are exposed. In this section each part of the implementation is explained in detail. From the electronic boards deployment, network connection and lockers distribution. The main program structure is quickly analyzed, it works simultaneously with the project and the system operation, including errors detection and possible solutions.*

*Finally, conclusions and recommendations are presented according with the results obtained previously.*

**Keywords:** *lockers, automation, biometric system, network, connections.*

# 1. INTRODUCCIÓN

La Escuela de Formación de Tecnólogos cuenta aproximadamente con 16 proyectores de video y cuatro *kits* de laboratorio; estos equipos son utilizados por los docentes que imparten sus clases a través de medios audiovisuales. Si bien, dichos dispositivos son una herramienta muy útil, la dificultad se presentaba al momento de tramitar su reserva, pues se debía registrar en una hoja los siguientes datos: nombre del docente, número de proyector, número de aula, hora de reserva y entrega; sin tener en cuenta el estado funcional del proyector.

El presente proyecto plantea el desarrollo de un sistema automatizado de *lockers* en base a placas Arduino. En dichos *lockers* se encuentran guardados los proyectores y *kits* de laboratorio, a los cuales se puede acceder de forma digital, mediante el registro del docente en un biométrico que refleja los datos en una *tablet*, misma que se encuentra en la estructura y por la cual pueden gestionar la reserva del *kit* o proyector. Esto agilizará la gestión de préstamo y devolución de los proyectores de la ESFOT, disminuyendo el tiempo en la reserva.

El personal encargado de la gestión de los equipos también es beneficiario, ya que, al automatizar dicho proceso, se tendrá en consideración el estado operativo de los diferentes dispositivos, y así poder dar soluciones efectivas a los elementos que presenten fallas.

Para su implementación, se analizaron diferentes dispositivos electrónicos de modo que cumplan con las características necesarias para el desarrollo del proyecto; con el diseño previo, se elaboraron placas que funcionan como interfaces para que los distintos componentes se puedan conectar.

Las conexiones de los diferentes dispositivos y elementos se realizaron de manera que atraviesa diferentes áreas del mueble, pero que a su vez mantiene la visibilidad estética para los usuarios; de esta manera llegan a la placa madre donde se ejecuta el programa de automatización.

Cabe mencionar que el presente proyecto ha sido desarrollado por seis estudiantes de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones y una estudiante de Tecnología en Análisis de Sistemas Informáticos. El presente trabajo se enfoca en la parte correspondiente a la implementación.

## 1.1. Marco Teórico

### IDE Arduino

Es un programa compatible con los diferentes sistemas operativos Windows, Linux y macOS. El IDE de Arduino maneja los lenguajes C y C++, con ciertas normas de estructura en el código; es utilizado para desarrollar y cargar programas en las placas de Arduino. Cabe destacar que el *software* presenta la herramienta monitor serie, misma que posibilita el envío y recepción de datos al módulo, a través de conexión USB.

Arduino IDE proporciona gran cantidad de librerías, mismas que se encuentran libres en las páginas de Arduino. Existen determinadas librerías para sensores y módulos, compatibles con la plataforma. [1]

### Arduino Mega 2560

Con el desarrollo de Arduino, ha surgido una gran variedad de aplicaciones en ámbitos de: salud, entretenimiento, robótica, iluminación, educación, etc. Arduino es una plataforma que permite adquirir de forma rápida y sencilla conocimientos en electrónica y programación. [2]

Esta placa de Arduino utiliza un microcontrolador ATmega2560; cuenta con 54 pines de entrada y salida digitales, entre ellos 14 pueden ser usados como salidas PWM (*Pulse Width Modulation*). Además, posee 16 pines para entradas analógicas, un oscilador de 16 MHz, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), un conector USB (*Universal Serial Bus*), conector de alimentación, encabezado ICSP (*In Circuit Serial Programming*), un botón de reinicio, 4KB de EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), 8KB de SRAM (*Static Random-Access Memory*) y 256KB de memoria flash. Todos estos elementos convergen en la placa, como se muestra en la Figura 1.1. [3]



Figura 1.1: Placa Arduino Mega 2560 [3]

Por otra parte, en la tabla 1.1 se muestran las características de operación de la placa.

Tabla 1.1: Características de operación Arduino Mega 2560 [3]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada	7 V a 12 V (recomendado)
Voltaje de entrada límite	6 V a 20 V
Corriente Continua por pin de entrada y salida	40 mA
Corriente Continua para pin de 3.3 v	50 mA

### Arduino Uno

Esta placa de Arduino está basada en un microcontrolador ATmega328P, cuenta con 14 pines de entrada y salida digital, de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM, 1KB de EEPROM, 2KB de SRAM, y 32KB de memoria flash. Además, tiene 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, un conector USB, *jack* de alimentación, encabezado ICSP, y un botón de reinicio, como se muestra en la Figura 1.2 la integración de todas las partes en el módulo. [4]

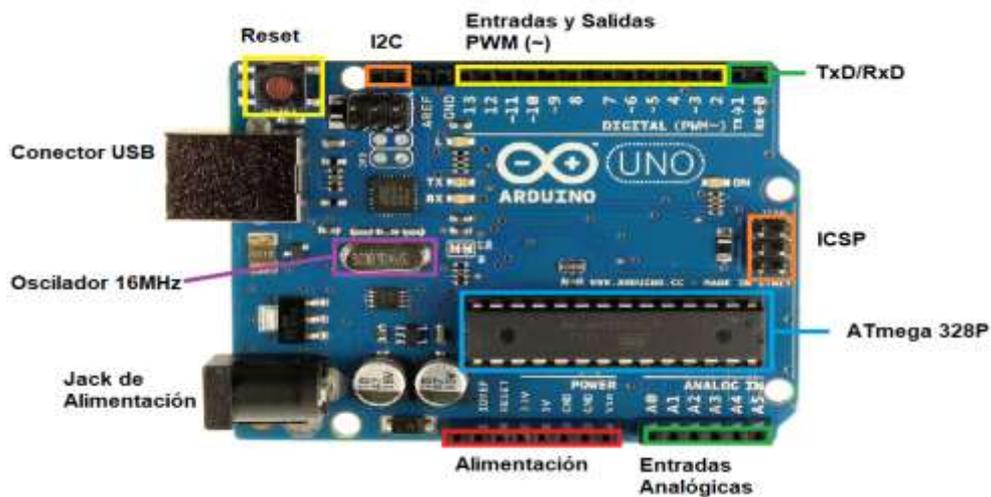


Figura 1.2: Placa Arduino Uno [4]

Las características de operación de esta placa se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Características de operación Arduino Uno [4]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada	7 V a 12 V (recomendado)
Voltaje de entrada límite	6 V a 20 V
Corriente Continua por pin de entrada y salida	40 mA
Corriente Continua para pin de 3.3 v	50 mA

## Luz piloto

Es un elemento luminoso, generalmente utilizado para mostrar la presencia de electricidad en tableros, gabinetes, paneles de control. Maneja iluminación tipo LED (*Light - Emitting Diode*). Cuenta con una tuerca de seguridad en la parte posterior, en conjunto con unos terminales de abrazadera, para una conexión y montaje simples. En la Figura 1.3, se muestran las medidas del dispositivo. [5]

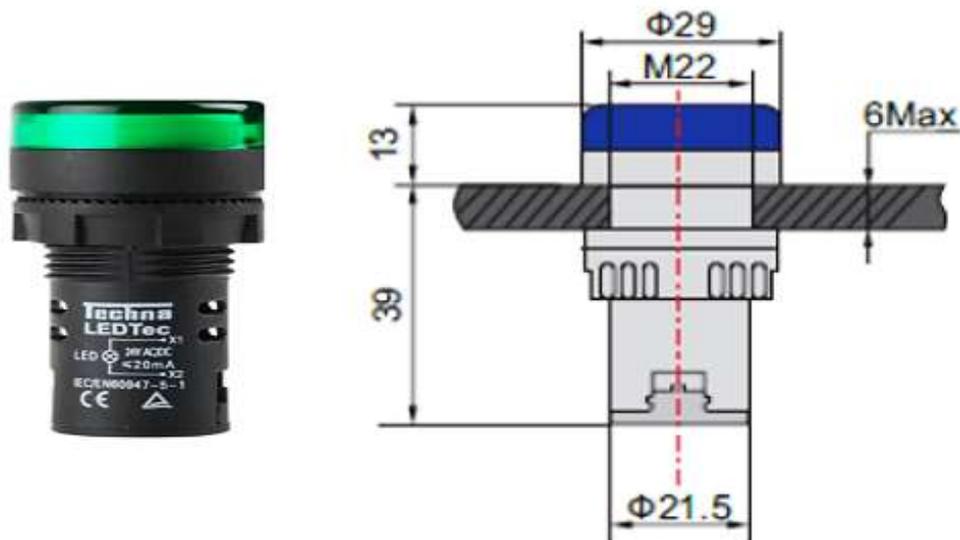


Figura 1.3: Medidas luz piloto (mm) [5]

Las características técnicas del elemento se muestran en la tabla 1.3.

