

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL.

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

DEAN ALBERTO QUISHPE RAMOS

dean.quishpe@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, Enero 2020

DECLARACIÓN

Yo, Dean Alberto Quishpe Ramos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación –COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaré 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.

Con sentimiento de distinguida consideración.

Atentamente,

Dean Alberto Quishpe Ramos

C.I: 1717957813

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Dean Alberto Quishpe Ramos, bajo nuestra supervisión.

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco de forma desmesurada a mis padres y hermanos, quienes han sido el motor principal y la fuerza más grande para seguir adelante en la constante lucha de la educación para la obtención de este logro.

Mis más sinceros agradecimientos a mi tía Rosa por sus innumerables consejos, los cuales, juntos con el infinito amor a Dios me motivaron a seguir adelante en el camino del éxito y nunca decaer en malas decisiones a pesar de mi carácter intransigente.

Agradezco a mi gran amigo Camilo por su magnánima personalidad y apoyo incondicional durante mi periodo de formación profesional, además agradezco a Dennis, Darwin, y Michael quienes sumándose a mi círculo de amistades hicieron llevadero y muy placentero este periodo de formación.

Finalmente agradezco a los docentes de la ESFOT y de manera especial a los ingenieros: Pablo Proaño, Alan Cuenca, Carlos Romo además de la Escuela Politécnica Nacional por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi carrera, y de manera especial al Ing. Pablo Proaño, tutor del presente proyecto, quien me ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Oswaldo y María, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Planteamiento del problema.....	9
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos.....	10
1.4 Antecedentes	11
2. METODOLOGÍA	11
2.1 Tipo de investigación	11
2.2 Descripción de la metodología usada	12
3. EJECUCIÓN Y RESULTADOS	15
3.1 Estudio de requerimientos y condiciones del Laboratorio.....	17
• Requerimientos para la construcción del Sistema de Control Remoto.....	17
• Estudio de las condiciones del Laboratorio	18
• Lista de elementos para el tablero	20
• Selección del calibre del conductor	21
• Proceso de Instalación	22
3.2 Construcción del Sistema Electromecánico	25
• Selección del Gabinete	26
• Diseño e instalación de la Estructura.....	27
• Preparación del Gabinete	31
• Cableado eléctrico interno de los elementos	32
3.3 Construcción del sistema de acople electrónico para la terminal remota.....	34
• Diseño de la placa del circuito detector de voltaje alterno de las mesas	37
• Conexiones del Arduino.....	41
• Instalación de los elementos	47
3.4 Implementar la comunicación remota entre la interfaz y el tablero de control.....	51
• Comunicación entre el tablero y la Interfaz Móvil.....	51
3.5 Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados	59
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1 Conclusiones	67
4.2 Recomendaciones	68
BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de flujo de las actividades realizadas en el proyecto.....	12
Figura 3.1. Tablero construido.	15
Figura 3.2. Elementos principales del módulo didáctico.....	16
Figura 3.3. Diagrama de control de las mesas del laboratorio.	19
Figura 3.4. Diagrama de control del tablero.	19
Figura 3.5. Esquema de los conductores eléctricos.....	24
Figura 3.6. Tablero de servicio principal, tablero remoto y canaleta PVC.	24
Figura 3.7. Elementos Electromecánicos del Sistema de Control Remoto.	26
Figura 3.8. Dimensiones del tablero de control.	27
Figura 3.9. Elementos Electromecánicos en AutoCAD.	28
Figura 3.10. Tablero remoto y principal.....	29
Figura 3.11. Trazos y perforación del tablero metálico.	31
Figura 3.12. Tablero en su etapa final, perforado e instalado.	31
Figura 3.13. Diagrama de control del tablero remoto.	33
Figura 3.14. Elementos electrónicos para la terminal remota.	34
Figura 3.15. Diagrama de flujo del Accionamiento de las Mesas.....	35
Figura 3.16. Diagrama de flujo del Monitoreo de las Mesas.	36
Figura 3.17. Placa del circuito detector.	37
Figura 3.18. Circuito detector correspondiente a una mesa.....	38
Figura 3.19. Esquema completo del circuito detector.	39
Figura 3.20. Circuito en PCB.	40
Figura 3.21. Conexiones del arduino.	41
Figura 3.22. Conexión del Arduino y el Bluetooth.	43
Figura 3.23. Conexión entre el arduino y el circuito detector.	44
Figura 3.24. Conexión entre el arduino y los relés.....	45
Figura 3.25. Elementos del acople Electrónico del Sistema de Control Remoto.....	48
Figura 3.26. Cable AWG 28 color gris.....	49
Figura 3.27. Cable AWG 28 soldado a los espadines tipo macho.....	50
Figura 3.28. Conexión del acople electrónico mediante el cable plano.....	50
Figura 3.29. Esquema de interacción.....	51
Figura 3.30. Diagrama de flujo de la programación de la Interfaz.	53
Figura 3.31. Diagrama de flujo de la programación del Arduino.	57
Figura 3.32. Accionamiento del tablero general y las mesas 3 y 6.....	58
Figura 3.33. Lecturas en Tiempo real de las mesas.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Magnitudes obtenidas en el proceso de medición del tablero general. ...	18
Tabla 3.2. Simbología de las figuras 2 y 3	20
Tabla 3.3. Elementos para el Tablero Remoto.....	20
Tabla 3.4. Equivalencia de mm^2 a (AWG) y (A)	22
Tabla 3.5. Código de colores según la norma IEC 60446	25
Tabla 3.6. Características de estructura y Soporte	30
Tabla 3.7. Designación de nomenclaturas para los elementos.	32
Tabla 3.8. Elementos del circuito detector.	39
Tabla 3.9. Acondicionamiento del circuito.....	40
Tabla 3.10. Conexiones de los puertos y pines del Arduino.....	41
Tabla 3.11. Pines utilizados para la conexión Bluetooth.	44
Tabla 3.12. Pin con su respectiva función.....	46
Tabla 3.13. Letras de salida con su respectiva función.....	54
Tabla 3.14. Letras de entrada con su respectiva función.....	55
Tabla 3.15. Prueba de cobertura dentro del laboratorio.	60
Tabla 3.16. Prueba de cobertura fuera del laboratorio.	60
Tabla 3.17. Prueba de velocidad de respuesta del sistema.	61
Tabla 3.18. Revisión de continuidad en los circuitos de control y seguridad.....	62
Tabla 3.19. Valor de la tensión	63
Tabla 3.20. Prueba de funcionamiento del paro manual del sistema	64
Tabla 3.21. Revisión de funcionamiento luces piloto.	64
Tabla 3.22. Prueba del elemento de protección para el Relé de encendido	65
Tabla 3.23. Prueba del elemento de protección para el Relé de apagado	66
Tabla 3.24. Revisión del elemento de protección en el tablero de control.	66

RESUMEN

El presente proyecto plantea el desarrollo de una interfaz móvil para maniobrar el tablero del Área de Control del laboratorio de Tecnología Industrial, el tablero funciona mediante contactores que se enclavan y desenclavan por medio de sus bobinas, permitiendo o interrumpiendo el paso de energía hacia el contacto, el tablero puede energizar y desenergizar las mesas del laboratorio controlándolas a voluntad, es por eso, que el presente proyecto va enfocado en su totalidad al tablero de control del Laboratorio.

Cabe mencionar que el tablero a intervenir corresponde al circuito de control de las mesas, por ende, los materiales y equipos a utilizar deben ir acorde a las magnitudes con las que el tablero funciona.

El proyecto de titulación, “CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL”, sirve como herramienta para la maniobra y manipulación del tablero, además aporta al proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos de la carrera de Tecnología Electromecánica. El sistema de control remoto para el tablero de control del Laboratorio de Tecnología Industrial permite a los docentes y estudiantes manipular las mesas de trabajo por medio de Bluetooth desde una interfaz en sus teléfonos móviles. El presente trabajo consta de cuatro capítulos, los cuales se resumen a continuación:

El capítulo uno contiene la introducción correspondiente al presente proyecto con las características y especificaciones del mismo, contiene a su vez el planteamiento del problema, el cual parte de una introducción del mando hasta la necesidad de complementar el sistema de control remoto para el Laboratorio de Tecnología Industrial; además, se encuentra la justificación, que señala la razón del por qué y para qué se implementa el proyecto, junto con los objetivos que se refieren a la asignación de las tareas.

El capítulo dos describe la metodología empleada para el desarrollo del proyecto y describe las actividades necesarias para el cumplimiento de cada objetivo, utilizando la logística necesaria para la ejecución de los mismos.

El capítulo tres detalla el análisis de resultados, indica las líneas que se utilizaron para la construcción del nuevo tablero, la disposición y especificación de cada elemento en dicho tablero, la programación tanto para la interfaz móvil como para el arduino utilizado y por último las pruebas y sus resultados.

El capítulo cuarto muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo de la ejecución y funcionamiento del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto ha sido construido y montado en el Área de Control del Laboratorio de Tecnología Industrial, el cual está funcionando desde hace un año, tiene como objetivo principal permitir al usuario comandar las mesas del laboratorio y el tablero general mediante una interfaz móvil que se puede visualizar desde un celular, ya que mediante una comunicación establecida por Bluetooth el usuario maniobra y monitorea el tablero general el cual a su vez acciona y brinda información en tiempo real del estado operativo de las mesas, estas acciones se realizan mediante una interfaz visual instalada en el dispositivo móvil que el usuario posea.

Por ende, el presente proyecto brinda al usuario las opciones de monitoreo y accionamiento remoto (inalámbrico) del tablero general y las mesas de trabajo del Área de Control del Laboratorio de Tecnología Industrial por medio de una Interfaz interactiva, el proyecto está ubicado en el laboratorio ya mencionado junto al aula 33 en la zona sur de la ESFOT con un tiempo de funcionamiento de 12 meses y un precio aproximado de 400 USD.

1.1 Planteamiento del problema

La Implementación de un control remoto para gobernar procesos industriales está ganando campo frente a los controles manuales convencionales que se han venido manejando en los últimos diez años, debido a que este tipo de control ofrece diferentes ventajas tales como, el monitoreo constante que se puede dar a las mesas o a los procesos donde se vaya a implementar el sistema, la automatización vía remota del proceso industrial ya sea por medio de temporizaciones, bloqueos, etc. O el encendido y apagado del proceso por medio de una interfaz la cual se puede tener a la mano desde cualquier lugar de la ESFOT. (Potenciando el acceso remoto y soporte seguros)

El Área de control del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT no contaba con un control remoto para el manejo de las mesas de trabajo, debido que únicamente estas solían ser monitoreadas, bloqueadas, habilitadas o deshabilitadas de manera directa teniendo así un mando Manual, lo cual ocasionaba que no se aprovecharan las ventajas que un control moderno y útil podía proporcionar.

A partir de este razonamiento surgió la necesidad de adaptar el control vía remota, que aporte con las ventajas ya explicadas en el primer párrafo (Omega Engineering, 2015), y además fuera una primicia para que el laboratorio vaya implementando dicho control

en diferentes procesos y no solo en el manejo remoto de las mesas de laboratorio, es por ello que con el desarrollo del proyecto de “CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL” se dio uso a este recurso, además se cuenta con que este tipo de control puede ser útil para la formación profesional de los estudiantes y para la impartición de clases de los profesores, los cuales aprovechando sus ventajas pueden usarlas de la mejor manera, enriqueciendo más su conocimiento y aprendiendo acerca de lo que este tipo de mando significa.

1.2 Justificación

El Control Remoto planteado permite monitorear el tablero de control de laboratorio en tiempo real gracias a un sistema aplicado independiente de la infraestructura y sin necesidad de cableado, favoreciendo esto a la monitorización del proceso de manera instantánea por medio de una interfaz o programa (Luxor Technologies) este mando es asociado a un control celular o inalámbrico teniendo así los datos y la información necesaria a la mano, para de esta manera alerte cuando las condiciones locales requieran revisión proporcionando un diagnostico remoto y permitiendo identificar estados y tomar medidas ya sea para corregir o controlar (Monitoreo Remoto), permitiendo ya sea a los profesores o estudiantes visualizar y manipular datos desde cualquier sitio. Y al ser un proyecto enfocado las mesas de trabajo del área de control, se busca que a largo o corto plazo se realicen proyectos futuros los cuales sean replicas a mayor escala y que beneficien no solo al Área de Control del laboratorio de Tecnología Industrial en particular sino a toda la comunidad de la ESFOT en general.

Con esto, el presente proyecto es un aporte directo para los estudiantes y profesores que hagan uso del área de control de laboratorio de Tecnología Industrial ya que pueden conocer y observar el funcionamiento del proyecto implementado al igual que se acoplan a un nuevo tipo de tecnología muy usada en la actualidad como lo es el Telemando ayudando así al enriquecimiento de su formación estudiantil o docente.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Construir un sistema de control remoto para el tablero del área de control del laboratorio de tecnología industrial.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de requerimientos y condiciones del laboratorio.
- Construir el sistema electromecánico
- Construir el sistema de acople electrónico para la terminal remota.
- Implementar la comunicación remota entre la interfaz y el tablero de control.
- Probar funcionamiento y analizar sus resultados.

1.4 Antecedentes

Que es App Inventor 2

La App Inventor 2 (AI2) es una versión mejorada de una de las herramientas de programación creadas por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, la cual fue adoptada o comprada por Google para proveer a los usuarios una solución para crear de forma sencilla aplicaciones para dispositivos Android. (Diseño de apps con MIT App Inventor 2, 2015)

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La ejecución del presente proyecto se fundamentó en una investigación de tipo exploratoria, la cual como su nombre lo indica, examina o explora un tema de investigación poco estudiado o a su vez que no ha sido abordado, dicha investigación permitió conocer y ampliar el conocimiento sobre el control remoto el cual fue el problema a investigar. En la investigación exploratoria se estudiaron los factores o las variables que estuvieron relacionadas con el problema tales como: los elementos que están inmersos en la construcción del Sistema de Control Remoto, las magnitudes con las que trabaja cada elemento, las condiciones necesarias para que estos funcionen, etc. (Cazau, 2006)

A continuación en la Figura 2.1 se detalla el diagrama de flujo del cual se basa el proceso de investigación.

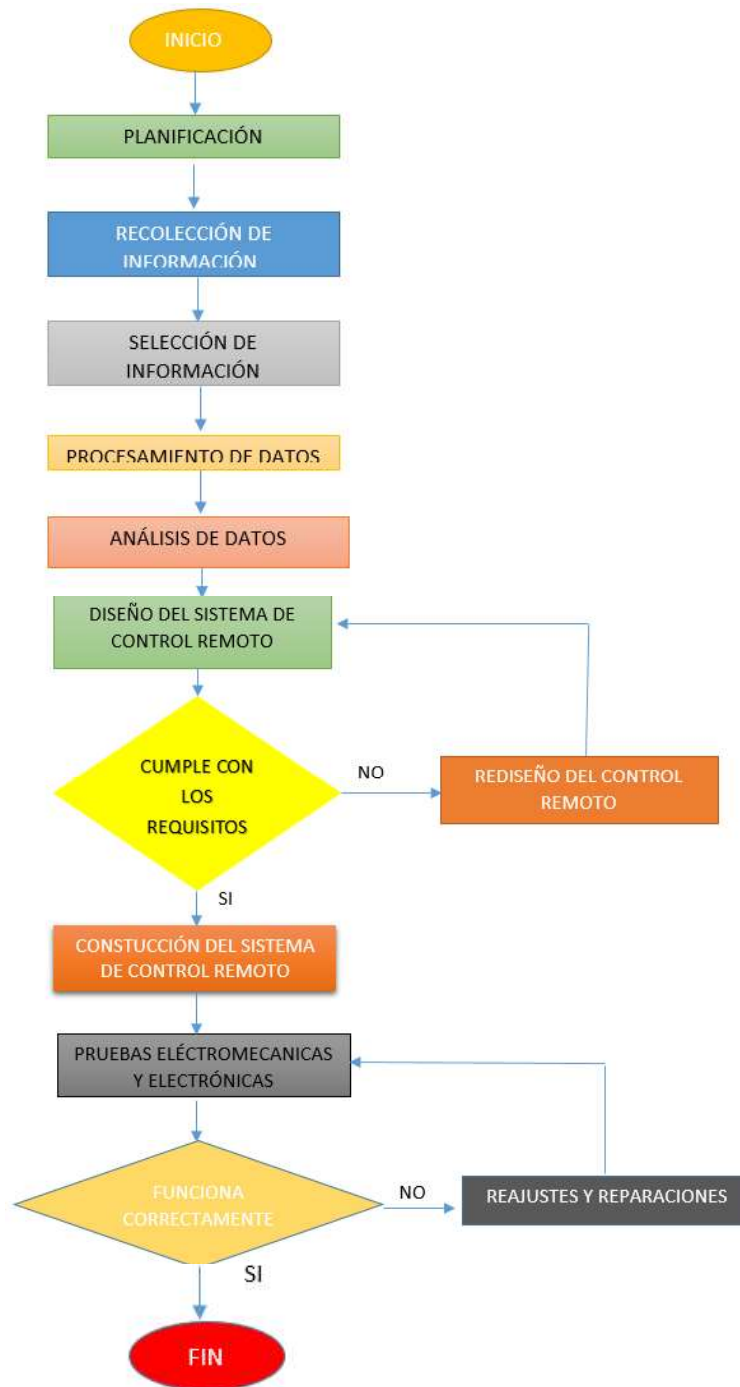


Figura 2.1. Diagrama de flujo de las actividades realizadas en el proyecto.
(Fuente: Propia)

2.2 Descripción de la metodología usada

El proyecto planteado se basó en la construcción de un sistema de Control Remoto para el tablero del Área de Control del Laboratorio de Tecnología Industrial, el cual por medio de una interfaz en un celular puede monitorear y comandar las mesas de trabajo, permitiendo su accionamiento con completa seguridad de manera inalámbrica vía Bluetooth. Las formas de accionamiento fueron: energización y desenergización de las

mesas de manera general e individual, pero general debido a alguna emergencia y también se puede implementar en el futuro la activación temporizada vía remota. Para alcanzar los objetivos específicos listados anteriormente, se procedió de la siguiente manera:

1.-Realización de un estudio de requerimientos y condiciones del laboratorio.

Se procedió a la revisión de las diferentes magnitudes con las que cuenta el laboratorio, es decir, el voltaje suministrado al tablero de control y a las mesas de trabajo, corriente máxima suministrada, etc. Hecho esto se eligió los elementos acordes para trabajar con estas magnitudes dentro del proyecto, también se procedió a realizar las diferentes mediciones para predecir la longitud de los cables, canaletas, etc. Éstas se realizaron teniendo en cuenta todas las condiciones del laboratorio, previendo así los posibles errores con las mediciones que pueden darse.

El estudio de condiciones del laboratorio se realizó por medio de un chequeo a las diferentes zonas del mismo, esto para situar las rutas que tenían las canaletas y los cables en sí dentro del laboratorio, el estudio también se lo realizó al tablero ya existente, ya que desde este tablero salen los cables y canaletas que se conectaron con el tablero que se construyó, esto implica que también que se procedió a situar la ubicación del nuevo tablero de control dentro del laboratorio. Una vez realizado el estudio de requerimientos y condiciones se contó con las magnitudes necesarias y el espacio físico listo para trabajar y seguir con los demás objetivos.

2.- Construir el sistema electromecánico

Se eligió y se dimensionó los diferentes elementos que se necesitaron para construir el sistema. El dimensionamiento se lo hizo teniendo en cuenta los diferentes parámetros tales como: el voltaje, la corriente y el espacio necesario para su instalación. Una vez dimensionados los elementos se procedió a realizar el plano respectivo para el montaje de los elementos, tomando en cuenta todo mecanismo electromecánico a usar, como por ejemplo: el tablero de control, pulsadores, cables, etc. Luego se determinó el costo aproximado de los elementos y de la instalación en sí, agregando cualquier otro elemento que no sea parte del sistema electromecánico pero que sea importante para el montaje del mismo por ejemplo: las canaletas

Una vez todo listo se montó físicamente el plano ya descrito y realizado, logrando así implementar la parte electromecánica del Mando Remoto para el tablero de control del Laboratorio.

3.-Construir el sistema de acople electrónico para la terminal remota.

Se siguió básicamente la misma metodología realizada para construir la parte electromecánica del tablero, al tener ya identificado los dispositivos que se van a usar se realizó un análisis para constatar que sean los más aptos para ir inmersos en el acople, una vez realizada la identificación y el análisis se diseñó el acople por medio de un software de simulación previamente escogido dentro del cual se armó el diseño del acople realizado, se comprobó su correcto funcionamiento y se aprobó el diseño, una vez realizado el diseño correctamente se lo implementó en el tablero del área de control del laboratorio del tecnología industrial.

4.-Implementar la comunicación remota entre la interfaz y el tablero de control.

Al tener listo el todo el equipamiento físico del proyecto se conectó de manera inalámbrica el acople electrónico situado en el tablero de control con la interfaz o programa, aquí se realizaron las diferentes líneas de código en la programación a fin de emparejar ésta con el acople y por ende con el tablero, logrando así implementar la comunicación inalámbrica la cual se la hizo por medio de Bluetooth para así proceder a la realización del siguiente objetivo la cual son las pruebas de funcionamiento.

5.-Probar funcionamiento y análisis de sus resultados.

Se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento:

- a) Desde diferentes puntos dentro y fuera del laboratorio se determinó el alcance del módulo Bluetooth al igual que el tiempo sin interrupciones y seguridad del mismo.
- b) También se realizaron pruebas de la parte electromecánica y electrónica del sistema, dentro de las cuales estuvieron: pruebas de medición de magnitudes en terminales del tablero, elementos electromecánicos y placa electrónica DC.
- c) Pruebas para las protecciones implementadas en el sistema.

Cabe mencionar que las pruebas de medición de magnitudes se realizaron por medio de multímetros y en tanto a las demás pruebas se las hizo con el dispositivo acorde para cada una. Las pruebas se las realizaron de manera periódica con el fin de asegurar totalmente el correcto funcionamiento del sistema.

3. EJECUCIÓN Y RESULTADOS

A continuación, en la Figura 3.1 se muestra el proyecto finalizado, y en la Figura 3.2 se observan todos los elementos utilizados para su construcción. El Tablero que representa el sistema de Control Remoto se encuentra ubicado en el área de control que forma parte del Laboratorio de Tecnología Industrial, dicho tablero tiene 6 meses de funcionamiento y sirve como cerebro del control remoto implementado en el laboratorio, el cual por medio de un mando Bluetooth se conecta con el tablero general permitiendo accionarlo y monitorearlo de manera remota por la interfaz móvil creada.



Figura 3.1. Tablero construido.
(Fuente: Propia)

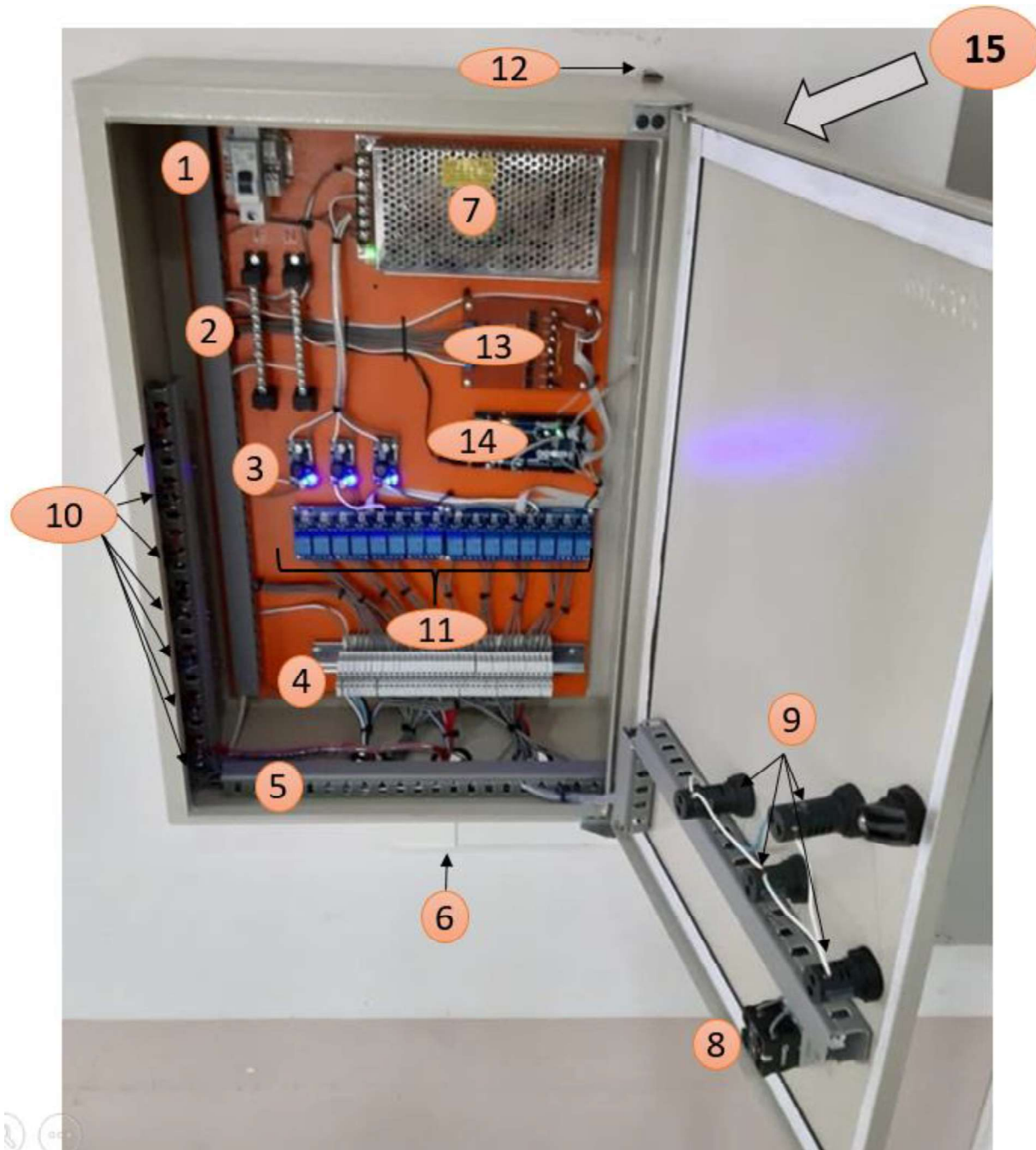


Figura 3.2. Elementos principales del módulo didáctico.
(Fuente: Propia)

1. Breaker Schneider EZ9F56106 (Térmico-Magnético).
2. Regletas de distribución. (Neutro, Fase).
3. Reductores de voltaje de 50 (V_{DC}) a 0.5 (V_{DC}).
4. Borneras Industriales.
5. Canaletas Ranuradas

6. Canaletas de distribución.
7. Fuente Industrial de 120 (V_{AC}) a 12 (V_{DC}).
8. Interruptor ON – OFF 120 (V_{AC}).
9. Luces Piloto indicadoras.
10. Interruptores de emergencia (Marcha- Paro).
11. Módulo de relés.
12. Módulo Bluetooth para Arduino.
13. Módulo detector de 120 - 0 (V_{AC}) a 5 - 0 (V_{DC}).
14. Módulo de Arduino (MEGA 2560).
15. Caja metálica.

3.1 Estudio de requerimientos y condiciones del Laboratorio

Se realizó el estudio de requerimientos y condiciones dentro del Laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT-EPN, para conocer los equipos e instalaciones disponibles que permitieron desarrollar el presente proyecto.

- **Requerimientos para la construcción del Sistema de Control Remoto**

Los requerimientos para poder determinar la construcción del sistema fueron eléctricos y electrónicos, donde uno de los parámetros fue determinar el voltaje de funcionamiento del tablero principal, logrando así dimensionar los elementos que controlan el tablero haciendo que funcione de manera remota. Otros de los parámetros que se determinaron fueron: Tipo de voltaje, Tipo de Alimentación, Magnitud de la corriente, tipo de la corriente.

Para la medición de estos parámetros se utilizó técnicas y métodos que permitieron realizar su identificación, tales como la medición con multímetro en cada una de las ramas que alimentan a las mesa con el fin de constatar que las magnitudes y parámetros obtenidos sean correctos.

A continuación, en la *Tabla 3.1* se muestran las magnitudes obtenidas según las mediciones y cálculos realizados. Dichas magnitudes se tomaron en el tablero general ya que este provee la alimentación del nuevo tablero.

Tabla 3.1. Magnitudes obtenidas en el proceso de medición del tablero general.

Voltaje de trabajo	120 (V)
Tipo de voltaje	AC
Tipo de alimentación	Monofásica
Magnitud de corriente máxima	520 (mA)
Tipo de corriente	AC

Elaboración: Propia.

Para hacer posible estas mediciones fue necesario proveer de energía eléctrica al tablero de control para hacer uso de este.

Tomando en cuenta los parámetros de la *tabla 3.1*, los elementos que se van a seleccionar para construir el tablero deben trabajar con dichos parámetros.

- **Estudio de las condiciones del Laboratorio**

Para poder construir el sistema de control remoto se procedió a constatar en qué condiciones se encuentra el laboratorio, específicamente el tablero principal, con el fin de determinar las magnitudes, espacio y disponibilidad existentes en el mismo, además se estudió la configuración de cada mesa de trabajo, lo cual sirvió para añadir la configuración haciendo que éstas trabajen de manera remota.

A continuación en la Figura 3.3 se muestra la configuración manual que había en el tablero para que las mesas de trabajo funcionen, en la Figura 3.4 se muestra la configuración manual para encender y apagar el tablero general y en la *Tabla 3.2* se muestra la simbología de los diagramas de las Figuras 3.3 y 3.4.

Todas las mesas del Laboratorio presentan la misma configuración señalada.

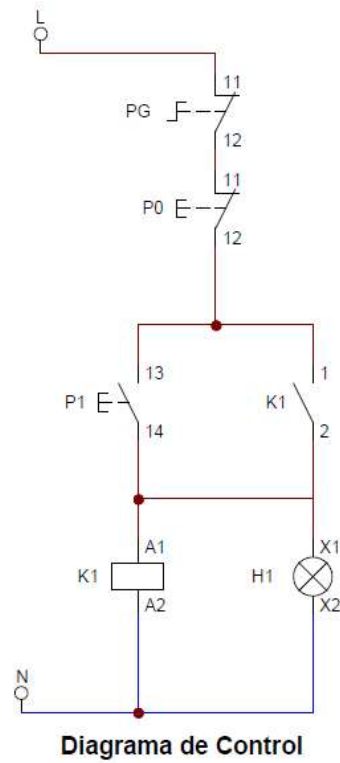


Figura 3.3. Diagrama de control de las mesas del laboratorio.
(Fuente: Propia)

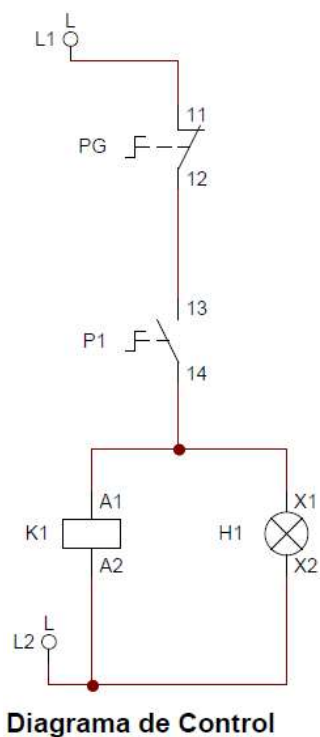


Figura 3.4. Diagrama de control del tablero.
(Fuente: Propia)

Tabla 3.2. Simbología de las figuras 2 y 3

Denotación	Significado
PG	Pulsador de paro de emergencia
P0	Pulsador de Paro
P1	Pulsador de Encendido
K5	Contacto
H1	Luz piloto

Elaboración: Propia.

- **Lista de elementos para el tablero**

Para la selección y el dimensionamiento de todos los elementos que conformaron el Sistema de control remoto para el tablero del área de control del laboratorio de Tecnología Industrial, se tuvo en cuenta los estudios realizados anteriormente, para así identificar los elementos necesarios para trabajar bajo las magnitudes y condiciones requeridas.

A continuación en la *Tabla 3.3* se especifica que elementos electrónicos y electromecánicos se usaron para la construcción del nuevo tablero.

Tabla 3.3. Elementos para el Tablero Remoto

Elemento	Cantidad	Marca-Modelo	Magnitud
Módulo de Arduino	1	Mega 2560	$V_{IN} = 12 (V_{DC})$
Módulo de relés (1X8)	2		5 (V_{DC}) y 10 (A)
Módulo Bluetooth	1	HC-05 Arduino	
Breaker	1	Schneider	127 (V_{AC}) y 6 (A)
Fuente Industrial	1		120 (V_{AC}) a 12 (V_{DC}).
Detector de Voltaje	1		120-0 (V_{AC}) a 5-0 (V_{DC})
Barras Distribuidoras	2		Fase y Neutro

Elemento	Cantidad	Marca-Modelo	Magnitud
Selectores	1	2 posiciones	
Interruptores de Emergencia	14		120 (V _{AC})
Luces piloto	3	Camsco	120 (V _{AC})
Reductores de (V _{DC})	3		50 (V _{DC}) a 0 (V _{DC})

Elaboración: Propia

- **Selección del calibre del conductor**

- **Cálculo de la caída de tensión (ΔV) y selección del calibre**

La selección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor al 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior.

Para el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas la selección de un conductor que llevará corriente a un dispositivo específico se toma en consideración dos factores: la capacidad de conducción de corriente y la caída de tensión (Henriquez Harper, 2004). Por ende, se utiliza la *Ecuación 1*. (FÓRMULA)

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

Ec.1

ΔV = Caída de tensión máxima admisible.

% = Porcentaje de caída de tensión máxima admisible.

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

$$\Delta V = 3\% \cdot 120 \text{ (V)} = 3 \text{ (V)}$$

Con el cálculo del porcentaje de caída de tensión se calculó la sección de los conductores eléctricos. La cual viene establecida por la *Ecuación 2*, la cual es utilizada cuando se tiene una conexión monofásica como es el caso del presente proyecto.

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

Dónde:

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

L = Longitud de la línea, en metros.