Tabla 1.3: Especificaciones luz piloto [5]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	110 V
Frecuencia	AC 50 – 60 Hz
Rango de temperatura	-25°C a 55°C
Humedad relativa	≤ 98%
Resistencia de aislamiento	≥ 2MΩ
Vida útil	30000 horas
Grado de protección IP	IP65
Luminancia	≥ 60 Cd/m <sup>2</sup>

## Sensor infrarrojo E18-D80NK

Es un sensor de proximidad fotoeléctrico, el cual permite la detección de objetos sin necesidad de que exista contacto. Es compatible con microcontroladores PIC, ATmega, Arduino y PLC; basta con conectar la salida de datos a una salida digital de los elementos antes mencionados.

Este sensor es tipo NPN normalmente abierto; es decir que, al detectar un objeto, la salida mostrará 0 lógico, y en estado de reposo enviará 1 lógico. Además, la sensibilidad de este puede ser regulada mediante un potenciómetro que se encuentra en la parte posterior del sensor, y cuenta con un LED que se enciende cuando el elemento ha detectado un objeto, siendo un beneficio al momento de calibrar y verificar el correcto funcionamiento del dispositivo.

Cabe destacar que el sensor infrarrojo es de tipo difuso; es decir, tiene el emisor y el receptor integrados, por lo que no necesita algún espejo adicional. Por tanto, el emisor envía una señal (haz de luz), que al momento de impactar en el objeto es reflejado, y posteriormente detectado por el receptor, encendiéndose el LED. En la figura 1.4, se muestra una imagen del sensor. [6]



Figura 1.4: Sensor infrarrojo E18-D80NK [6]

Las características operativas del sensor se pueden observar en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Especificaciones sensor infrarrojo E18-D80NK [6]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	5V
Corriente de trabajo	20 mA máximo
Rango de detección	3 cm a 80 cm
Salida	Tipo NPN normalmente abierto (NO) (Encendido: 0L / Apagado: 1L)
Temperatura de trabajo	25 °C a 70 °C
Indicador de detección	LED rojo

Las conexiones del elemento se muestran a continuación:

- Cable Café → +5V
- Cable Azul → GND o Negativo
- Cable Negro → Salida

## Módulo relé

El módulo relé consta de varios canales (relés); cada uno dispone de una bornera con 3 entradas que son: común (COM), normalmente abierto (NO) y normalmente cerrado (NC). A continuación, una explicación de cada uno de ellos.

NO: indica que, en estado de reposo, este se encuentra abierto. Al enviar una señal por las entradas de control del módulo, el relé conmutará cerrando el circuito y dejando pasar corriente.

NC: este pin inicialmente se encuentra cerrado; es decir, la corriente circula. Al enviar una señal por las entradas de control, el relé conmutará permitiendo el paso de la corriente.

El módulo dispone de pines de entrada y alimentación, como se puede observar en la Figura 1.5; cada pin de entrada corresponde a un canal, los cuales reciben una señal del Arduino para su respectiva conmutación. El módulo consta de 2 pines de alimentación VCC y GND. [7]



Figura 1.5: Contactos del módulo relé [7]

Existe otro conjunto de pines definidos por VCC, GND y JD-VCC. El pin JD-VCC viene acompañado de un *jumper* que hace de puente con el pin de VCC; cuando el *jumper* hace de puente, significa que se va a utilizar una sola fuente; mientras que, si se lo retira, se hará uso de dos fuentes.

Las características del módulo se pueden observar en la tabla 1.5.

Tabla 1.5: Especificaciones módulo relé [7]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Alimentación	5 V
Corriente para activar un relé	15 mA a 20 mA
Corriente de salida por un relé	250 Vca 10 A o 30 Vcc 10 A
Consumo de corriente por relé	90 mA
Compatible con Arduino y otros microcontroladores	Sí

### Sensor magnético

El sensor magnético está constituido por dos pequeños bloques rectangulares, en donde uno de ellos posee dos cables por los cuales se envía la señal del sensor, observar Figura 1.6. El funcionamiento del sensor es como el de un *switch* en estado normalmente abierto en presencia de campo magnético, al momento de separar ambas partes del elemento, el circuito procede a cerrarse.

En otras palabras, al estar separadas las partes se tendrá un 1 lógico, mientras que al estar juntas el valor será 0 lógico, dependiendo el tipo de sensor (normalmente abierto o normalmente cerrado) los valores cambian según el estado. [8]



Figura 1.6: Sensor magnético [8]

Las características de este sensor se pueden observar en la tabla 1.6.

Tabla 1.6: Especificaciones sensor magnético [8]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Corriente máxima	0.5 A
Voltaje máximo	100 V
Distancia de activación	15 mm a 25 mm
Material	Plástico Blanco ABS
Dimensiones	34 x 41 x 6.5 mm

### Cerradura eléctrica

La cerradura eléctrica utilizada en el proyecto, es un modelo que en su interior dispone de un solenoide; cuyo funcionamiento se describe como una bobina que inicialmente no está energizada. Tiene un resorte que permite que la base del pistón se mantenga fuera del núcleo, de tal manera que, cuando se energiza la bobina, se crea un campo magnético que tira del núcleo y libera una fuerza mecánica, haciendo que el pistón ingrese. La cerradura se muestra en la Figura 1.7.

Se debe tener en cuenta que, la distancia recorrida gracias a la fuerza mecánica es muy pequeña, pero es válida para actuar como cerradura. [9]



Figura 1.7: Cerradura eléctrica [9]

Las características de este elemento se muestran en la tabla 1.7.

Tabla 1.7: Especificaciones cerradura eléctrica [9]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Alimentación	12 V
Consumo	650 mA a 12 V
Tiempo de activación	1 a 10 segundos
Dimensiones	23.57mm x 67.47mm x 27.59mm
Peso	147.71 g

### **Tablet**

La *tablet* es un dispositivo portátil, generalmente de mayores dimensiones que un *smartphone*; cuenta con una pantalla táctil con la que se puede interactuar a través de los dedos. El tamaño, almacenamiento, procesador, entre otros elementos, varían de acuerdo a las necesidades de los usuarios, ver la Figura 1.8. [10]



Figura 1.8: *Tablet* Hyundai Koral 10X2 [10]

En la tabla 1.8, se puede observar las características principales de la *tablet*.

Tabla 1.8: Especificaciones *tablet* Hyundai Koral 10X2 [10]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Tamaño de pantalla	10.1 pulgadas
Resolución de la pantalla	1280 x 800 píxeles
Procesador	Mali-400MP2, Quad-core 1.3 GHz Cortex-A7, Rockchip RK3126C
Sistema operativo	Android OS, v8.1 (Oreo)
Conectividad	Bluetooth, Wi-Fi 802.11 b/g/n
Capacidad de batería	5000 mAh
RAM	1 GB
Memoria interna	16 GB
Duración de la batería	6 horas

### **Router**

Es un elemento de *hardware* de red que sirve como enlace de comunicación entre computadores, dispositivos de acceso inalámbrico y la Internet. Generalmente se lo utiliza en redes PAN (*Personal Area Network*) y LAN.

El *router* es el equipo encargado de determinar las rutas que deben tomar los paquetes de datos para llegar a su destino. Cabe destacar que estos dispositivos funcionan como servidores DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), generando direcciones IP únicas.

El dispositivo TL-WR741ND de la marca TP-LINK, permite la conexión por medio de cable de red o a través de acceso inalámbrico, este último es compatible con las tecnologías 802.11b, 802.11g y 802.11n. Además, posibilita el acceso a aplicaciones que consumen una porción considerable de ancho de banda. Véase en la Figura 1.9. [11]



Figura 1.9: Router TL-WR741ND [11]

En la tabla 1.9, se muestran las características puntuales del enrutador.

Tabla 1.9: Especificaciones *router* TL-WR741ND [11]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Interfaz	4 Puertos LAN 10/100Mbps y 1 Puerto LAN 10/100Mbps
Botón	Botón de WPS/Reset
Fuente de alimentación externa	9V – 0.6A
Antena	Omni direccional desmontable de 5dBi (RP-SMA)
Seguridad inalámbrica	WEP / WPA / WPA2, WPA-PSK / WPA2-PSK
DHCP	Servidor, cliente, lista de clientes DHCP, reserva de direcciones
Protocolos	Soporta IPv4 e IPv6

### Biométrico ZKTeco SF300

Los sistemas biométricos son utilizados en procesos de identificación y verificación de una persona. En dichos procesos se determinan patrones que no pueden ser cambiados, falsificados o extraídos para acceder a la información de otros. Los sistemas biométricos de ZKTeco, emplean un algoritmo de huellas digitales denominado *SilkID*, mismo que posee uno de los mejores sensores de detección de huellas falsas. Además, su tecnología anti-interferencia permite autenticar las huellas digitales secas, húmedas y ásperas con mayor precisión. [12], [13]

Es un escáner de huellas digitales que funciona con IP (*Internet Protocol*). El dispositivo puede ser utilizado tanto de forma independiente como en una red. Para realizar el control de tiempo y asistencia se lo conecta a la plataforma *ZKAccess3.5*. El biométrico en mención se encuentra en la Figura 1.10. [14]



Figura 1.10: Lector biométrico ZKTeco SF300 [14]

Las especificaciones del biométrico se muestran en la tabla 1.10.