ΔV = Caída de tensión máxima admisible

C = Conductividad ($\frac{S}{m}$)

I = Corriente máxima del circuito

$$S = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,8}{48.3} = 0,1 \text{ (mm}^2\text{)} = \text{AWG 28}$$

Se escoge la sección inmediatamente normalizada para esta aplicación que es de $0,5 \text{ (mm}^2\text{)}$.

Tabla 3.4. Equivalencia de (mm^2) a (AWG) y (A)

Calibre conductor (AWG)	Sección nominal (mm^2)	Amperaje (A)	Tipo de cable
20	0,5	2	Cobre THHN

Elaboración: Propia.

En base a los cálculos realizados, se concluye que la sección del cable es $0.1(mm^2)$, pero de acuerdo a la norma ecuatoriana de construcción "NEC", para instalaciones eléctricas internas de tableros se debe utilizar cable AWG 20 que corresponde a un calibre de $0.5 \text{ (mm}^2\text{)}$, por ende, se escoge el cable THHN de cobre AWG 20.

• Proceso de Instalación

Los resultados del estudio de condiciones y requerimientos entregaron los siguientes resultados:

- **Espacio Físico donde se va a instalar el nuevo tablero remoto:** se escogió un tablero metálico de (40x60) (cm) según los requerimientos y

el número de elementos del proyecto, el cual está presentado en la sección de “Construcción del sistema electromecánico”.

- **Ruido o Interferencias que puedan causar problemas en la comunicación remota:** mediante la manipulación y manejo de la interfaz desde diferentes puntos del laboratorio se constató que no existen ruidos que puedan comprometer el buen trabajo del sistema de control remoto, pero al momento de probar el sistema en lugares lejanos al laboratorio hubo ciertos retrasos e interrupciones, ya que hay interferencias como paredes, puertas, ventanas, etc.
- **Ruido en las magnitudes eléctricas dentro del laboratorio:** al ser un Laboratorio Industrial, este cuenta con diferentes elementos que pueden interferir y causar cambios leves en las magnitudes eléctricas que necesita el tablero causando interferencias en los dispositivos electrónicos utilizados.
Para resolver este problema se escogió una fuente industrial la cual entrega voltajes de corriente altera y entrega a su salida un voltaje continuo puro, la cual es apta y necesario para el correcto funcionamiento de los elementos
- **Distancia entre cada elemento entre sí en el tablero remoto:** La distancia entre elementos se presenta en la sección de “Construcción del sistema electromecánico” y “Construcción de acople electrónico”
- **Espacio físico para el proyecto y cada elemento que forma parte del mismo:** El proyecto conjuntamente con todo lo que este conlleva, (estructura, elementos, etc.), se encuentra en la Escuela Politécnica Nacional, específicamente en el Laboratorio de Tecnología Industrial.
- **Selección de conductores eléctricos:** al ser un circuito netamente de control, por norma se estipula que el calibre sea menor, no obstante, el tablero de control principal consta de un calibre AWG 14, por lo cual se utilizaron borneras industriales para poder reducir el calibre y utilizar el correcto.

A continuación, en la Figura 3.5 se muestra el diagrama del tendido de los conductores eléctricos, en el cual el cable rojo representa a cada línea desde el tablero principal para saber el estado de las mesas, el cable celeste es la fase con la que funciona el tablero remoto y los cables grises representan a los que se encuentran en el tablero remoto cumpliendo con sus debidas funciones.

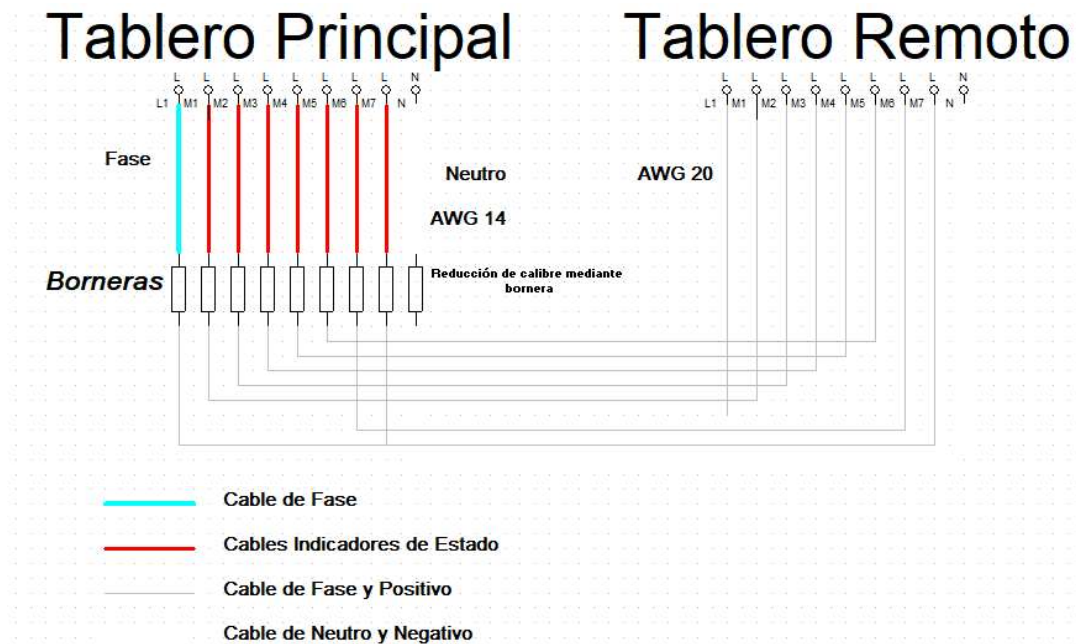


Figura 3.5. Esquema de los conductores eléctricos.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.6 se muestra el tablero de servicio principal, el nuevo tablero y la canaleta PVC que intervienen en el tendido de los conductores.



Figura 3.6. Tablero de servicio principal, tablero remoto y canaleta PVC.
(Fuente: Propia)

1. Tablero Remoto
2. Tablero de servicio principal
3. Canaleta eléctrica de PVC

A través de la norma IEC 60446 que define los principios básicos de seguridad para la identificación de conductores eléctricos por colores o números (IEC, 2018), se muestra la *Tabla 3.5* donde se identifica los conductores del proyecto (Henriquez Harper, 2004).

Tabla 3.5. Código de colores según la norma IEC 60446

Colores de los conductores eléctricos	
Sistema	1 (Φ)
Tensión Nominal	120 (V_{AC})
Fase	L1 (rojo)
Neutro	N (blanco)
Hilo de mando	CONTROL(plomo)

Elaboración: Propia.

3.2 Construcción del Sistema Electromecánico

Para la elaboración del proyecto se implementó una parte electromecánica, en la cual están inmersos distintos elementos, tales como: Caja metálica, selector, interruptores, luces piloto, breaker, barras de distribución, fuente industrial, reductores de voltaje, borneras, etc. Los cuales se pueden apreciar en la siguiente ilustración. (Ver Figura 3.7)

Detalle de elementos de la siguiente figura:

1. Breaker Schneider EZ9F56106 (Térmico-Magnético).
2. Regletas de distribución. (Neutro, Fase).
3. Reductores de voltaje de 50 (V_{DC}) a 0 (V_{DC}).
4. Borneras Industriales.
5. Canaletas Ranuradas
6. Canaletas de distribución.
7. Fuente Industrial de 120 (V_{AC}) a 12(V_{DC}).
8. Interruptor ON – OFF 120 (V_{AC}).
9. Luces Piloto indicadoras.
10. Interruptores de emergencia (Marcha- Paro).

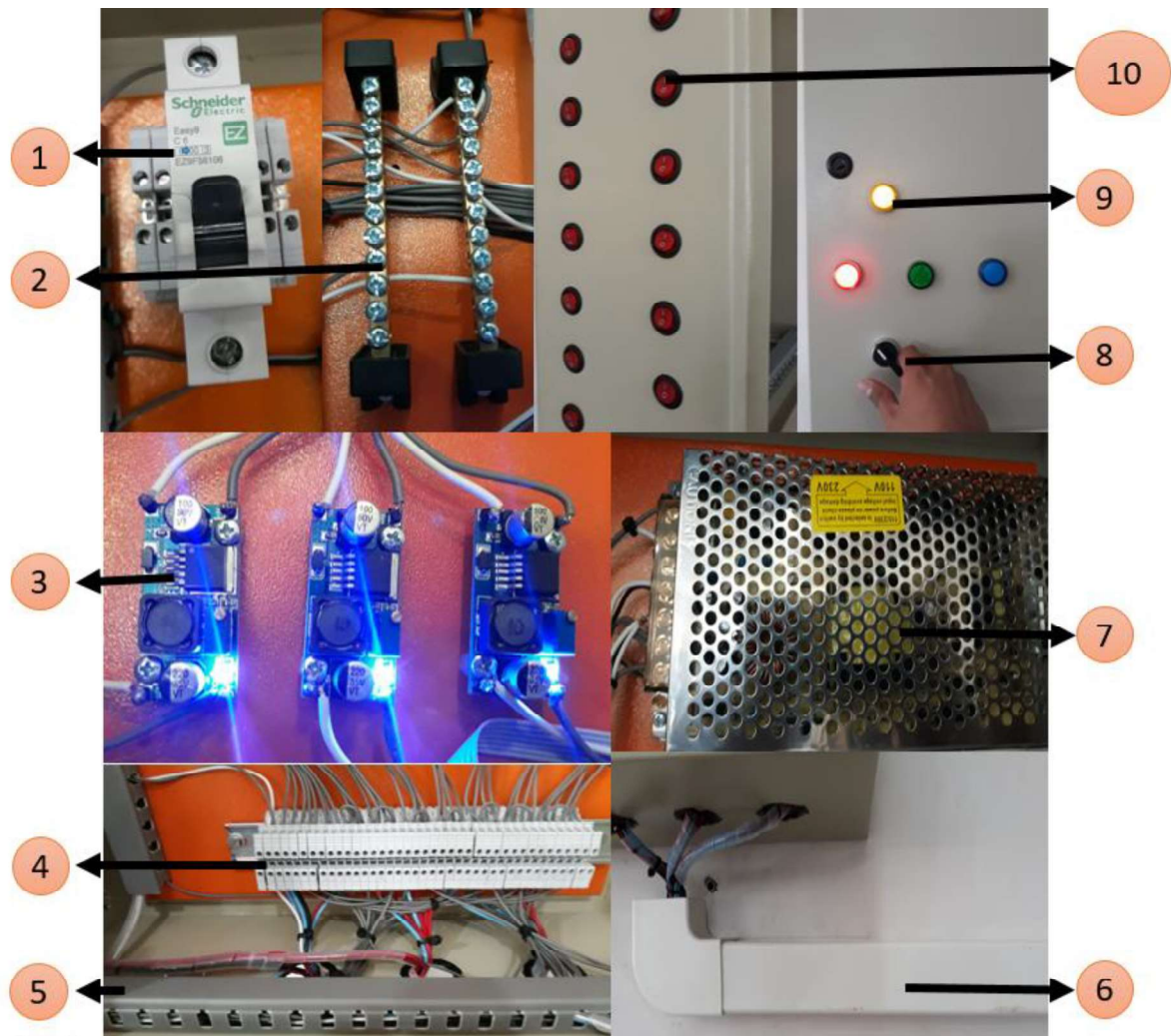


Figura 3.7. Elementos Electromecánicos del Sistema de Control Remoto.
(Fuente: Propia)

- **Selección del Gabinete**

Para la selección del gabinete se tomó en cuenta que elementos se van a utilizar para la elaboración del proyecto, para poderlos distribuir y prever la posible medición del tablero, también se tuvo en cuenta las condiciones ambientales con las que se trabajará.

Teniendo en cuenta los detalles, se llegó a la conclusión que se trabajará con un gabinete de con las siguientes dimensiones las cuales representan el largo, ancho y profundidad respectivamente: 60 x 40 x 20 (cm), tal y como se mostrará en la Figura 3.8, la cual está realizada en el programa AutoCAD.

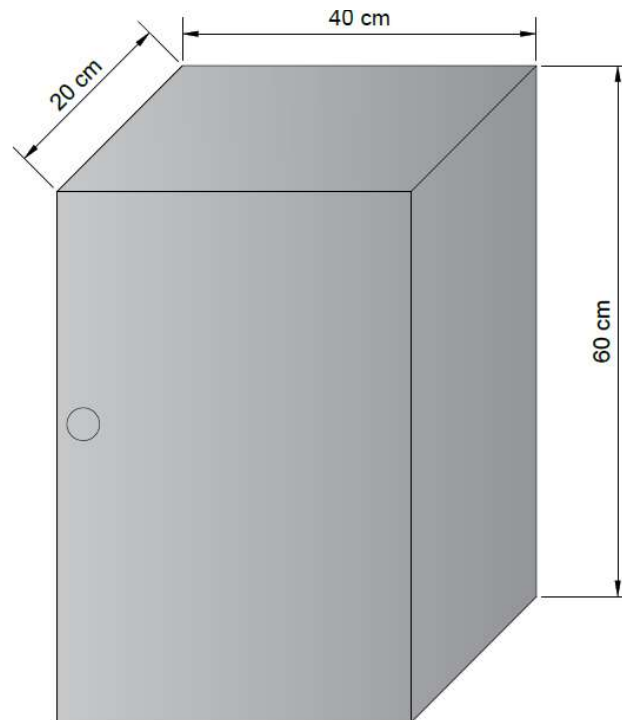


Figura 3.8. Dimensiones del tablero de control.
(Fuente: Propia)

- **Diseño e instalación de la Estructura**

El diseño y ubicación de los elementos electromecánicos se encuentra a continuación en la Figura 3.9, la cual se realizó en el software de simulación AutoCAD.

1. Breaker Schneider EZ9F56106 (Térmico-Magnético).
2. Regletas de distribución. (Neutro, Fase).
3. Reductores de voltaje de 50 (V_{DC}) a 0 (V_{DC}).
4. Borneras Industriales.
5. Canaletas Ranuradas
6. Canaletas de distribución.
7. Fuente Industrial de 120 (V_{AC}) a 12 (V_{DC}).
8. Interruptor ON – OFF 120 (V_{AC}).
9. Luces Piloto indicadoras.
10. Interruptores de emergencia (Marcha- Paro).

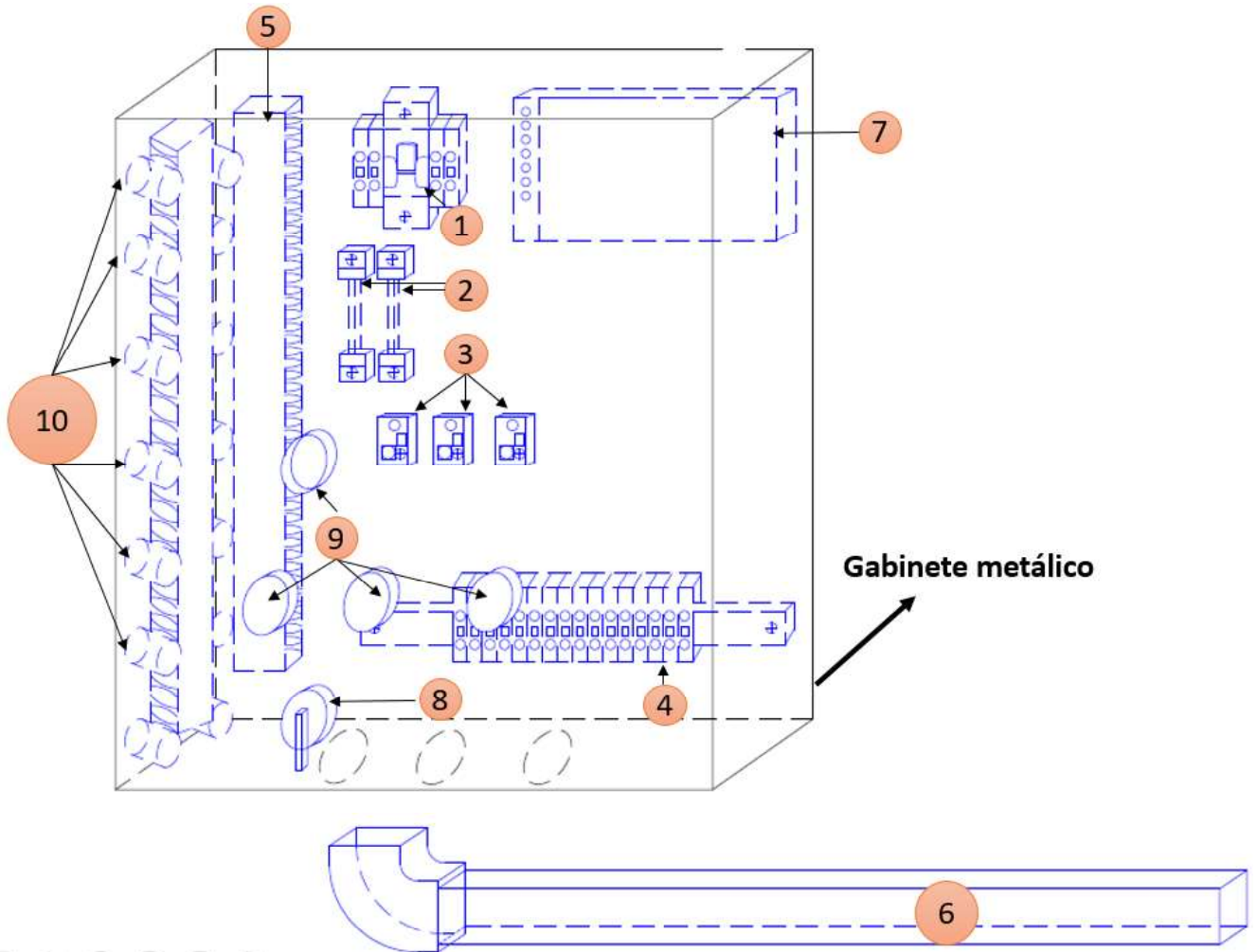


Figura 3.9. Elementos Electromecánicos en AutoCAD.
(Fuente: Propia)

Para el diseño e instalación de la estructura se consideró el espacio adecuado entre tableros evitando de esta manera posibles problemas a suscitarse ya sea al momento de abrir simultáneamente ambos tableros, también se tuvo en cuenta la distancia con el piso para evitar problemas en su activación y desactivación manual.

A continuación, en la Figura 3.10 se muestra la imagen de los tableros donde se encuentra la longitud y separación de los mismos.

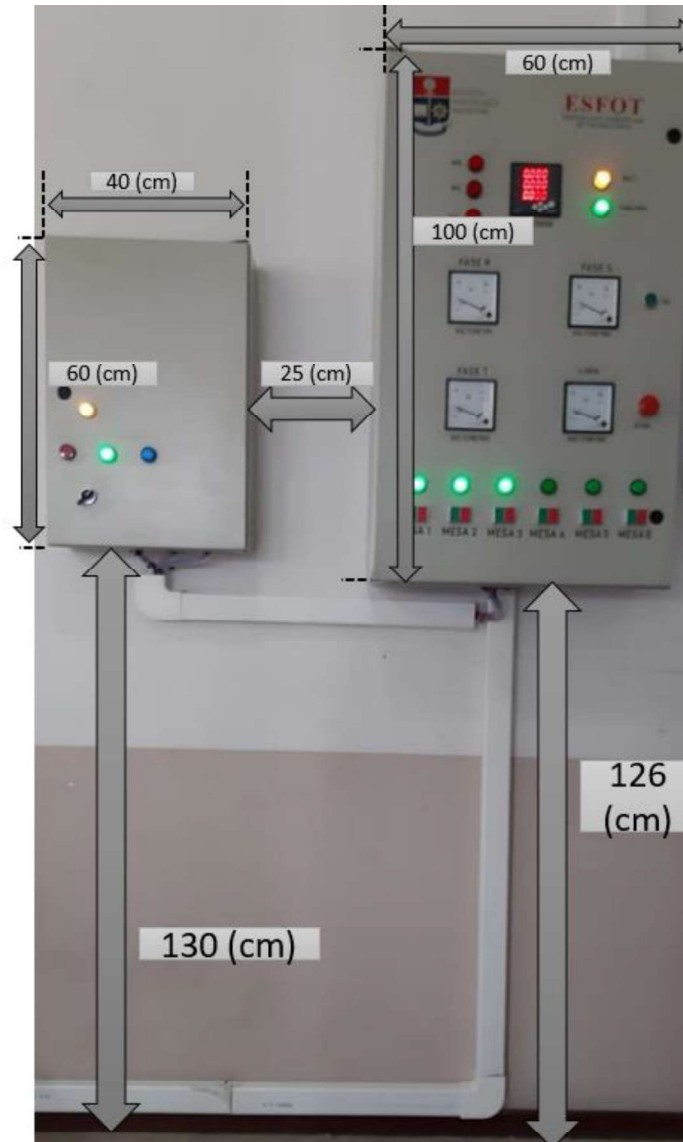


Figura 3.10. Tablero remoto y principal.
(Fuente: Propia)

La parte electromecánica debe trabajar bajo parámetros que permitan el funcionamiento del sistema, estos parámetros son los que se describen a continuación:

- a) *Protección de los elementos de la intemperie*: los elementos que no pueden estar expuestos a la intemperie ya sea por seguridad o por no comprometer la vida útil de los mismos, están situados en la parte de adentro del tablero, este garantiza su protección ya sea del contacto humano o de las condiciones adversas del ambiente como: viento, agua, polvo, etc.
- b) *Seguridad*: la estructura instalada garantiza la seguridad de los equipos, ya sea de los robos o del contacto irresponsable que pueda existir con las personas dentro del laboratorio

- c) *Rigidez y sujeción*: la estructura instalada está bien sujeta a la pared impidiendo que este se mueva por los esfuerzos mecánicos, al igual que los elementos dentro del tablero impidiendo que se desconecten entre sí.
- d) *Estética*: la estructura está bien presentada y a la vista de los usuarios.

Tomando en cuenta los parámetros que se describieron anteriormente, la estructura instalada para el sistema de control remoto cumple con las especificaciones que se muestran en la *Tabla 3.6*.

Tabla 3.6. Características de estructura y Soporte

Tablero	Dimensiones	Largo = 60 (cm)		
		Ancho = 40 (cm)		
		Fondo = 20 (cm)		
	Material del cuerpo	Plancha metálica galvanizada		
	Peso	8 (kg)		
	Puerta	Metálica Galvanizada		
Canaletas (color marfil) (Ranuradas)	Dimensiones	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)
		4	74	6
		2	35	2.5
		2	35	2.5
		2	52	2.5
		2	30	2.5
		2	10	2.5
Interruptores	Material	PVC y plástico		
	Magnitudes	10 (A) -125 (V _{AC})		
		5 (A) - 250 (V _{AC})		
Breaker	Magnitudes	3 (A)		
		127 y 230 (V _{AC})		
		50 (Hz)		
Luces piloto	Magnitudes	120 (V _{AC})		
Selector	Magnitud	120 (V _{AC})		
Carril Din	Dimensiones	Largo = 27 (cm)		
		Ancho = 3.5 (cm)		
Borneras Industriales	Material	Acero Galvanizado		
	Dimensiones			
	Material	PVC y plástico		

- **Preparación del Gabinete**

Después de haber obtenido todos los materiales se empezó con la instalación de la infraestructura metálica la cual conlleva ciertas etapas, desde los trazos y perforado del gabinete hasta el montaje de este en el Laboratorio. A continuación, en las Figura 3.11 se muestra el gabinete en su etapa inicial y en la Figura 3.12 se muestra en su etapa final.



Figura 3.11. Trazos y perforación del tablero metálico.
(Fuente: Propia)



Figura 3.12. Tablero en su etapa final, perforado e instalado.
(Fuente: Propia)

- **Cableado eléctrico interno de los elementos**

El cableado de los elementos en conjunto con la instalación fue realizada para evitar cortocircuitos y daños irreversibles en los dispositivos pudiendo quemarlos, para evitar que estos problemas se ocasionen es necesario realizar el diagrama de conexión, el cual permitirá conocer los puntos de conexión proporcionando información fundamental al técnico ya sea de mantenimiento o de reparación del tablero. (Enríquez Harpe, 2000)

Para elaborar el diagrama de conexiones del tablero se utilizó el programa CAdE_SIMU, el cual posee una interfaz para trabajar con sistemas de control, brindando así todas las herramientas necesarias para realizar el respectivo diagrama.

- **Diagrama de conexión**

En el diagrama de conexión se detallan todas las conexiones que fueron necesarias para que el tablero funcione, es decir, el circuito necesario para realizar las acciones de energización y des energización de las mesas de trabajo del Área de Control del Laboratorio, está la disposición de los relés y la disposición de los interruptores de emergencia en caso de que los relés fallen.

El programa CAdE-SIMU al igual que los otros presenta su nomenclatura en base a normas eléctricas con las cuales se distinguen las conexiones, en la *Tabla 3.7* se presentan la designación de nomenclatura para los elementos inmersos en el proyecto.

Tabla 3.7. Designación de nomenclaturas para los elementos.

Elemento	Terminales
Luces piloto	X1 y X2
Pulsadores NA	3 y 4
Pulsadores NC	1 y 2
Bobinas	A1 y A2

Elaboración: Propia

La nomenclatura para los elementos que se necesitaron en el proyecto y que constan en el diagrama de control se rige a lo señalado en la *Tabla 3.7*, en la *Figura 3.13* se puede observar el diagrama de control correspondiente al tablero presentado en el proyecto. Cabe mencionar que en el diagrama presentado a continuación constan todos los elementos necesarios para activar las mesas, es decir, también se incluye los elemento que ya existían para operar las mesas manualmente, por ende, se añadió a cada rama los elementos ubicados en el nuevo tablero para que las mesas funcionen de manera remota.

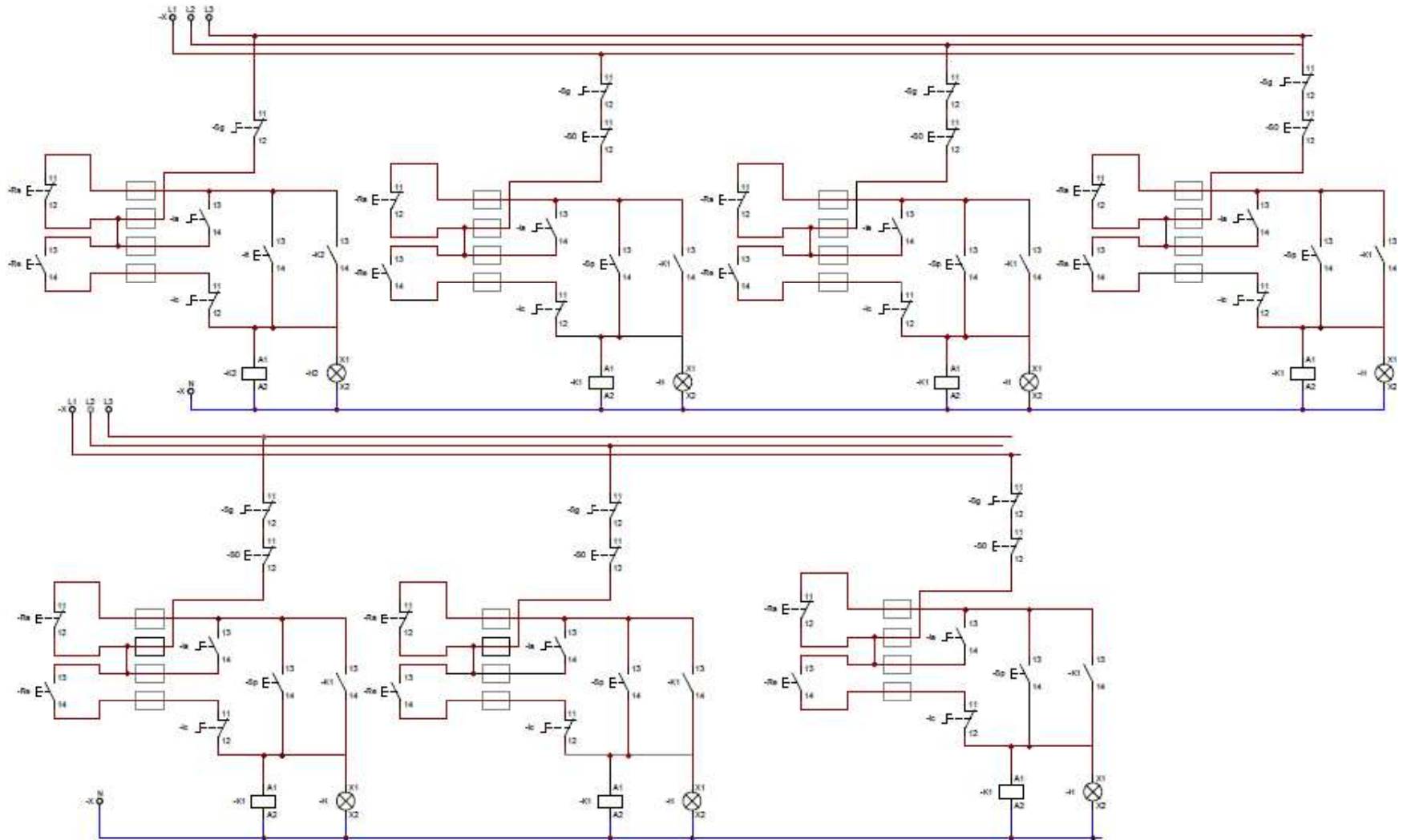


Figura 3.13. Diagrama de control del tablero remoto.

(Fuente: Propia)

3.3 Construcción del sistema de acople electrónico para la terminal remota

Para la elaboración del proyecto se construyó un acople electrónico, el cual permite la comunicación entre la terminal remota y los elementos de maniobra del sistema, para este acople se utilizaron algunos elementos tales como: Bluetooth HC-05, Módulo de Arduino y un detector de Voltaje (V_{AC} a V_{DC}), los mismos se pueden apreciar en la siguiente Figura 3.14.

Detalle de elementos de la siguiente figura:

11. Módulo de relés.
12. Módulo Bluetooth para Arduino.
13. Módulo detector de 120 - 0 (V_{AC}) a 5 - 0 (V_{DC}).
14. Módulo de Arduino (MEGA 2560).

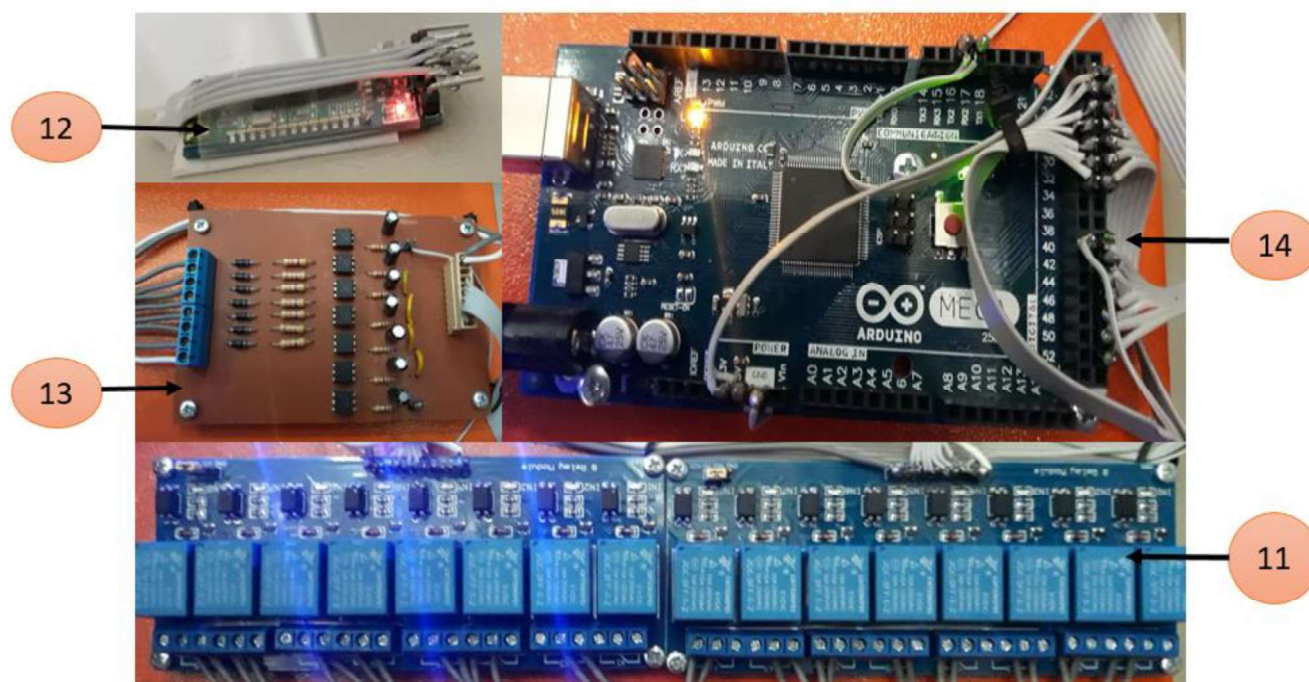


Figura 3.14. Elementos electrónicos para la terminal remota.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.14 constan los elementos que se utilizaron para crear el acople electrónico, el cual tiene la función de recibir el voltaje alterno proveniente del estado de las mesas y transformarlo en un voltaje electrónico de 5 (V_{DC}) el cual puede ser leído por el arduino en cual ayuda a comunicar la parte de la potencia con la parte electrónica y viceversa, haciendo que la salida que envía el Arduino de 5 (V_{DC}) al módulo sea capaz de activar las mesas que trabajan con 120 (V_{AC}) o a su vez cuando las mesas cambien de estado de 120 (V_{AC}) a 0 (V_{AC}) sean leídos por las entradas del Arduino que trabajan con 5 (V_{DC})

Cabe mencionar que los elementos del acople son el módulo de relés y la placa del circuito detector ya que estos realizan las acciones a la entrada y a la salida del acople, el arduino y el módulo Bluetooth completan las funciones secundarias del acople las cuales son la transmisión y recepción de información, por ende, también se incluyen dentro del circuito de acople electrónico.

Dicho esto existe dos funciones para el acople, cada una de ellas se detallarán a continuación:

- 1) *Receptor*: Como se puede apreciar en la Figura 3.15, el acople consta de un Módulo Bluetooth el cual recepta la señal proveniente del dispositivo celular, esta señal es codificada hacia el arduino el cual dependiendo de la naturaleza de la señal toma la acción correspondiente, ya sea apagando o encendiendo la mesa por medio del módulo de relés, o en su defecto brindando un estado general de la mesas monitoreándolas mediante la información que otorga el detector.