Tabla 1.10: Especificaciones lector biométrico ZKTeco SF300 [14]

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Pantalla	LCD <i>Touch</i> de 2.8 pulgadas
Capacidad de huellas digitales	1500
Comunicación	TCP/IP, USB-Host
Fuente de alimentación	DC 12 V – 3 A
Humedad de operación	20% a 80%
Temperatura de operación	0°C a 45°C
Versión de algoritmo	ZKFinger VX10.0

### Direccionamiento IP

Una dirección IP (*Internet Protocol*) es una representación numérica, que se encarga de identificar una única interfaz dentro de una red. Las direcciones IP son números binarios, pero se los expresa en forma decimal para mayor facilidad.

El direccionamiento IP permite asignar identificadores a diferentes dispositivos conectados a una red.

La asignación de direcciones IP, puede realizarse de dos formas:

- **Estática:** La dirección IP y demás parámetros son configurados de forma manual por el usuario.
- **Dinámica:** La dirección IP del dispositivo es establecida por un equipo encargado de asignar los identificadores de forma automática; por ejemplo, un *router*. [15]

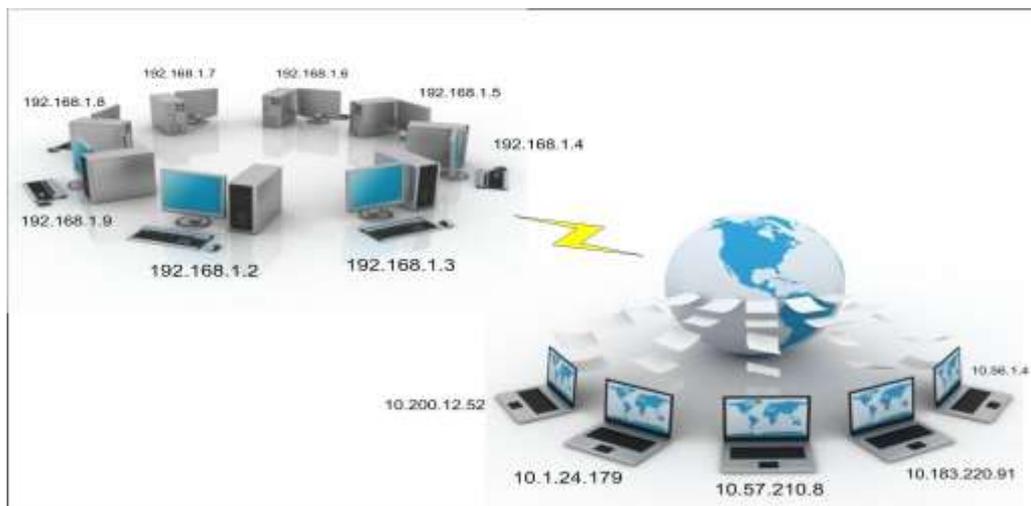


Figura 1.11: Direccionamiento IP [15]

## 2. METODOLOGÍA

Inicialmente, se procedió a analizar las características de funcionamiento de cada uno de los elementos seleccionados en la etapa de diseño tales como sensores, luces, cerraduras, el tipo de cable, entre otros. Mediante el uso de hojas técnicas se pudo reconocer las características de operación y se establecieron las conexiones entre los elementos de los *lockers*, relés y tarjeta principal.

Se procedió a cortar las placas para los elementos, al igual que la tarjeta principal para los Arduinos y se elaboraron las pistas mediante el método del planchado. Se verificó que las pistas estén completas y no exista algún desperfecto. Posteriormente, los elementos electrónicos correspondientes a cada interfaz fueron incorporados.

Se realizó un bosquejo de la estructura, para determinar la ubicación más adecuada de los elementos y las interfaces de conexión.

Los componentes fueron soldados en las diferentes placas, y luego se llevó a cabo el tendido de cable por los espacios que se dejó en la estructura para dicha actividad; en la cual se utilizó dos tipos de cable UTP y AWG, de acuerdo con las características de los elementos, algunos fueron conectados a la placa principal y otros se conectaron a los módulos relé. Se midió continuidad para comprobar que las conexiones estén bien hechas y no tener incidentes al momento de energizar. Además, se realizó un armazón con los módulos relé y los acrílicos, en donde se colocaron borneras para la conexión con los relés.

En los diferentes pasos se realizó un proceso de verificación, en los cuales se midió continuidad en los diferentes puntos, se calibraron los sensores infrarrojos a una distancia adecuada, se comprobó que la conmutación de las luces se realice correctamente. Así mismo, se procuró que los sensores magnéticos estén colocados a una distancia idónea para su óptimo funcionamiento y se revisó que las cerraduras cumplan su función.

Finalmente, se verificó el correcto estado de cada *locker*, se energizaron todas las placas y módulos relés para comprobar el funcionamiento completo del sistema; este proceso se realizó con peticiones desde la placa principal. Posteriormente, realizadas las pruebas de funcionamiento, se procedió a enlazar el sistema de la placa principal con la plataforma digital, presentada en una *tablet* como interfaz de usuario.

En la figura 2.1, se muestra un diagrama de los procesos que se realizaron.



Figura 2.1: Diagrama de procesos del sistema

## 2.1. Metodología Exploratoria

Se utilizó la metodología exploratoria, para realizar un análisis de los equipos de audiovisuales con los que cuenta la Escuela de Formación de Tecnólogos; es decir, se tomó las respectivas dimensiones de los elementos, se procedió a numerar la cantidad de dispositivos disponibles, y tener una idea clara de los casilleros necesarios para el proyecto.

Posterior, se consultó sobre las características de funcionamiento de Arduino y de los dispositivos compatibles con él. Existe una amplia gama de elementos electrónicos que se relacionan con Arduino, por lo que se ha seleccionado los dispositivos que cumplan con los requerimientos para este proyecto.

En cuanto a los componentes electrónicos que permitirán obtener información y presentarla mediante una interfaz, se buscó equipos amigables para la comunicación con el usuario, de los cuales se tiene: una *tablet* que permite la interacción y un

biométrico que permite registrar y reconocer al usuario. Estos dispositivos estarán siempre conectados, y su información será gestionada en un servidor, el cual está enlazado con estos a través de una red LAN.

## **2.2. Metodología Experimental**

Para llevar a cabo el proyecto, se realizó un bosquejo de la estructura, teniendo en cuenta las dimensiones tomadas previamente, y se la diseñó de tal manera que presente un aspecto formal, sin visibilidad del cableado. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis del funcionamiento del Arduino; se procedió a probar cada uno de los dispositivos electrónicos seleccionados y a calibrarlos de ser necesario. Además, se estableció un orden de operación para los componentes, ya que no todos actúan al mismo tiempo.

Se determinó el uso de una placa que permita la comunicación entre los módulos Arduino y los elementos que tiene cada *locker*, de modo que se encuentren distribuidos de forma metódica, lo cual facilita la identificación de cada uno; esto a su vez ayudó a tener un cableado ordenado, mismo que estará distribuido en el interior de la estructura.

En cuanto a la red LAN, está constituida por una parte cableada y una inalámbrica; la parte cableada se implementó bajo las normas de cableado estructurado correspondientes.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Diseño**

#### **Infraestructura**

Cabe señalar que este tema en específico está a cargo de otros estudiantes que participaron en el proyecto; por esta razón se tratará los aspectos más generales dentro del mismo.

Considerando que la ESFOT cuenta con 16 proyectores y cuatro kits de laboratorio, inicialmente, se tomó en cuenta los elementos que iban a ser utilizados, las dimensiones que tendrían los casilleros, para posteriormente realizar el diagrama de un solo *locker*; esto con el fin de saber dónde colocar los diferentes dispositivos. En la figura 3.1, se puede observar el diagrama de un casillero en su totalidad.