A continuación, en la Figura 3.15 se muestra el esquema que permite entender de mejor manera lo explicado anteriormente.

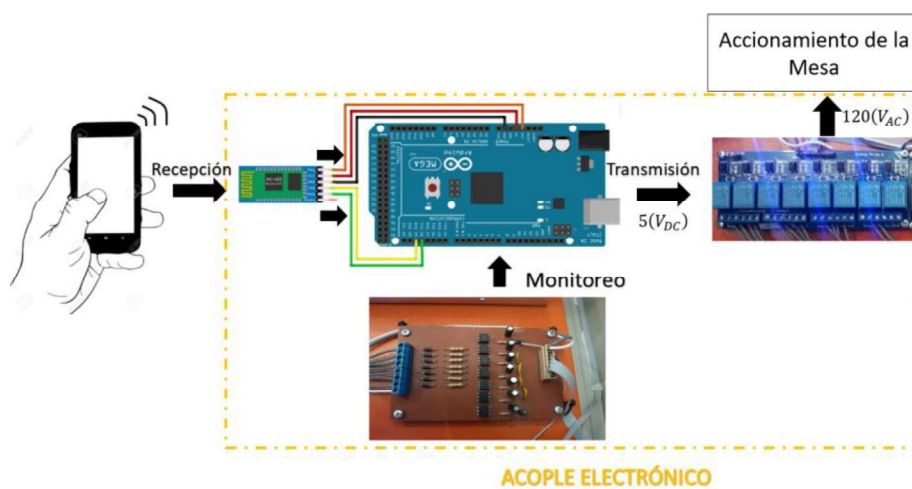


Figura 3.15. Diagrama de flujo del Accionamiento de las Mesas.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.15 se puede observar uno de los objetivos del acople el cual es el de recibir las señales remotas emitidas. Por ejemplo si se desea accionar una mesa mediante el celular, el acople recibe la señal emitida por el dispositivo y envía la orden para que se produzca la acción, la cual siempre está monitoreada por el circuito detector, el cual envía señales al arduino.

- 2) *Emisor*: El acople electrónico posee en sus elementos una placa con el circuito detector el cual tiene la función de convertir las señales de (V_{AC}) en (V_{DC}) para que puedan ser leídas por el Arduino dichas señales corresponden al estado de las mesas, es decir, la placa monitorea y envía hacia el arduino el estado operacional de las mesas de trabajo, esta información es codificada por el arduino y transmitida hacia el Modulo de Bluetooth para ser emitidas hacia el dispositivo móvil que se esté utilizando, cumpliendo así con la emisión de señales.

A continuación en la Figura 3.16 se muestra el diagrama de flujo que permite entender de mejor manera lo explicado anteriormente.

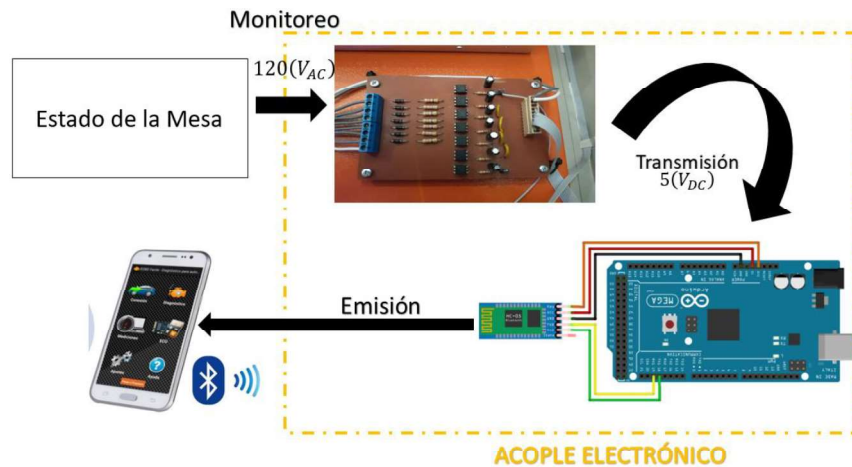


Figura 3.16. Diagrama de flujo del Monitoreo de las Mesas.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.16 se puede observar la emisión de las lecturas del monitoreo. Por ejemplo cuando se quiere saber el estado las mesas, el acople por medio del circuito detector recibe las lectura de voltajes de la mesa, la transforma en lectura de (V_{DC}) y las envía al arduino para que éste las envíe al módulo bluetooth y por último este emita la señal que va a ser recibida por el dispositivo móvil.

- **Diseño de la placa del circuito detector de voltaje alterno de las mesas**

La placa del circuito detector de (V_{AC}) a (V_{DC}) es una parte del acople electrónico que permite realizar la función de Monitoreo, siendo esto una de las funciones del Tablero y por ende es uno de los objetivos del presente proyecto. Esta placa está diseñada para proveer un voltaje de 5 (V_{DC}) en cualquiera de sus salidas, la cual es utilizado por el arduino. La placa en cuestión se la puede visualizar en la Figura 3.17.

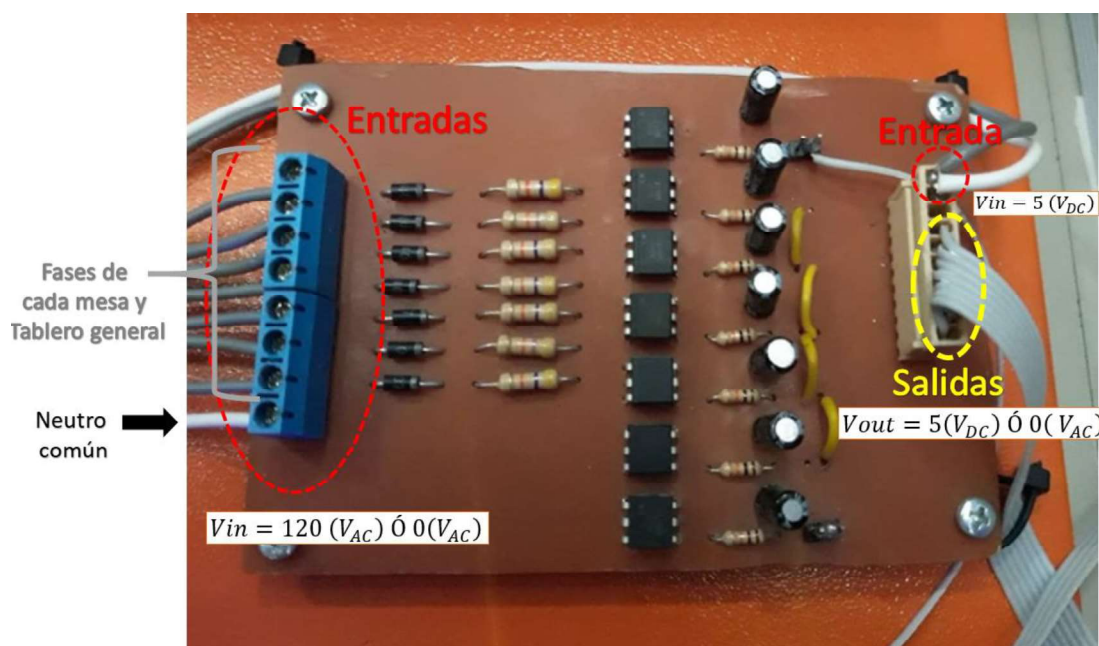


Figura 3.17. Placa del circuito detector.
(Fuente: Propia)

La Figura 3.17 corresponde a la placa diseñada e instalada en el tablero remoto del laboratorio de Tecnología Industrial, como se puede apreciar consta de 8 entradas, una para el neutro común (cable blanco) y la demás corresponden a un cable por cada mesa del laboratorio incluyendo el tablero general (cables grises), estos cables vienen desde un punto específico de la estructura de cada mesa con el fin de brindar la lectura correspondiente cuando las mesas están encendidas o apagadas. Además se puede apreciar en sus salidas dos cables con diferentes singularidades de los demás, esos cables corresponden a la fuente de 5 (V_{DC}) con el cual se alimenta a los optoacopladores que están inmersos en la placa lo que vendría a ser una entrada más en la placa, las demás salidas (cables de bus de datos) corresponden a los cables que se conectan al

arduino, es decir, son los cables que brindan las señales respectivas al Arduino Mega haciendo que este puede leer el estado de las mesas contantemente.

En la Figura 3.18 se puede apreciar el circuito necesario para la placa, cabe mencionar que se muestra únicamente un circuito ya que todos son similares entre sí. El circuito está diseñado en el Software de simulación Proteus.

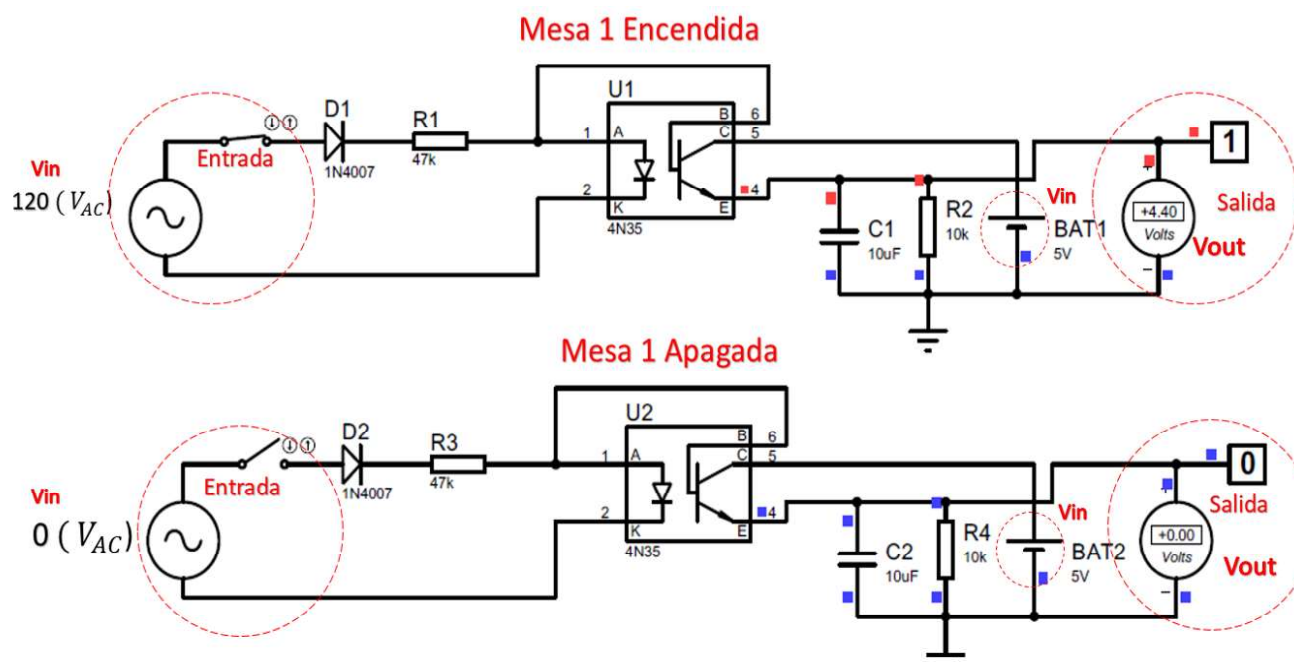


Figura 3.18. Circuito detector correspondiente a una mesa.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.18 se ve el circuito detector de $120 (V_{AC})$ a $5 (V_{DC})$, este valor es tomado por el arduino para reflejar el estado de las mesas. Los valores del acondicionamiento que realiza la placa se ve detallado en la *Tabla 3.9*.

A continuación en la Figura 3.29 se muestra todo el esquema completo, con el cual se basa y está diseñada la placa del tablero.

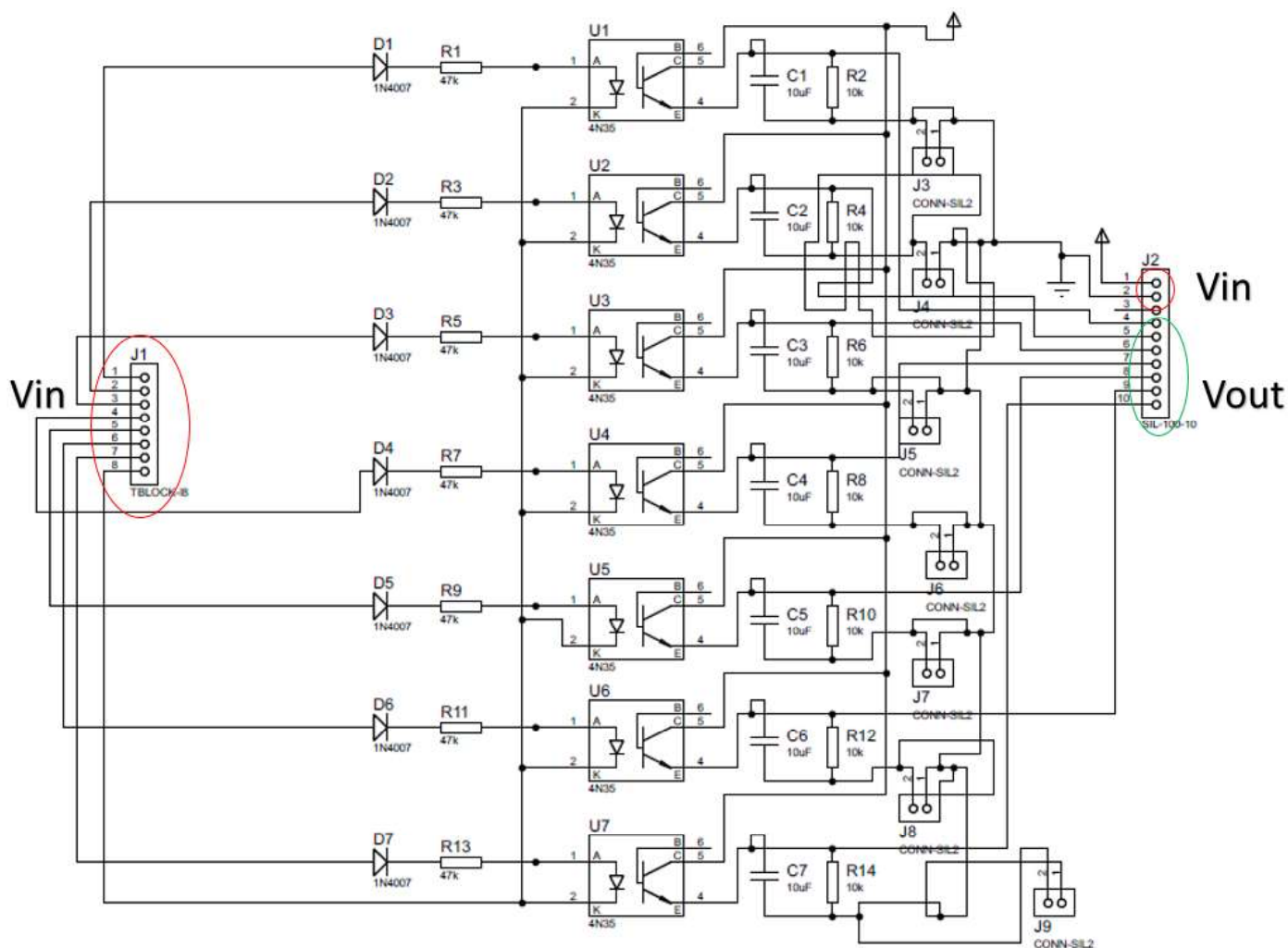


Figura 3.19. Esquema completo del circuito detector.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.19 constan los elementos utilizados en la placa del tablero, además en la *Tabla 3.8* se muestra a detalle estos elementos.

Tabla 3.8. Elementos del circuito detector.

Elemento	Cantidad	Tipo - Valor
Octoacoplador	7	4N35
Diodo	7	1N4007
Resistencia	14	10 (K Ω) y 47 (K Ω)
Capacitor Electrolítico	7	10 (μ F)

Elemento	Cantidad	Tipo - Valor
Borneras Azules	1	8 tornillos
Espadines Hembra	1	10 pines
Espadines macho	7	2 pines

Elaboración: Propia

Tabla 3.9. Acondicionamiento del circuito.

Voltaje de entrada	Voltaje de salida		Estado Lógico salida
120 (V _{AC})	5 (V _{DC})	-	1L
0 (V _{AC})	0 (V _{DC})	-	0L

Elaboración: Propia

En la Figura 3.20 se muestra el circuito en PCB, el cual fue impreso para poder crear la placa manualmente y en la Figura 3.17 se muestra la placa ubicada en el tablero con las debidas especificaciones.