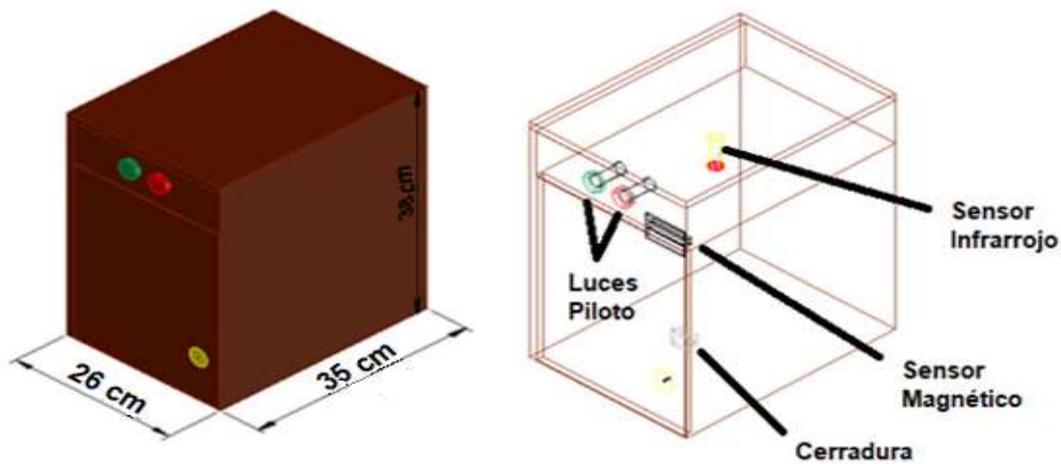


Figura 3.1: Diagrama de un casillero

Cada casillero cuenta con dos luces piloto (verde y roja), un sensor magnético, un sensor infrarrojo y una cerradura eléctrica.

Los roles que cumple cada uno de los elementos son los siguientes:

- Las luces piloto sirven como indicadores, muestran la presencia o ausencia del proyector. Cuando la luz verde está encendida indica que hay proyector disponible, mientras que la luz roja manifiesta que el casillero está vacío.
- La cerradura eléctrica tiene como función mantener la puerta cerrada, hasta que reciba una señal para que esta se abra.
- El sensor magnético está relacionado con la cerradura eléctrica, puesto que al estar juntas ambas partes del sensor, la cerradura mantendrá la puerta cerrada. Mientras que, al estar separadas, el pestillo ingresará a la cerradura, hasta que el sensor vuelva a su estado inicial.
- El sensor infrarrojo tiene como función enviar información de los casilleros; es decir, la presencia o no de elementos en el interior de estos. El infrarrojo se activará y enviará datos después de que una puerta haya sido cerrada.

Una vez conocidas las medidas y los lugares que ocuparán los elementos, se procedió a realizar el bosquejo de la estructura completa, la cual tiene una separación intermedia entre una decena de casilleros. Para la ubicación de los dispositivos de interacción con el usuario, como son el biométrico y la *tablet*, en la figura 3.2, se puede observar que se encuentran ubicados en la parte central de la estructura, para un mejor acceso.

Las medidas de la estructura completa son 136 cm de ancho, 196 cm de alto, y 35 cm de profundidad.

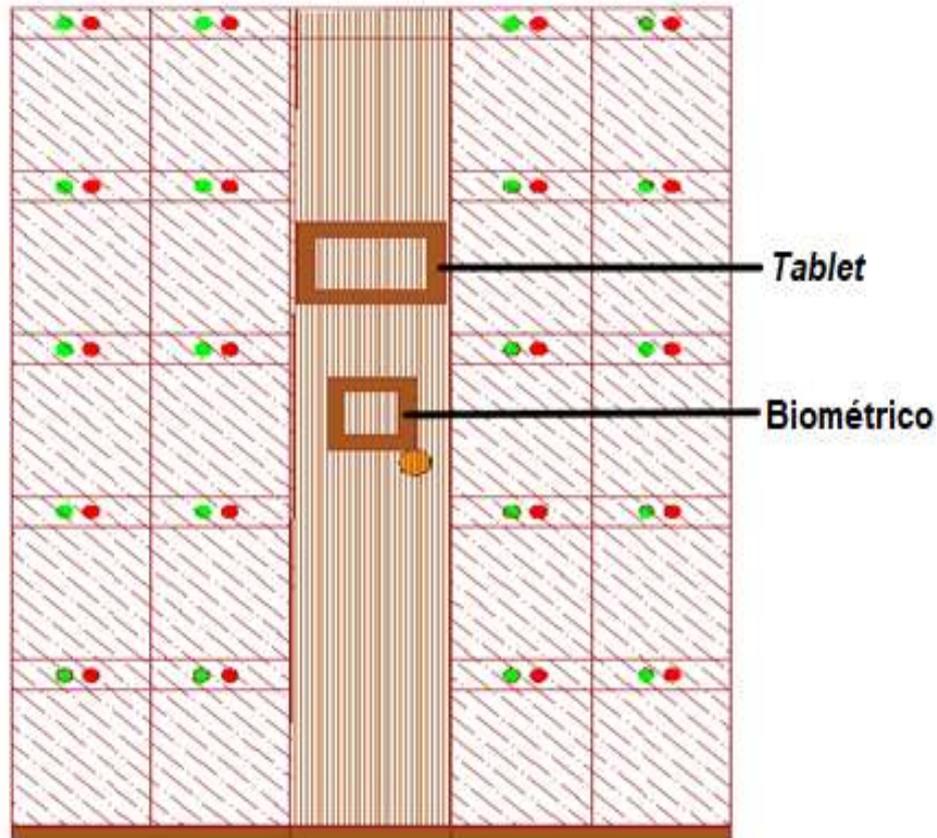


Figura 3.2: Diagrama de la estructura

Ambos dispositivos cumplen con las siguientes funciones:

- La *tablet*: Presentación visual del estado del sistema.
- El biométrico: Validación de usuarios y registros existentes en el sistema.

### Estructura de red

Para la comunicación entre los diferentes dispositivos que se localizan en la infraestructura y el servidor, se ha implementado una red que conecta la placa madre, la *tablet* y el biométrico al servidor donde se aloja toda la información. La red tiene salida a internet, pues es necesario ya que uno de los complementos del sistema lo requiere.

Para la conexión a internet se usó una VLAN (*Virtual Local Area Network*) otorgada por la DGIP (Dirección de Gestión de la Información y Procesos), esta VLAN se comparte con otro proyecto de la ESFOT. Con este propósito se conectó el *router* de la red del proyecto a un puerto del switch de la Subdirección, el cual tiene acceso a los servidores de la DGIP. Además, se configuró la dirección correspondiente en el servidor para tener acceso a internet.

El diagrama de red se puede observar en la figura 3.3.

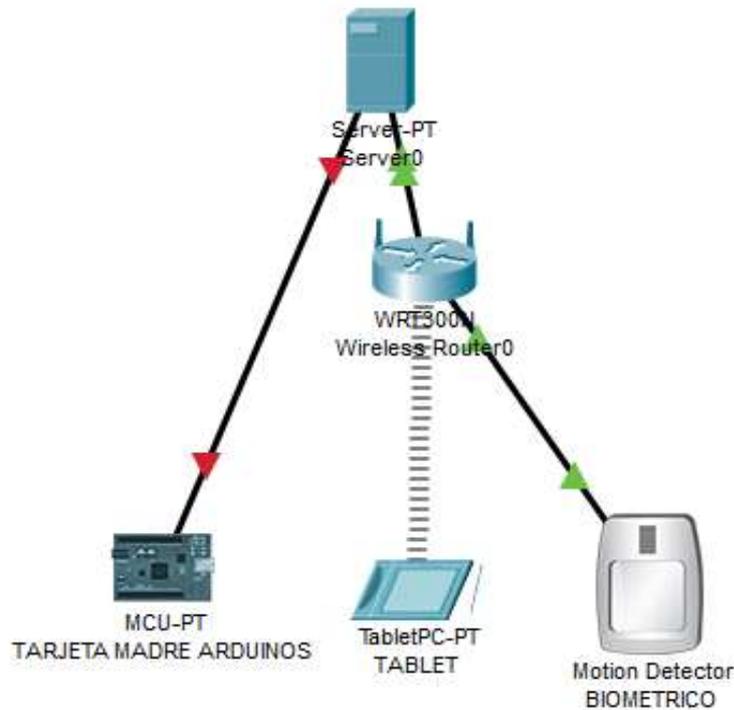


Figura 3.3: Estructura de red

El Arduino *Master* se conecta al servidor a través de un cable USB que tiene una distancia de 20m, por donde viajan las señales; mismas que son procesadas en el servidor por un *software*, de modo que, permite brindar información al usuario y de este también se envían las peticiones para ser gestionadas en la placa principal, utilizando la interfaz gráfica de la *tablet*.

El biométrico se conecta mediante cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) categoría 5e al *router* inalámbrico; los puertos están distribuidos de manera que el puerto WAN se conecta a un puerto del *switch* de la subdirección, para tener salida a internet, lo que permite a los docentes acceder a la plataforma cada semestre y actualizar los sílabos correspondientes a las materias que dictan. De esta manera la información proporcionada servirá para el registro respectivo de clases y horarios. Los puertos LAN son utilizados para conectar el servidor y el biométrico mediante cables UTP. Además, el *router* brinda conexión Wi-Fi para que la *tablet* se enlace y se encuentre dentro de la misma red.

La *tablet* se conecta al Wi-Fi para acceder a una página *web*, en donde si el usuario previamente se registró y accede con su huella, puede interactuar con el sistema de gestión de proyectores. Cabe señalar que, la página *web* fue desarrollada por una estudiante de Análisis de Sistemas Informáticos.

## 3.2. Implementación

### Elaboración de placas electrónicas

- **Placa principal**

Una vez realizado el diseño de las placas electrónicas, se procede a su respectiva elaboración. La placa principal consta de dos lados; se utilizó el método del planchado que consiste en traspasar el circuito impreso en papel termotransferible a la baquelita mediante el calor de la plancha.

Una vez estampado el diagrama, se somete al cloruro férrico, de modo que, este componente reacciona y quema las partes que no estén estampadas en la baquelita. De esta forma, el cobre de la placa solo quede en las pistas que corresponden al diseño del diagrama, como se puede observar en la figura 3.4.



Figura 3.4 : Tarjeta principal en cloruro férrico

Cuando se determina que ya están listas las pistas de la placa, el siguiente paso es sacarla del cloruro férrico y limpiarla. Se puede observar las pistas de cobre en la figura 3.5 que corresponden a los dos lados de la tarjeta principal.

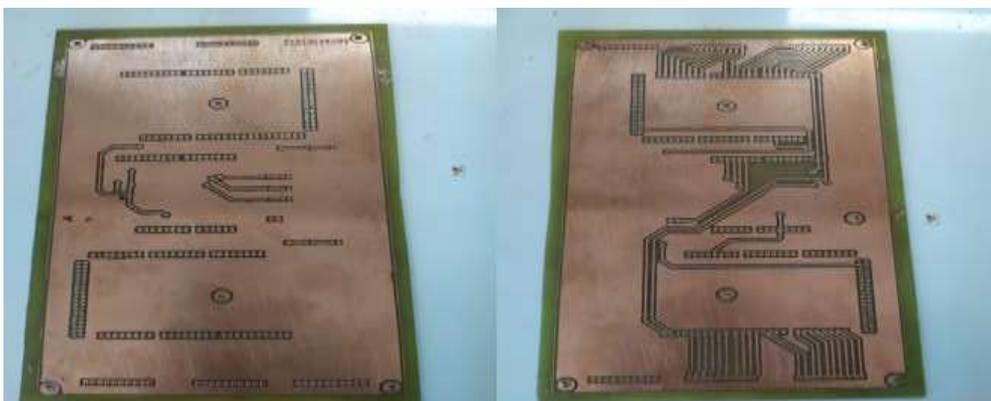


Figura 3.5: Tarjeta principal doble lado

La placa está constituida por un conjunto de zócalos, estos representan los pines de los Arduinos Mega y Uno, de tal forma que permite insertarlos en su lugar. Cada pin se separa mediante pistas en la placa hacia un grupo de conectores molex de 10 pines; se cuenta con 6 conectores. Además, la placa tiene LEDs indicadores y un pulsador, como se puede observar en la figura 3.6.

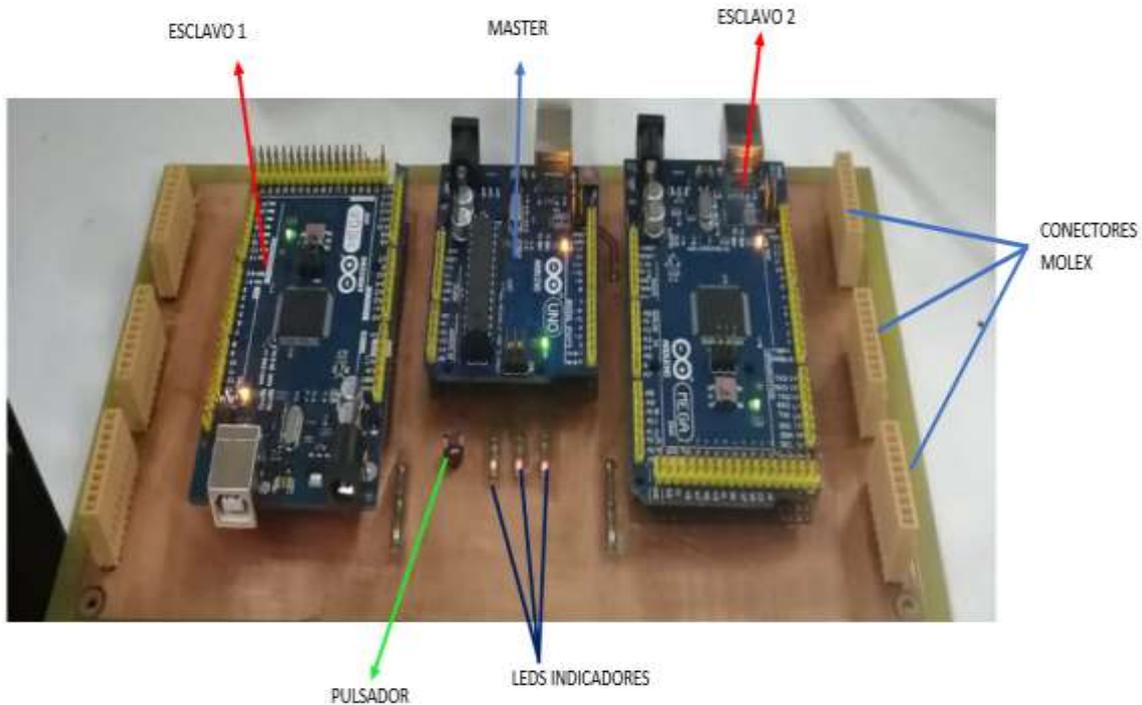


Figura 3.6 :Tarjeta principal con elementos soldados

Los Arduinos Mega representan los esclavos 1 y 2, mientras que el Arduino Uno actúa como maestro. Los esclavos envían y reciben las señales de los relés; estas señales vienen de los dispositivos electrónicos que se encuentran en cada casillero pertenecientes a la tierra común, sensor infrarrojo y cerradura. Así pues, el esclavo 1 tiene a su cargo los casilleros 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, mientras que el esclavo 2 controla a 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, de donde las señales recibidas y enviadas son comunicadas al *Master* mediante el protocolo I2C.

- **Interfaces de conexión**

Se diseñó previamente placas que van en cada uno de los casilleros que funcionan como interfaz entre los elementos electrónicos de los casilleros y la tarjeta principal, con el fin de permitir una mejor interacción en cuanto a las conexiones. Para la elaboración de estas placas se sigue el mismo procedimiento mencionado anteriormente, como se puede observar en la figura 3.7.

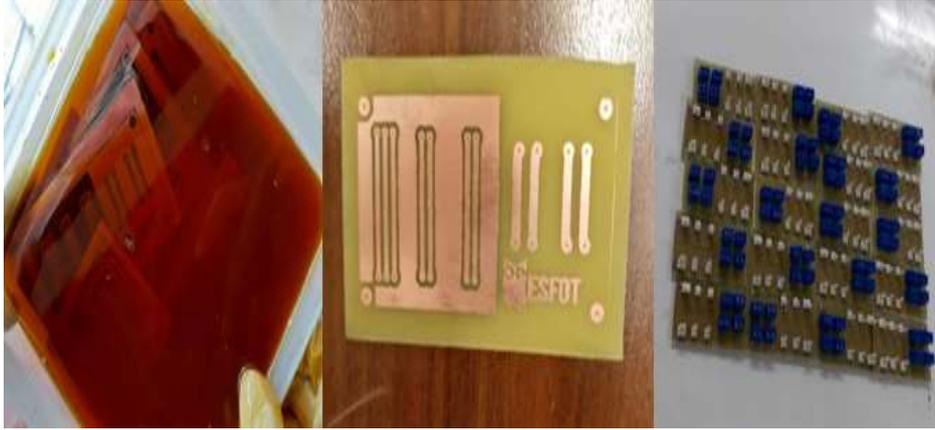


Figura 3.7: Interfaces de conexión

- **Placa de alimentación**

Adicionalmente se implementó una placa de alimentación en donde se conectan las diferentes fuentes para suministrar la suficiente energía a los elementos que constituyen el sistema automatizado.

Las fuentes utilizadas son de 110V AC, 12V DC y 5V DC. Esta placa está conformada por 15 borneras, de las cuales 3 borneras corresponden a las entradas de alimentación respectivamente, y cada una se distribuyen mediante pistas a otras 4 borneras, como se puede observar en la figura 3.8. De estas borneras se alimenta a los módulos relé, para energizar a los diferentes dispositivos electrónicos.

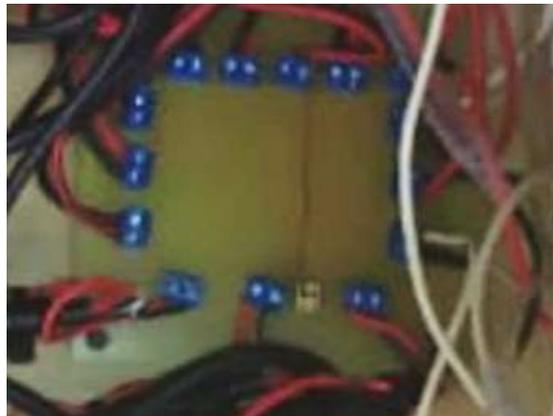


Figura 3.8: Placa de alimentación

### **Cableado**

Se utilizó 3 tipos de cable, conforme a los requerimientos de cada elemento.