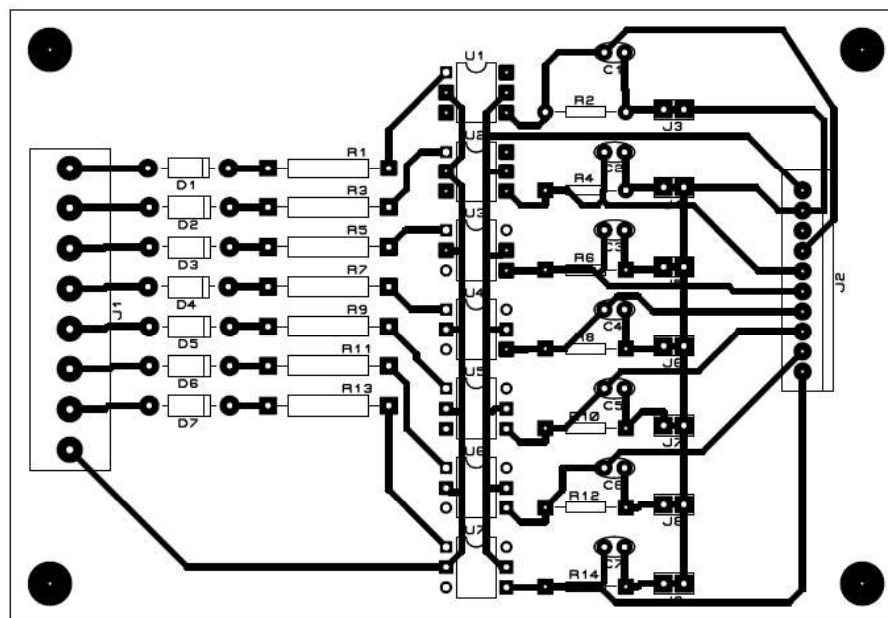


Figura 3.20. Circuito en PCB.
(Fuente: Propia)

• Conexiones del Arduino

El arduino Mega 2560 utilizado posee una cantidad considerable de pines, además de los que ya vienen predeterminados para ciertas funciones específicas, posee pines análogos de entrada y un número de pines digitales que se configuraron como entradas y salidas para la correcta ejecución del proyecto (García González, 2013).

A continuación en la Figura 3.21 se muestra los pines utilizados del arduino.

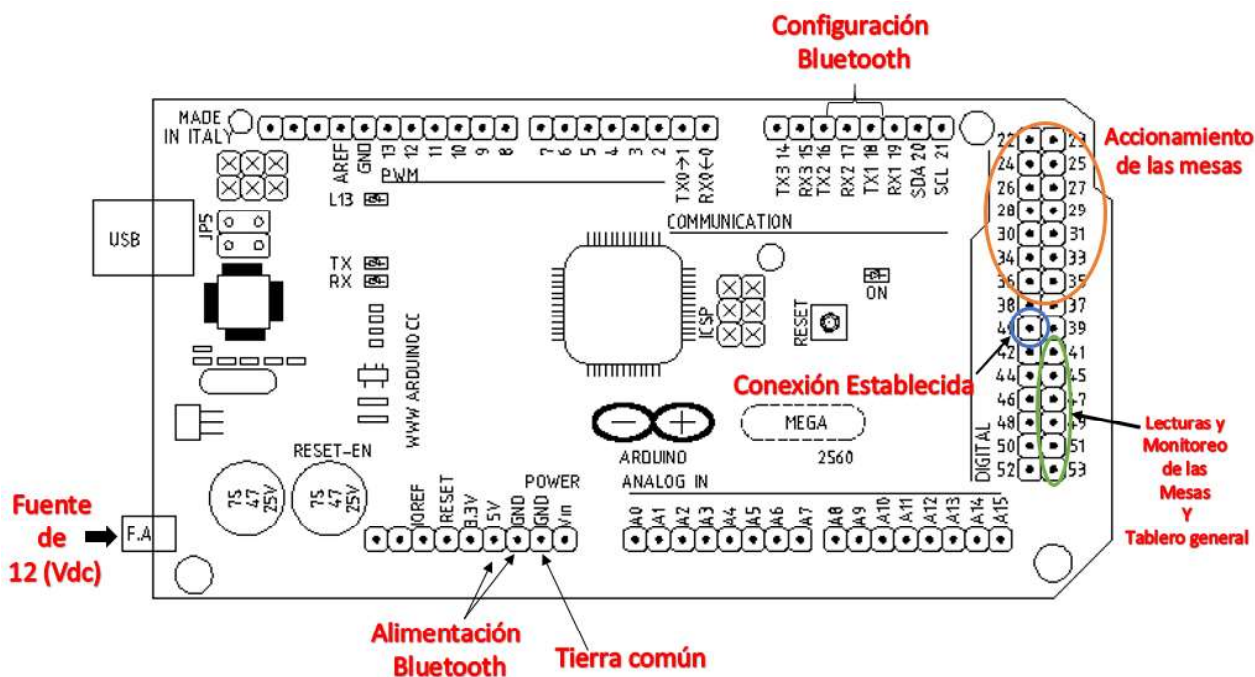


Figura 3.21. Conexiones del arduino.
(Fuente: Propia)

A continuación en la *Tabla 3.10* se detallan todos los pines con su determinada función y para un mejor entendimiento se añade una pequeña descripción de su funcionamiento.

Tabla 3.10. Conexiones de los puertos y pines del Arduino.

Puerto – Pines	Conexión destinada	Función
Input	Alimentación del Arduino	Mediante este pin se energiza al arduino, la energía proviene de la fuente Industrial del tablero.

Puerto – Pines	Conexión destinada	Función
Volt operativo	Voltaje suministrado por el arduino	Este voltaje es suministrado por el arduino y es con el cual se alimenta al bluetooth
GND1	Negativo,	
GND2	Tierra común del Arduino	Tierra 0 (V) de la placa de arduino
17, 18	Conexión Bluetooth	Estos pines se conectan al Rxd y Txd del bluetooth para permitir la recepción y transmisión de datos del bluetooth a la placa o viceversa.
22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 39, 30, 31, 32, 33, 34, 35	Conexión del módulo de relés NA y NC	Se conectan a los dos de relés existentes en el tablero, con el fin de encender o apagar las mesas del laboratorio cuando el arduino reciba o de la orden.
40	Conexión a un relé NA	De igual manera este pin de conecta a un relé del módulo para encenderlo cuando se entable la conexión bluetooth o cuando llega una señal inalámbrica.
41, 43, 45, 47, 49, 51, 53	Conexión al circuito detector de la placa	Estos pines se conectan a la salida del detector para poder leer el estado de las mesas.

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la tabla superior, las conexiones que realiza el arduino son tres, las mismas que se describen a continuación.

- **Conexión del arduino y el módulo bluetooth**

La conexión se muestra a continuación.

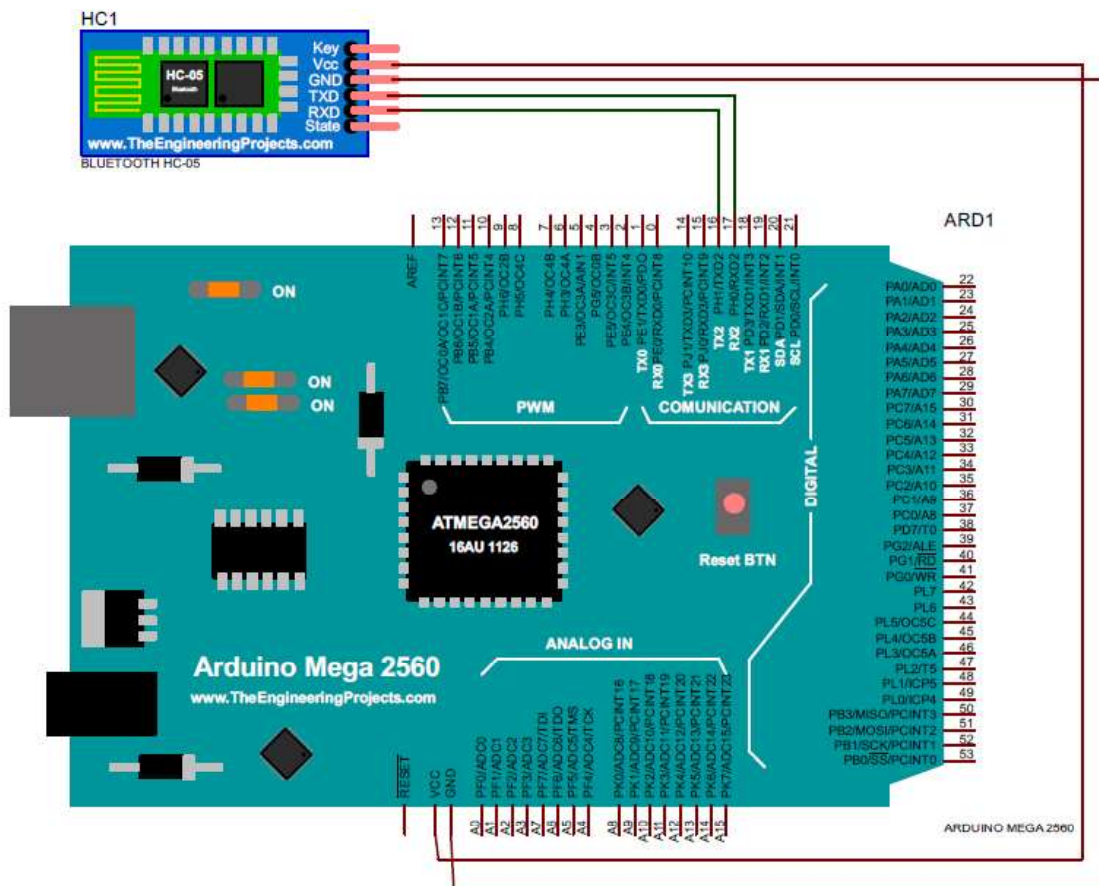


Figura 3.22. Conexión del Arduino y el Bluetooth.
(Fuente: Propia)

En la Figura 3.22 se aprecia la conexión necesaria entre el módulo Bluetooth (HC-05) y el Arduino (Mega 2560), esta conexión permite el correcto funcionamiento del tablero. Los pines de Vcc y Gnd se conectan directamente a los pines del Arduino ya que este suministra la energía necesaria para encender y mantener funcionando al Bluetooth y por otra parte en pin Rxd y Txd se conectan a los pines Tx2 y Rx2 del arduino respectivamente.

En la *Tabla 3.11* se detallan los pines que se utilizan tanto del arduino como del módulo Bluetooth.

Tabla 3.11. Pines utilizados para la conexión Bluetooth.

Arduino Mega 2560		Módulo Bluetooth HC-05
Número de Pin - Nomenclatura		Nomenclatura
16 – TX2	→	RXD
17 – RX2	→	TXD
GND	→	GND
5V - VCC	→	Vcc

Elaboración: Propia

○ Conexión del Arduino y la Placa

A continuación en la Figura 3.23 se muestra el esquema de pines correspondientes a la conexión del Arduino con el circuito detector.

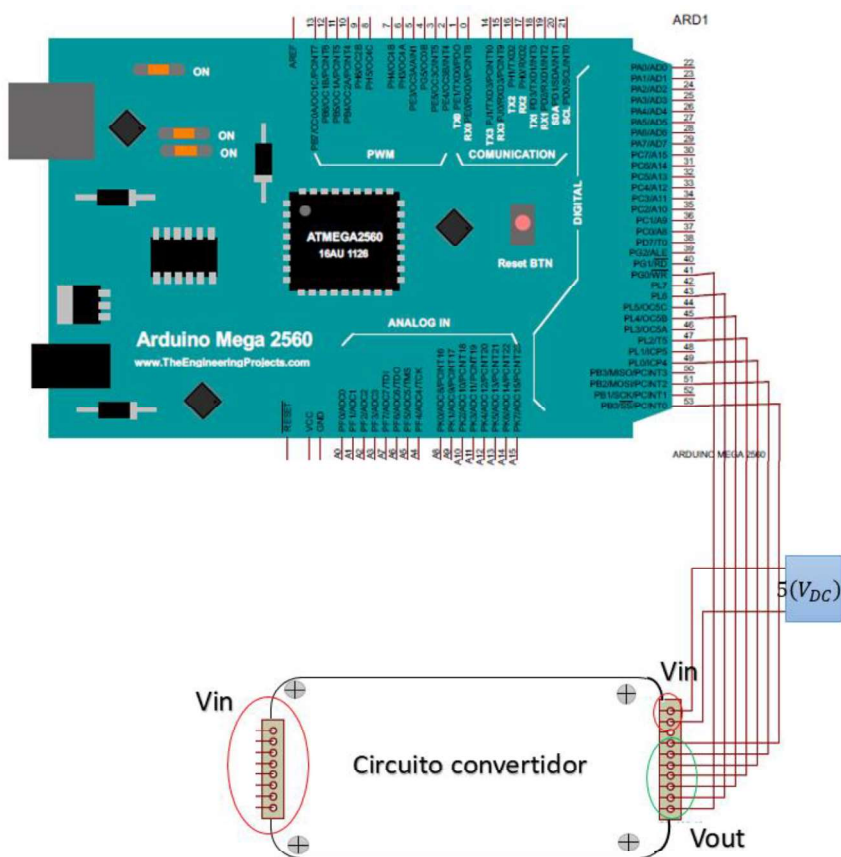


Figura 3.23. Conexión entre el arduino y el circuito detector.
(Fuente: Propia)

Tal y como se aprecia en la Figura 3.23, existe una comunicación entre el detector y el arduino, el circuito detector utiliza todas sus salidas, es decir, 7 de sus 10 pines inferiores del conector tipo hembra ubicados en la placa, cabe mencionar que los 3 pines sobrantes del conector corresponden 2 a la fuente de voltaje continuo de 5 (V_{DC}) y el uno sobrante queda libre para marcar distancia entre estas dos conexiones. También se puede apreciar que los pines que se utilizan en el arduino para esta conexión son los pines: 41, 43, 45, 47, 49, 51 y 53. Por ende, estos pines están destinados a la comunicación digital entre el arduino y el detector con la finalidad de monitorear el estado de las mesas de trabajo del área de control del Laboratorio de Tecnología Industrial.

- **Conexión del Arduino y los Módulos de Relés**

La conexión entre el arduino los módulos de relés es como se aprecia en la Figura 3.24

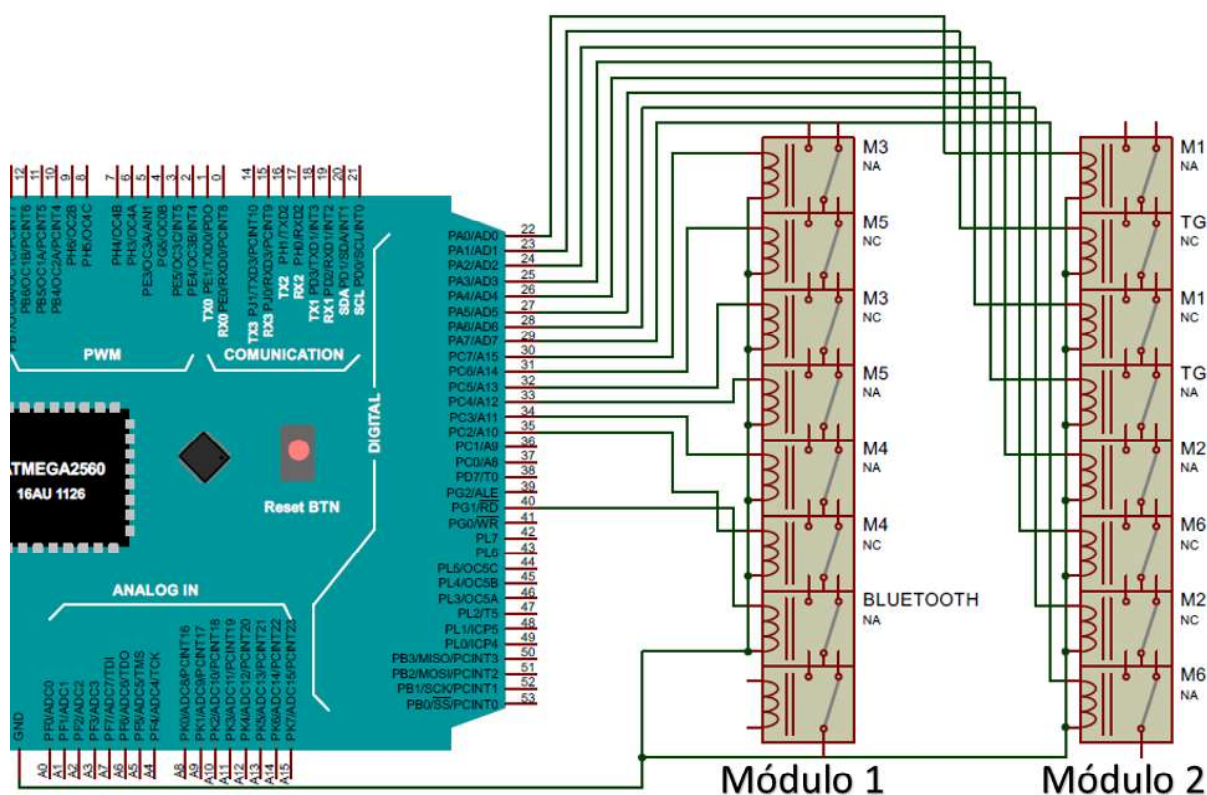


Figura 3.24. Conexión entre el arduino y los relés
(Fuente: Propia)

Como se puede apreciar en la figura las salidas del arduino son las que accionan los relés, los cuales con la señal que reciben apagan o encienden las mesas mediante sus contactos, los pines del arduino conjuntamente con el respectivo destino de operación del relé se muestra en la *Tabla 3.14*.

En la *Tabla 3.12* se muestra la disposición de los pines del arduino, para de esta manera entender mejor la programación de este.

Tabla 3.12. Pin con su respectiva función.

Número de Pin	Función de salida asignada	
	Destino de relé	Mesa - Tablero
SALIDAS		
22	Normalmente abierto (NA)	Enciende mesa 1
23	Normalmente cerrado (NC)	Apaga el tablero general
24	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 1
25	Normalmente abierto (NA)	Enciende tablero general
26	Normalmente abierto (NA)	Enciende mesa 2
27	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 6
28	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 2
29	Normalmente abierto (NA)	Enciende mesa 6
30	Normalmente abierto (NA)	Enciende mesa 3
31	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 5
32	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 3

Número de Pin	Función de salida asignada	
	Destino de relé	Mesa - Tablero
SALIDAS		
33	Normalmente abierto (NA)	Enciende la mesa 5
34	Normalmente abierto (NA)	Enciende mesa 4
35	Normalmente cerrado (NC)	Apaga la mesa 4
40	Normalmente abierto (NA)	Enciende la Luz piloto azul indicadora de conexión Bluetooth
Número de Pin	Función de entrada asignada	
	ENTRADAS	
41	Estado de Mesa 1	
43	Estado de Mesa 2	
45	Estado de Mesa 3	
47	Estado de Mesa 4	
49	Estado de Mesa 5	
51	Estado de Mesa 6	
53	Estado del Tablero General	

Elaboración: Propia

- **Instalación de los elementos**

El diseño y posición de los elementos del acople electrónico quedó tal y como se ve en la Figura 3.25, la cual se hizo en el software de simulación AutoCAD.

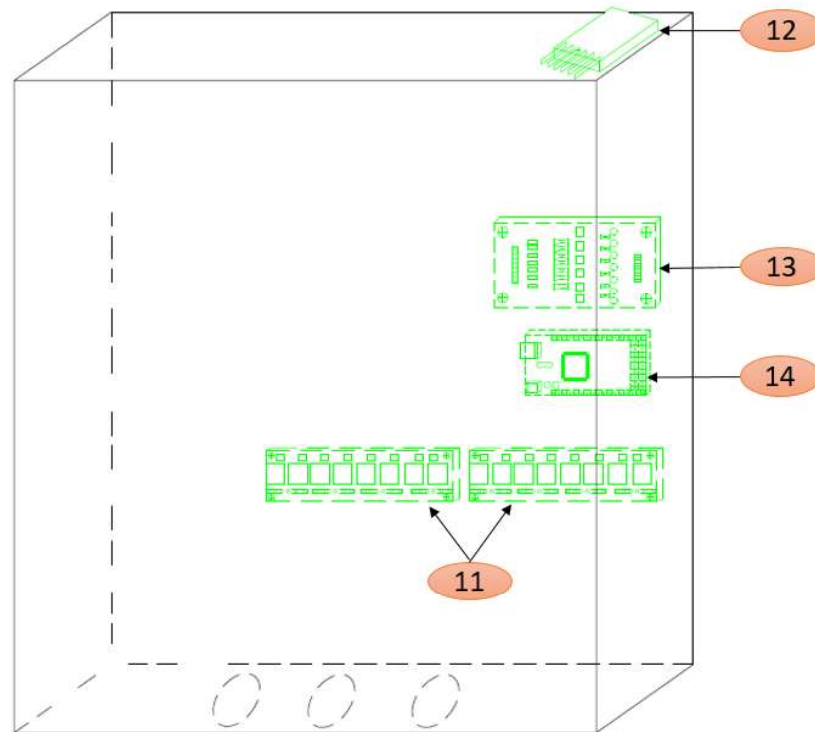


Figura 3.25. Elementos del acople Electrónico del Sistema de Control Remoto.
(Fuente: Propia)

11. Módulo de relés.
12. Módulo Bluetooth para Arduino.
13. Módulo detector de 120 - 0 (V_{AC}) a 5 - 0 (V_{DC}).
14. Módulo de Arduino (MEGA 2560)

Para lograr la instalación del acople electrónico, esta debió trabajar bajo ciertos parámetros que permitan el correcto funcionamiento del sistema, estos parámetros son los que se describen a continuación:

- a) *Protección de los elementos de la intemperie*: los elementos que no pueden estar expuestos a la intemperie ya sea por seguridad o por no comprometer la vida útil de los mismo, al ser elementos puramente electrónicos estos están debidamente posicionados dentro del tablero el cual no permite ningún contacto con la intemperie a excepción del módulo Bluetooth, el cual al ser el elemento emisor y receptor de señal debe ir obligadamente en la parte exterior, sin embargo, está correctamente posicionado evitando contactos no deseados con personas, agua, etc. Además cabe mencionar que este último

elemento está recubierto con una capa de plástico lo cual ayuda a mantenerlo en perfectas condiciones.

- b) *Seguridad*: la estructura instalada garantiza la seguridad de los equipos, ya sea de los robos o del contacto irresponsable que pueda existir con las personas dentro del laboratorio, los elementos están sujetos firmemente al fondo falso el cual a su vez está sujeto al tablero de control remoto.
- c) *Estética*: los elementos del acople dentro del tablero siguiendo un orden estético a los demás elementos electromecánicos.

- o **Cableado interno del acople electrónico**

El acople electrónico al estar formado por elementos puramente electrónicos merece la mayor atención y cuidado en su conexión ya que la más leve equivocación podría ocasionar cortocircuitos y quemar los elementos. Teniendo en cuenta cualquier falla o problema a suscitarse se eligió como cable conductor un cable plano 28 AWG color gris, el cual es muy utilizado en aplicaciones electrónicas para conectar elementos, este cable se lo eligió por las diversas ventajas que posee. A continuación, en la Figura 3.26 se muestra el cable en cuestión.



Figura 3.26. Cable AWG 28 color gris.
(Fuente: Propia)

Como se puede apreciar en la Figura 3.26, el cable utilizado para realizar todas las conexiones del acople es un cable 28 AWG el cual al ser plano y estar fijamente unido a los demás cables,

crea una estructura firme e irrompible comparado con los demás cable que se suelen usar para estas aplicaciones. A continuación, en la Figura 3.27 se muestra el cable soldado a los pines de unión los cuales serán conectados al arduino.



Figura 3.27. Cable AWG 28 soldado a los espadines tipo macho.
(Fuente: Propia)

Se puede apreciar claramente que las cintas de cables son muy resistentes en comparación a los demás cables que soy muy delicados, además la unión del cable con el material de cobre de los espadines está muy bien soldado con la finalidad de evitar separaciones.

Diseño e instalación del cable

El diseño se lo realizó dependiendo la ubicación de los elementos en el tablero, con la finalidad de evitar tensiones y futuras separaciones entre el cable y los terminales de conexión, la instalación se la puede visualizar en la siguiente Figura 3.28.

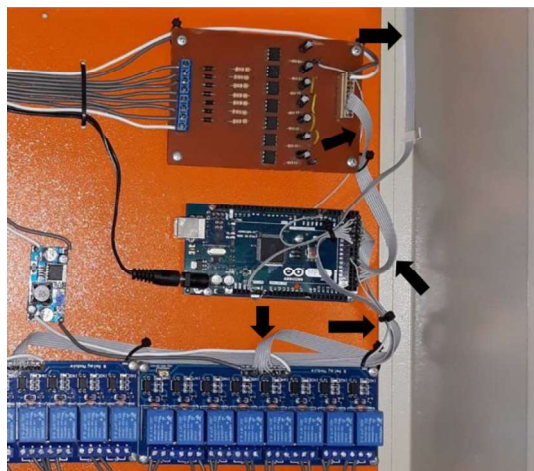


Figura 3.28. Conexión del acople electrónico mediante el cable plano.
(Fuente: Propia)

Se puede observar en la Figura 3.29 que el cable utilizado cumple con lo requerido, conecta todos los elementos necesarios y brinda seguridad al usuario.

3.4 Implementar la comunicación remota entre la interfaz y el tablero de control

- **Comunicación entre el tablero y la Interfaz Móvil**

Para plantear la comunicación entre estos dos puntos hizo falta dos procedimientos, el primer procedimiento fue crear y programar la interfaz Móvil en la cual se encuentra todo el entorno de maniobra que el usuario tiene a la mano para comandar el tablero y el segundo procedimiento fue programar el Arduino para conectarse con esta interfaz.

A continuación, en la Figura 3.29 se realiza un esquema de conexión general, la cual muestra las etapas desde el celular hasta el accionamiento de la mesa o del tablero general.



Figura 3.29. Esquema de interacción.
(Fuente: Propia)

En esta comunicación el tablero remoto del laboratorio se conecta directamente con el teléfono celular, el cual a su vez visualiza una interfaz gráfica la cual se encarga de controlar el tablero del área de control del laboratorio de tecnología industrial.

El diseño y programación de la interfaz de comunicación entre el dispositivo celular y el tablero remoto planteado se la realizó en el software App Inventor 2 (IA2) creada por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), la cual ofrece el diseñador para el display que se visualiza en la pantalla, el editor de bloques que permitió programar de forma visual los algoritmos y el generador de la aplicación que genera el instalador del archivo.

- **Programación de la Interfaz**

Los lenguajes de programación que se emplearon en la creación del proyecto fueron, el Lenguaje C++ que corresponde a la programación del arduino, y el Lenguaje Visual de Bloques que corresponde a la programación de la interfaz y de la comunicación del dispositivo móvil con el arduino. A continuación en la Figura 30 se detalla el diagrama de flujo de esta última.

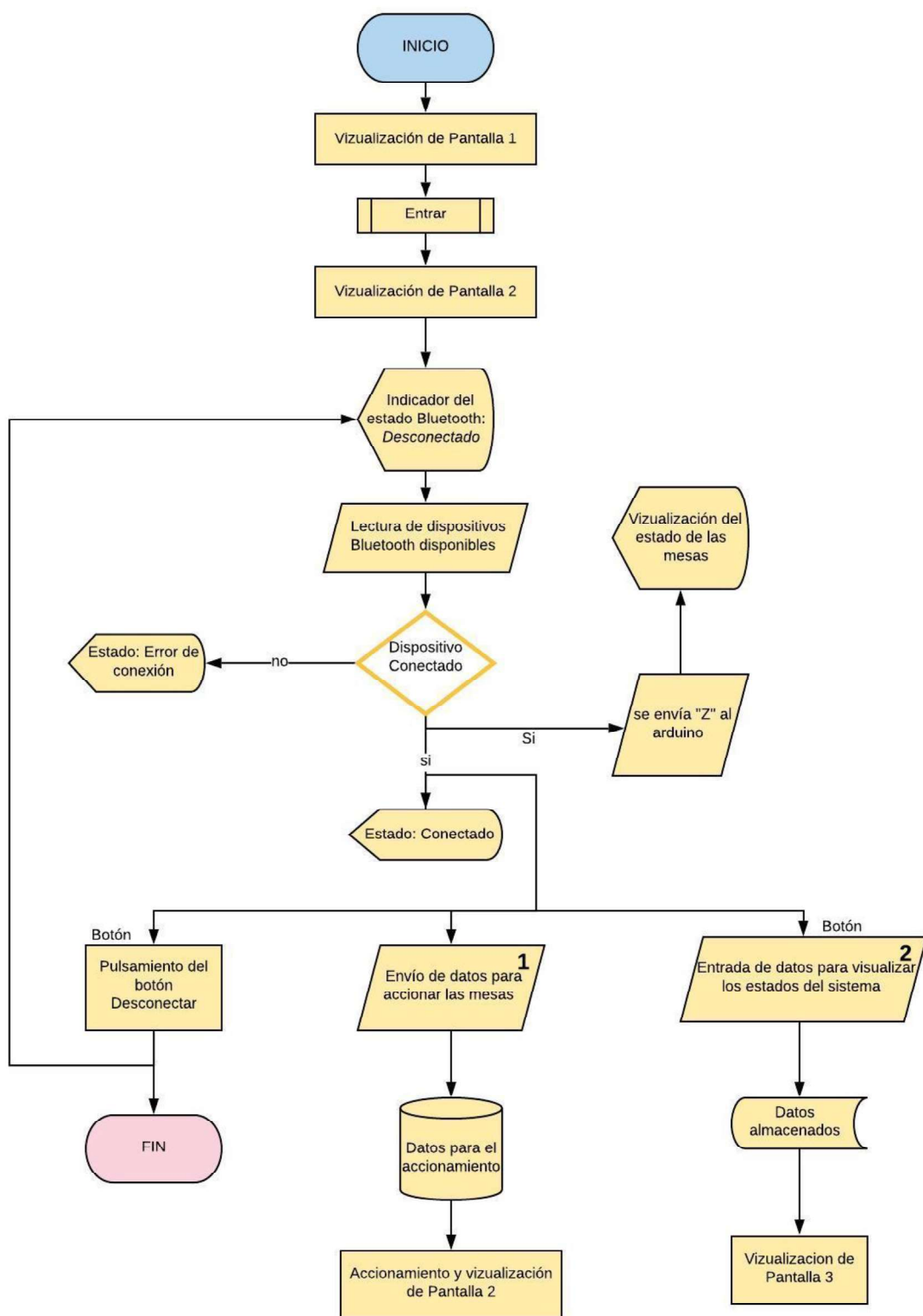


Figura 3.30. Diagrama de flujo de la programación de la Interfaz.
(Fuente: Propia)

El diagrama de flujo muestra el algoritmo en el que se basó la programación de los Bloques Visuales para la interfaz móvil y a continuación se describe en que consiste:

Cuando se inicia la aplicación, el bloque el programa se encarga de permitir que se visualice las palabras y textos requeridos, se abre la pantalla 1 e inmediatamente el texto indicador del estado del bluetooth debe decir “DESCONECTADO”, de igual forma los botones indicadores para retroceder y solicitar información deben estar ocultos con la finalidad de que se visualice lo necesario como el estado de las mesas y los textos indicadores.

Se muestra los dispositivos bluetooth disponibles en el lugar, el segundo bloque cumple con la función de conectarlo, este muestra que si la selección se lleva a cabo con éxito automáticamente el indicador de estado pasará a mostrar “CONECTADO” pero si por alguna circunstancia hay un problema en la conexión el mismo indicador de estado pasará a mostrar “ERROR DE CONEXIÓN”, si la conexión es exitosa además de mostrar conectado se envía una letra Z al Arduino para mostrar inmediatamente el estado de las mesas.

- 1: Para que las mesas se activen y desactiven al igual que el tablero general, se envían datos de salida, los cuales son receptados por el arduino para tomar la acción correspondiente. Los datos que se pueden enviar y con su respectiva función son los que se describen a continuación en la *Tabla 3.13*.

Tabla 3.13. Letras de salida con su respectiva función.

Letra (Minúscula)	Función	
	Enciende	Apaga
a	Mesa 1	
b	Mesa 2	
c	Mesa 3	
d	Mesa 4	
e	Mesa 5	
f	Mesa 6	
g	Tablero General	

Letra (Minúscula)	Función	
	Enciende	Apaga
m		Mesa 1
n		Mesa 2
o		Mesa 3
p		Mesa 4
q		Mesa 5
r		Mesa 6
s		Tablero General
	Función	
z	Muestra el estado de las mesas	

Elaboración: Propia

Tal y como se puede ver en la *tabla 3.13* los datos enviados cumplen con la función de encendido y apagado de las mesas, al momento de presionar en la interfaz el botón rojo o verde de alguna mesa, se estará enviando cualquiera de estos datos para la acción correspondiente.

- 2: Para monitoriar el tablero general y el estado de las mesas, como se puede apreciar en el diagrama se crea una lista vacía la cual contendrá las lecturas recibidas del arduino mediante el Bluetooth y dependiendo de la naturaleza de las lecturas el bloque toma una decisión y la muestra en la interfaz del celular, en pocas palabras, las lecturas provenientes del arduino son guardadas, procesadas y mostradas en la pantalla del celular con otra señaletica, es decir, si el arduino envía una letra para indicar el estado de una mesa la programación de la interfaz muestra esa letra transformada en una imagen y señal correspondiente. A continuación en la *Tabla 3.14* se muestra la letra con su respectiva función.

Tabla 3.14. Letras de entrada con su respectiva función.

Letra (Mayúscula)	Función	
	Mesa – Tablero	Estado de la mesa
A	1	Encendida
B	2	Encendida
C	3	Encendida

Letra (Mayúscula)	Función	
	Mesa – Tablero	Estado de la mesa
D	4	Encendida
E	5	Encendida
F	6	Encendida
G	Tablero General	Encendido
M	1	Apagada
N	2	Apagada
O	3	Apagada
P	4	Apagada
Q	5	Apagada
R	6	Apagada
S	Tablero General	Apagado

Elaboración: Propia

○ Programación del Arduino

El otro tipo de lenguaje que fue necesario para la ejecución del proyecto fue el Lenguaje C++ que corresponde a la programación del Arduino, el cual por medio de sus diferentes líneas de código se encarga de ejecutar las debidas órdenes, ya sea transmitiendo lecturas o accionando las mesas del laboratorio.

A continuación en la Figura 31, se muestra el diagrama de flujo que describe el algoritmo para crear las líneas de código que fueron necesarias para que el tablero cumpla con lo requerido.