Para los dispositivos que manejan voltajes de 5V a 12V, se utilizó cable UTP, del cual se empleó 7 hilos de los 8 que este posee.

Se procedió a definir los colores para cada componente, en la tabla 3.1, se puede observar el parámetro de cada color.

Tabla 3.1: Parámetros de los colores del cable UTP

COLOR	PARÁMETRO
Blanco Naranja	Negativo Cerradura
Naranja	Positivo Cerradura
Blanco Azul	Negativo Infrarrojo
Azul	Positivo Infrarrojo
Verde	Datos del Infrarrojo
Blanco Café	Negativo Magnético
Café	Positivo Magnético

Cabe destacar que se utilizó conectores molex en los cables de cada uno de los elementos, esto con el fin de realizar una conexión más sencilla al momento de enlazar los dispositivos a las diferentes placas y módulos. En la figura 3.9, se muestra la respectiva distribución.

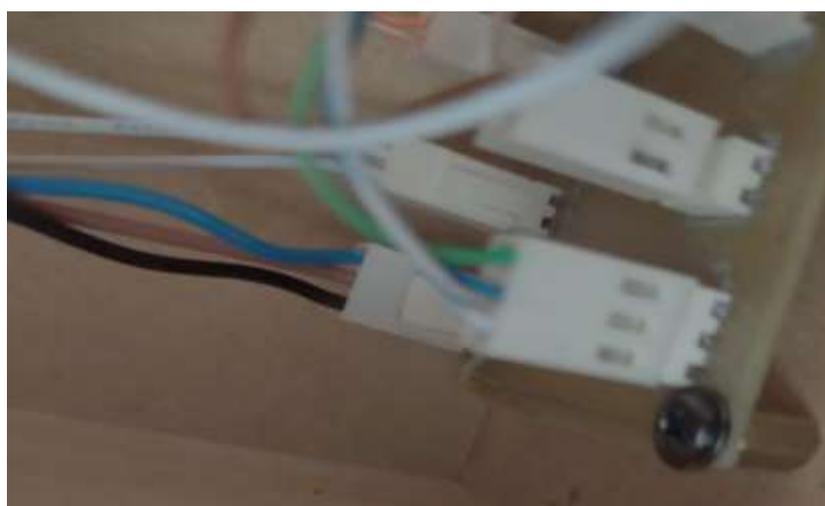


Figura 3.9: Conectores molex

Para las luces piloto que manejan 110v, se optó por trabajar con 3 colores de cable AWG 16, los cuales sirven para distinguir los puntos de conexión, se tiene:

- Verde → Neutro
- Blanco → Fase
- Negro → Puentes

En la figura 3.10, se puede distinguir los cables AWG y UTP en una de las placas de conexión.

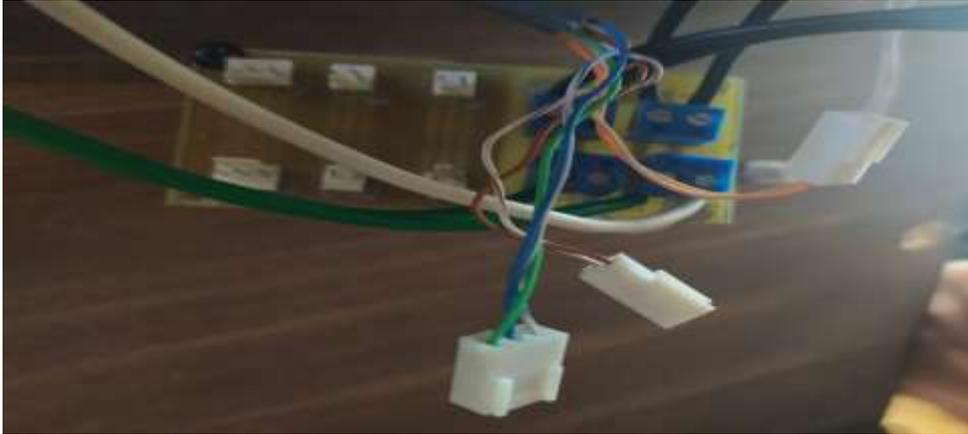


Figura 3.10: Cableado en las interfaces

En cuanto a los módulos relé, fueron colocados en una base de acrílico adaptada, para que el grupo de cables pueda pasar de un extremo a otro por la parte posterior de los módulos y además ayudar a aislar las placas de la estructura de madera. En los laterales de las bases de acrílico, se colocaron borneras de conexión para enlazar el cableado de las interfaces con los módulos relé, de modo que el cableado sea más ordenado e interactivo. El tamaño de las borneras varía acorde con el tipo de cable.

En la figura 3.11, se muestra un ejemplo del módulo relé sobre la base de acrílico.

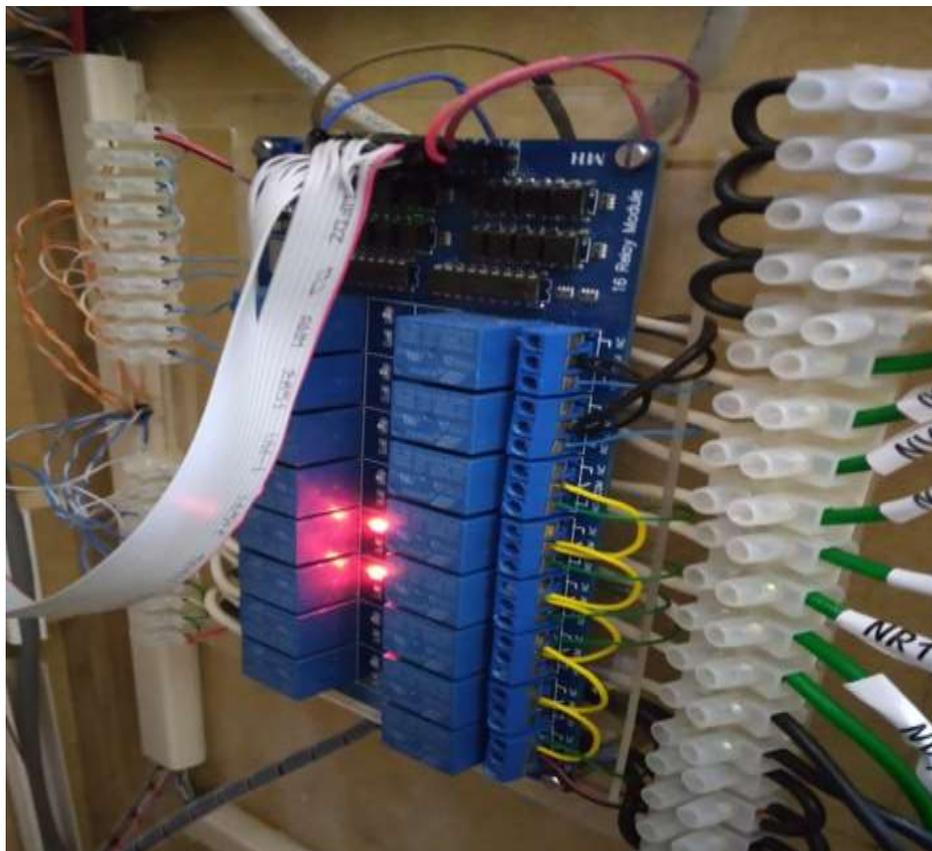


Figura 3.11: Base acrílica para módulo relé

Los módulos relé son de 16 canales; cada módulo controla los componentes de 5 casilleros, de modo que los canales están seguidamente asignados para cada tipo de elemento. La parte positiva de los diferentes elementos está puenteada en las borneras, mientras que los negativos van conectados a los módulos relé ya que estos son los que conmutan. En la tabla 3.2, se puede observar el dispositivo asignado a cada canal.

Tabla 3.2: Asignación de elementos a canales

CANALES	ELEMENTO
1 al 5	Infrarrojo
7 al 11	Cerradura
12 al 16	Luz Piloto

Posteriormente, se procedió a colocar las canaletas en toda la estructura para establecer orden en el cableado; además, como medida de protección en cuanto al cableado de las luces piloto. En la figura 3.12, se puede observar la parte posterior de la estructura y las canaletas debidamente colocadas.



Figura 3.12: Cableado interno

Finalmente, se utilizó cable IDE de 24 hilos, de los cuales se emplearon 16. Esto se realizó para una mayor facilidad y mantener cierto orden, al momento de conectar los

pinos de los módulos relé con los pines funcionales de los Arduinos. En la figura 3.13, se muestra la conexión entre los Arduinos y los módulos relé mediante los cables IDE.



Figura 3.13: Conexión entre módulos relé y Arduinos

### 3.3. Programación

Cabe señalar que, otros estudiantes que participaron en este proyecto profundizarán en la parte concerniente a la programación; sin embargo, se presenta a continuación una breve descripción.

El programa que se utiliza en el presente proyecto consta de dos partes, uno para el Arduino *master* y otro que funciona en los dos esclavos.

Inicialmente, se declaran las variables y puertos de entrada y salida, que son otorgados a los dispositivos electrónicos utilizados, tales como sensores, cerradura y luces. Seguido, se inicia la comunicación I2C que se emplea para la transmisión de valores lógicos entre el *master* y los esclavos, se ejecuta cada vez que inicia el programa o cuando recibe una petición. También se inicia el puerto serial, este permite presentar la información que será extraída por el servidor.

Una vez energizado el sistema, se espera hasta que el pulsador de la placa principal sea activado. Una vez activado el pulsador, el sistema empieza a sensar los casilleros pertenecientes al esclavo 1 y luego al esclavo 2; teniendo en cuenta que después de sensar cada casillero, las luces piloto conmutan de acuerdo con la disponibilidad del proyector. Una vez se termina el proceso de inicialización por parte de los esclavos, estos envían la información al *master*, el cual presenta la información para el servidor.

Cuando un agente externo hace la petición a través de la interfaz de la *tablet* para seleccionar un proyector, esta información es recibida por el *master* mediante el serial. De acuerdo con el dato recibido, la información se direcciona hacia el esclavo 1 o 2. En cualquiera de los casos, el esclavo envía la primera señal al casillero correspondiente, se abre la cerradura permitiendo abrir la puerta. Mientras la persona toma el proyector, el sensor magnético envía una señal que impide que la cerradura vuelva a su estado inicial; sólo cuando el sensor magnético cambie de estado, es decir, se cierre la puerta, la cerradura vuelve a su posición original. Se da paso a que el sensor infrarrojo detecte la ausencia o presencia del proyector y envíe el dato al esclavo, para permitir que las luces conmuten; también este dato se envía al *master*, que muestra la información para el servidor. Se presenta en la figura 3.14 el diagrama de flujo del programa, con el fin de proporcionar una idea general del mismo además de una breve explicación del funcionamiento.

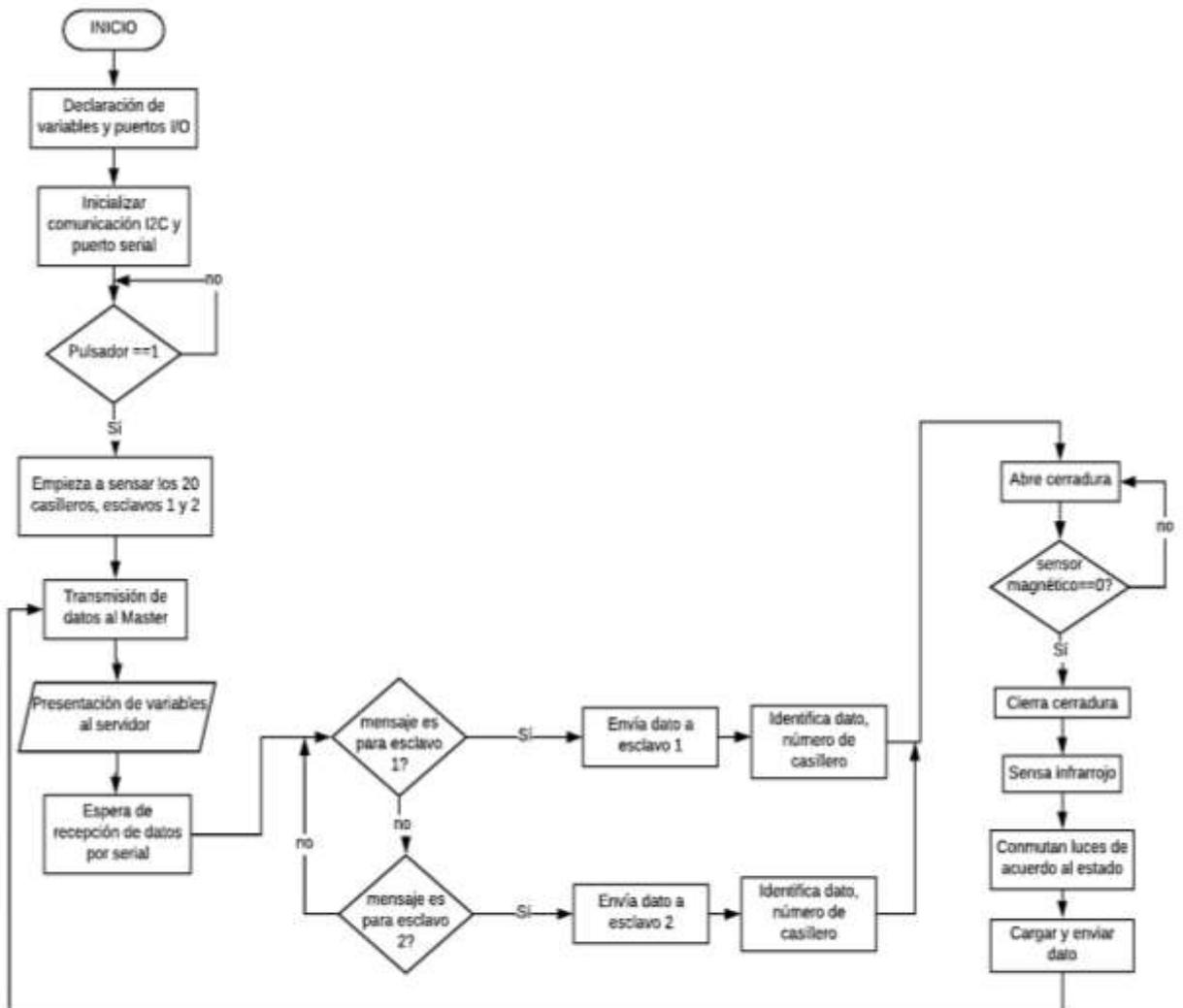


Figura 3.14: Diagrama de funcionamiento del programa

### 3.4. Pruebas de Funcionamiento

Con el código previamente programado, se procedió a implementar la circuitería de un solo casillero, utilizando una *protoboard* para realizar la simulación; de tal forma que se pudo mejorar la programación en cuanto a los objetivos del proyecto. En la figura 3.15, se puede visualizar la prueba inicial.



Figura 3.15: Prueba inicial

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del sistema inicial, se procedió a realizar pruebas con 4 casilleros a partir de cajas de zapatos. En este punto el código fue dividido, de tal manera que se asignó 10 casilleros a cada Arduino Mega, teniendo en cuenta que el código sería el mismo para todos los *lockers*, y presentaría cambios en la numeración de los pines. Además, se utilizó fuentes externas, ya que los Arduinos no cuentan con la salida de voltaje requerida por los diferentes dispositivos. Para simular la gestión de los equipos, se estableció letras a cada casillero dentro de la programación. En la figura 3.16, se puede observar la circuitería del sistema de 4 casilleros.

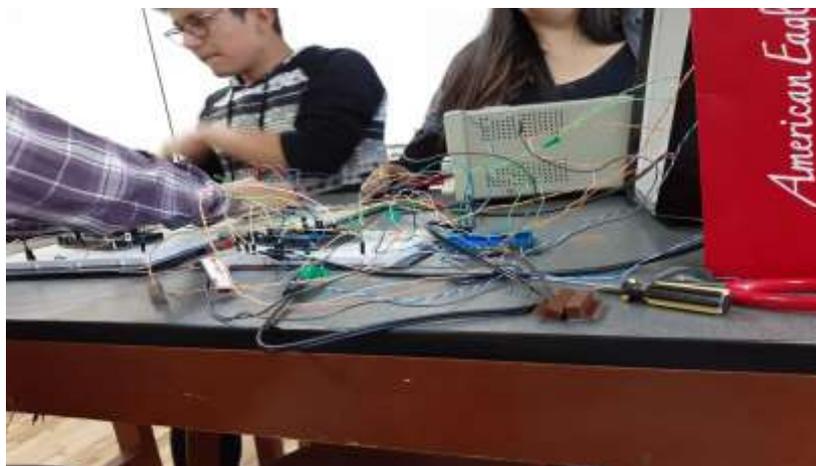


Figura 3.16: Circuitería sistema de 4 casilleros

Posteriormente, se necesitaba el envío de información del Arduino *master* al servidor para que los datos puedan ser visualizados en una plataforma para lo cual, se utilizó un *Shield Ethernet* de Arduino. Sin embargo, al momento de realizar la comunicación entre los dispositivos hubo un período de latencia considerable y la información se perdía, por lo que se descartó el uso de este elemento. Para dar solución a este problema, se optó por conectar el Arduino maestro directamente al servidor ya que el *software* desarrollado para este proyecto extrae los datos necesarios del Arduino.

Al corroborar que la comunicación era correcta, se realizaron cambios en la programación del Arduino; misma que fue desarrollada tomando en cuenta qué datos y en qué forma deben presentarse para ser extraídos por el sistema. Se verificó el funcionamiento una y otra vez mediante pruebas, y no se presentaron fallas.

Verificado el correcto funcionamiento del sistema, se procedió a cablear y armar la estructura general del proyecto, para luego continuar con pruebas de todo el sistema automatizado. En la Figura 3.17, se puede visualizar la circuitería en la estructura.



Figura 3.17: Circuitería interna del sistema

Al ordenar el cableado y realizar las debidas pruebas, se pudo evidenciar que ciertos dispositivos se desconectaban de las interfaces, por lo que se tenía que revisar las interfaces y conectarlas bien, gran parte de estas fallas se debían a que los hilos del cable UTP son muy delgados y tendían a romperse en los conectores *molex*. Para

solucionar este problema, se utilizó silicona para sellar la conexión entre el cable y el conector.

Previo al uso del biométrico, se utilizó el servidor para la simulación de la gestión de los proyectores, donde se pudo verificar el correcto funcionamiento de la comunicación serial entre el Arduino y la computadora, a través de la plataforma.

Durante el período de pruebas del sistema, algunos datos que los sensores enviaban eran erróneos, esto se debía a que no se los calibró correctamente en cuanto a la distancia o estaban mal conectados en los módulos relé, por lo que se procedió a verificar las conexiones y realizarlas de manera correcta.

Otro problema que se presentó fue la elección de la *tablet*, puesto que no se revisó las características de la misma, y al utilizarla en el sistema, esta no contaba con espacio suficiente de memoria para ejecutar la interfaz de usuario, de manera que se adquirió una de mejores prestaciones.

El sistema ha estado en pruebas reales, ya con los proyectores dentro de los casilleros, el debido registro de los docentes por medio del biométrico, y el acceso a la plataforma *web* a través de la red local. En la figura 3.18, se puede observar el sistema funcional.



Figura 3.18: Sistema funcional

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- El proyecto ayudará con la optimización del tiempo que los docentes empleaban en la gestión de proyectores, ya que lo hacían de forma manual y tenían ciertas incertidumbres en cuanto a las prestaciones de cada proyector. Con el sistema automático tienen acceso fácil e información previa para seleccionar el que atienda sus necesidades.
- En el mercado existe una amplia gama de dispositivos electrónicos que se usan en proyectos de automatización. Para seleccionar los elementos del presente proyecto, se analizó las características técnicas de cada uno tomando en cuenta sus prestaciones, la calidad y el presupuesto que se disponía para la adquisición.
- La elección de los microcontroladores Arduino Uno y Mega, se hizo de acuerdo a las necesidades del proyecto; debido al número de entradas y salidas se eligió los Arduinos Mega; para la comunicación y asignación de *lockers* se escogió el Arduino Uno debido a que no se requiere una gran cantidad de pines.
- En la elaboración de las placas electrónicas, el procedimiento más cómodo y adecuado para estudiantes, es el método del planchado ya que no resulta complicado, los costos no son exuberantes en comparación con otros métodos que necesitan de maquinaria especial para su fabricación. El diseño de las pistas se realiza mediante el *software* Proteus, para luego ser plasmado en la baquelita de cobre y posteriormente soldar los respectivos componentes.
- Se utilizaron tornillos sujetadores de *mainboard*, como medida de protección eléctrica, ya que los mismos permiten mantener una distancia entre las placas electrónicas y la madera de la estructura.
- Para el cableado de las terminales de los dispositivos hacia la tarjeta madre se utilizó cable UTP, teniendo en cuenta que no fue usado como cable de datos, sino que se tomó los hilos por separado para conectar a los diferentes elementos electrónicos. Pese a que estos son delgados, soportan las corrientes de los dispositivos conectados. Para evitar la fragilidad de los hilos de cobre se usó conectores *molex*.

- La plataforma digital es presentada a través de una *tablet*, inicialmente se empleó un dispositivo con un sistema operativo Android de versión antigua y una memoria RAM de baja capacidad, por lo cual la plataforma era demasiado lenta o presentaba problemas al momento de la interacción con el usuario, por tanto, se reemplazó el dispositivo por uno de mejores características, tales como: memoria RAM, sistema operativo, tamaño, batería y resolución.
- Se utilizó un *router* para manejar una red exclusiva del proyecto, el mismo servirá para asignar direcciones IP específicas tanto al lector biométrico como al servidor, y enlazar a la *tablet* a la red, además de contar con acceso a Internet.
- Las pruebas de funcionamiento permitieron identificar posibles daños en el sistema, ya sea por fallas de los dispositivos o conexiones inestables; de manera que se hicieron arreglos preventivos y correctivos para que el sistema se encuentre funcional.
- La estructura de madera es la que está a vista de los usuarios, por tanto, fue diseñada de manera estética y segura, ya que tiene ductos donde pasan los cables de energía eléctrica que no están a simple vista. Debido a que su material de elaboración es madera, se usó las debidas protecciones por donde pasa el cable, para evitar cualquier tipo de riesgo eléctrico.

## 4.2. Recomendaciones

- Al ejecutar los programas desde el servidor, es recomendable verificar las conexiones tanto del Arduino como de la red; caso contrario, no se podrá realizar ninguna acción en la plataforma *web*.
- Es importante tener en cuenta las características técnicas de los dispositivos electrónicos utilizados, ya que por falta de información pueden no resultar útiles o ser empleados de manera incorrecta sin poder utilizar las prestaciones de estos. Resulta imprescindible consultar en los *datasheets* (**ANEXO A**) sus características de operabilidad.

- Se debe tener en cuenta, los valores de los fusibles puestos en cada una de las diferentes fuentes, sobre todo en el caso de la fuente de 12 voltios, que maneja las cerraduras del sistema. Esto en función de que, al retirar la energía del sistema de una forma inadecuada, causa que todas las cerraduras se abran, presentando fallas en las puertas de los casilleros.
- El sistema permite añadir nuevos usuarios, ya sean estos docentes o administradores, para lo cual se recomienda revisar los pasos descritos en el manual de usuario (**ANEXO B**).
- En caso de una caída de energía general, es importante desconectar el sistema y seguir los pasos descritos en el manual de usuario, de modo que se pueda operar nuevamente el sistema y mantenerlo estable y funcional.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Arduino,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. [Último acceso: 22 Enero 2020].
- [2] «Aprendiendo Arduino,» [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>. [Último acceso: 7 Enero 2020].
- [3] A. Saravanan, «Saravana Electronics,» [En línea]. Available: <http://www.alselectro.com/arduino-mega-2560.html>. [Último acceso: 22 Enero 2020].
- [4] «Arduino,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 22 Enero 2020].
- [5] «RS,» [En línea]. Available: <https://uk.rs-online.com/web/p/pilot-light-complete-units/7637918>. [Último acceso: 22 Enero 2020].
- [6] «NAYLAMP MECHATRONICS,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/236-sensor-de-proximidad-fotoelectrico-infrarrojo-e18-d80nk.html>. [Último acceso: 23 Enero 2020].
- [7] «NAYLAMP MECHATRONICS,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>. [Último acceso: 25 Enero 2020].
- [8] «NAYLAMP MECHATRONICS,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/215-sensor-magnetico-de-puerta-mc-38.html>. [Último acceso: 25 Enero 2020].
- [9] «MACTRONICA,» [En línea]. Available: <https://www.mactronica.com.co/mini-cerradura-electrica-12v-992048002xJM>. [Último acceso: 25 Enero 2020].
- [10] «HYUNDAI TECHNOLOGY,» [En línea]. Available: <https://hyundaitechnology.com/product/koral-10x2/>. [Último acceso: 28 Enero 2020].
- [11] «TP-LINK,» [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/us/home-networking/wifi-router/tl-wr741nd/#overview>. [Último acceso: 28 Enero 2020].
- [12] «ZKTeco Latinoamérica,» [En línea]. Available: <http://www.zktecolatinoamerica.com/index.php/productos>. [Último acceso: 20 Enero 2020].
- [13] «Inngresa,» [En línea]. Available: <https://inngresa.com/como-funcionan-sistemas-biometricos/>. [Último acceso: 20 Enero 2020].
- [14] «ZKTeco,» [En línea]. Available: [https://www.zkteco.com/en/product\\_detail/SF300.html](https://www.zkteco.com/en/product_detail/SF300.html). [Último acceso: 28 Enero 2020].

[15] «Redes Telemáticas,» [En línea]. Available:  
<http://redestelematicas.com/direccionamiento-ipv4/>. [Último acceso: 21 Abril 2020].

# **ANEXOS**

**ANEXO A: Especificaciones técnicas de dispositivos utilizados**

**ANEXO B: Manual de usuario**

**ANEXO C: Evidencias fotográficas**