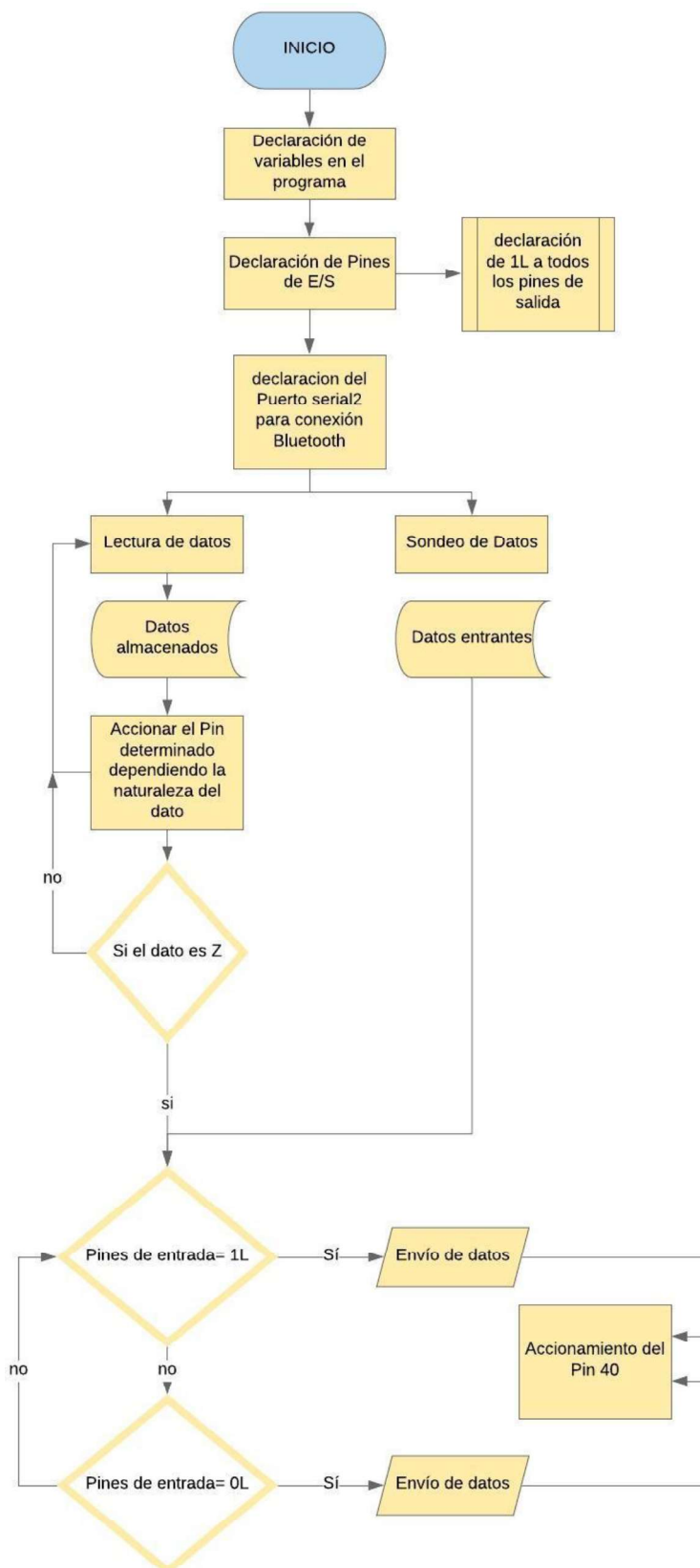


Figura 3.31. Diagrama de flujo de la programación del Arduino.
(Fuente: Propia)

El diagrama de flujo superior muestra el algoritmo en el que se basó la programación en C++ para el arduino y a continuación se describe en que consiste:

Se declaran las variables que se van a utilizar dentro del programa para así después declarar que pines del arduino funcionan como entradas y que pines funcionan como salidas, dichos pines con su detalle se muestran en la *Tabla 3.12*, al momento de realizar esta acción también se envía 1L a todas las salidas del programa para poderlas apagar debido a que las salidas funcionan con lógica inversa.

También se declara el puerto 2 para la conexión bluetooth que existe.

Se añade un bucle de lectura para leer los datos que provienen de la interfaz y dependiendo del valor de estos datos de accionan las salidas correspondientes, los datos que llegarán son los mismos que se pueden observar en la *Tabla 3.13*.

Otro bucle añadido es el de sondeo el cual al estar siempre funcionando puede monitorear el estado de las mesas de forma continua y permanente para de esta forma escribir el estado de las mesas siempre que estos cambien. Cabe mencionar que cada que un dato sea enviado o recibido acciona el pin 40 del arduino para que se encienda el led de conexión bluetooth.

○ Manejo de la Interfaz

La manipulación de la interfaz muestra en tiempo real el estado del tablero general y las mesas de trabajo como se puede ver en las Figuras 3.32 y 3.33.



Figura 3.32. Accionamiento del tablero general y las mesas 3 y 6.

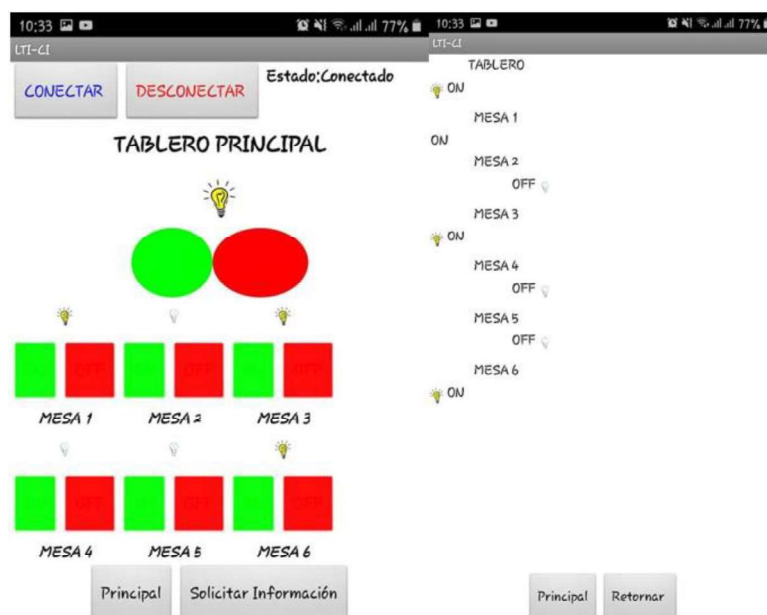


Figura 3.33. Lecturas en Tiempo real de las mesas
(Fuente: Propia)

Como se puede observar en las Figuras 3.31 y 3.32, está el tablero general y la pantalla de control con la pantalla de información de la Interfaz Móvil, en la primera figura se puede observar que el tablero general está encendido al igual que las mesas 1, 3 y 6 del laboratorio, se observa que en la pantalla de control ya aparece que dichas mesas están encendidas, esto mediante la ilustración del foco encendido de la mesa, además en la tercera imagen que corresponde a la pantalla de información de la interfaz se ve más detallado dichos estados.

Es así básicamente cómo se maneja la interfaz móvil, cabe mencionar que para accionar las mesas en la interfaz solo hace falta presionar los botones verdes o rojos de cada mesa.

3.5 Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Una vez concluida la construcción del sistema de control remoto y alcanzando con los objetivos planteados para el proyecto se procedieron a realizar las pruebas pertinentes del funcionamiento de la instalación la cual fue realizada en el área de control del laboratorio de Tecnología Industrial.

Las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento del sistema fueron las siguientes:

- Prueba de cobertura de la señal Bluetooth
- Pruebas de la parte electromecánica y electrónica del sistema

- Pruebas para las protecciones implementadas en el sistema

• Prueba de cobertura de la señal Bluetooth

Mediante la manipulación de la interfaz se procedió a probar el alcance de la señal desde diferentes puntos dentro y fuera del laboratorio con la finalidad de comprobar qué alcance tiene la señal del bluetooth y verificar que pueda funcionar en el rango de señal deseado, el cual es trabajar en cualquier punto dentro del laboratorio como mínimo.

A continuación, se detallan las tablas concernientes a esta prueba, teniendo una tabla para visualizar el resultado del alcance dentro del laboratorio y otra tabla que visualiza el resultado del alcance fuera del laboratorio en metros.

Tabla 3.15. Prueba de cobertura dentro del laboratorio.

Lugar de prueba	Áreas cubiertas	Funciona	No funciona
Laboratorio de Tecnología Industrial	Área de neumática	✓	
	Área de Control	✓	
	Área de Instrumentación	✓	

Elaboración: Propia

Tabla 3.16. Prueba de cobertura fuera del laboratorio.

Radio de prueba	Con Interferencia		Funciona	No funciona
	SI	NO		
7 Metros	✓	✓	✓	
20 metros		✓	✓	
20 metros	✓			✓
Más de 20 metros		✓		✓

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la *Tabla 3.15* la señal del bluetooth funciona en cualquier espacio del laboratorio, por ende, está bien situado ya que puede ser maniobrado desde cualquier punto dentro de sí.

Por otro lado las pruebas realizadas para la cobertura fuera del laboratorio dieron como resultado lo que se refleja en la *Tabla 3.16*, lo cual dice que hay un rango de radio seguro de operación de 7 metros fuera del laboratorio ya sea para espacios que presenten o no obstáculos o interferencias para la señal, y para un radio de 20 metros solo funciona cuando no hay interferencias, es decir, cuando no hay paredes que limiten la cobertura de la señal, y para un rango mayor a 20 metros el sistema ya queda obsoleto y sin funcionar.

Con todas las pruebas se obtuvieron los resultados deseados ya que la prioridad es que el tablero se manipule desde cualquier punto dentro del laboratorio.

○ **Prueba de la velocidad de respuesta del sistema**

Mediante la ayuda de un cronómetro y tras escuchar la respuesta de sonido que produce el sistema al accionar los relés se precedió a tomar la velocidad de respuesta con el fin de constatar que esta sea instantánea y accione los mecanismos rápidamente por si se presenta alguna emergencia y se necesite accionar el tablero general o las mesas de trabajo de manera rápida.

Tabla 3.17. Prueba de velocidad de respuesta del sistema.

Acción realizada	Enfoque	Tiempo de respuesta (ms)
<i>Activación</i>	Tablero general	170 (ms)
	Mesas de trabajo	170 (ms)
<i>Desactivación</i>	Tablero general	170 (ms)
	Mesas de trabajo	170 (ms)
<i>Monitoreo</i>	Tablero general	400 (ms)
	Mesas de trabajo	400 (ms)

Elaboración: Propia

El tiempo de respuesta tanto para la activación, desactivación y monitoreo de los lugares de trabajo es de una fracción de segundo, cumpliendo así con lo deseado ya que cada acción conlleva solo milésimas de segundos para ser ejecutadas o visualizadas. Por ende, el tiempo de respuesta es tolerable.

• **Pruebas de la parte electromecánica y electrónica del sistema**

○ **Prueba de continuidad en la distribución de conductores.**

Con un multímetro digital se verificó la correcta distribución de los cables en el sistema, tanto internos como externos del tablero, es decir, se procedió a constatar con el multímetro que el camino que siguen los cables sea el mismo que se esperaba para de esta manera asegurar la correcta disposición de estos dentro del sistema y poder garantizar la energización y des energización del tablero general y por ende de las mesas de trabajo.

Tabla 3.18. Revisión de continuidad en los circuitos de control y seguridad.

CIRCUITOS DE CONTROL			
PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS.	SISTEMA DE ENCENDIDO	SISTEMA DE APAGADO	SISTEMA DE SEGURIDAD (Interruptores de emergencia)
ALIMENTACIÓN	✓	✓	✓
MESA 1	✓	✓	✓
MESA 2	✓	✓	✓
MESA 3	✓	✓	✓
MESA 4	✓	✓	✓
MESA 5	✓	✓	✓
MESA 6	✓	✓	✓
MESA 7	✓	✓	✓
MESA 8	✓	✓	✓
TABLERO GENERAL	✓	✓	✓

Elaboración: Propia

En la tabla superior se reflejan los resultados de la prueba de continuidad realizada, se tiene que la prueba realizada tanto en la conexión de la alimentación como en la conexión para cada mesa incluyendo el sistema de seguridad que cada una de estas posee es la deseada, cumpliendo así con el requisito de continuidad.

○ **Prueba de funcionamiento de la alimentación.**

El tablero al ser un circuito Monofásico es alimentado únicamente con una fase S proveniente de la red Eléctrica y para verificar que esta tensión sea confiable se procedió a medir el voltaje L – N (Línea – neutro) en las regletas de distribución existentes en el tablero que son las que alimentan a todo el sistema de control remoto incluyendo los elementos de parte electromecánica y los del acople. En la *Tabla 3.19* se indican los valores receptados.

Tabla 3.19. Valor de la tensión

	Tensiones entre L-N (V_{AC})
Regleta de distribución (práctico)	124,9 (V _{AC})
Regleta de distribución (ideal)	127 (V _{AC})
Margen de error %	±1,65

Elaboración: Propia.

Para calcular el margen de error se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Error} = \frac{(\text{Valor ideal}) - (\text{Valor práctico})}{(\text{Valor ideal})} \cdot 100\% \quad \text{Ec.3}$$

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

- **Prueba de desenergización del sistema de control remoto.**

Toda la parte del sistema está básicamente dentro del tablero remoto, por ende, para la prueba se energiza el tablero, y desde él mismo se presiona el interruptor para poder constatar que el tablero responda inmediatamente a un paro brusco realizado.

Tabla 3.20. Prueba de funcionamiento del paro manual del sistema

Elemento	Método de accionamiento	Desenergiza	No desenergiza
Interruptor de paro del tablero	Manual	✓	

Elaboración: Propia.

Se comprueba que el paro manual del tablero funciona correctamente interrumpiendo el paso de corriente y apagando todo el sistema sin ocasionar daños o repercusiones en alguno de sus elementos internos.

- **Prueba de funcionamiento de las luces piloto**

Se energizó el sistema para poder comprobar el funcionamiento de las luces piloto con el fin de garantizar que la instalación está en las condiciones apropiadas de operación y que el elemento cumpla con el trabajo destinado dentro del sistema. A continuación en la tabla se detalla la energización de las luces como resultado de la prueba de funcionamiento.

Cabe mencionar que esta prueba también incluye las luces piloto ya existentes en el sistema de accionamiento de las mesas, es decir, también se incluyen las luces del tablero general debido a que también se maniobraron dichas terminales para la realización del proyecto.

Tabla 3.21. Revisión de funcionamiento luces piloto.

LUGAR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
LUCES PILOTO VERDES (Accionamiento de la mesa o tablero)		
Tablero General	✓	
Tablero Remoto	✓	
LUCES PILOTO NARANJA (Tablero con energía)		
Tablero General	✓	
Tablero Remoto	✓	

LUGAR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
LUZ PILOTO AZUL (conexión Bluetooth)		
Tablero Remoto	✓	
LUZ PILOTO ROJA (Tablero apagado)		
Tablero Remoto	✓	

Elaboración: Propia

Con esta prueba se verificó que las luces piloto existentes en el sistema de control remoto se encuentran en perfecto funcionamiento visualizándose en el momento indicado y previsto, ayudando al usuario a saber los estados del tablero.

• Pruebas para las protecciones implementadas en el sistema

○ Ensayo de los interruptores de emergencia del sistema

Para la verificación de los interruptores de emergencia se simuló el estado de los relés en una posición inversa a la normal y se activaron los interruptores, con el fin de tener un mecanismo de solución idóneo para el peor de los casos el cual es que los relé por un exceso de corriente puedan fundir sus accionamientos y quedar en una posición opuesta a la que debería estar normalmente, dañando así todo la conexión del funcionamiento de las mesas.

A continuación se detallan dos tablas de las cuales una representa a la prueba en el relé de encendido de las mesas o tablero *Tabla 3.22* y la otra tabla con el relé de apagado *Tabla 3.23*.

Tabla 3.22. Prueba del elemento de protección para el Relé de encendido

Mesa – Tablero	Estado del Relé (NA)	Estado del elemento de protección (NC)	Funciona	No Funciona
Tablero general	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 1	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 2	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 3	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 4	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 5	Cerrado	Abierto	✓	
Mesa 6	Cerrado	Abierto	✓	

Elaboración: Propia.

Tabla 3.23. Prueba del elemento de protección para el Relé de apagado

Mesa – Tablero	Estado del Relé (NC)	Estado del elemento de protección (NA)	Funciona	No Funciona
Tablero general	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 1	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 2	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 3	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 4	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 5	Abierto	Cerrado	✓	
Mesa 6	Abierto	Cerrado	✓	

Elaboración: Propia.

Como se observa en las tablas los interruptores cumplen con el objetivo esperado, brindando la ayuda necesaria en el caso de que algún relé se deteriore y comprometa la funcionalidad del sistema.

○ **Prueba del elementos de protección.**

Se comprobó si el elemento de protección (breaker) del tablero cortaba el paso de corriente cuando se generaba una corriente pico de cortocircuito, esta prueba se la realizó al momento de comenzar a armar físicamente el tablero uniendo la línea con el neutro y así provocando un cortocircuito intencional en el breaker, para constatar que funcione, garantizando la seguridad de las personas que interactúen con el tablero y de los elementos inmersos en el sistema.

Tabla 3.24. Revisión del elemento de protección en el tablero de control.

BREAKER	Protege	No Protege
B1	✓	

Elaboración: Propia

Como se observa en la *Tabla 3.24* el breaker que se encuentran montado en el tablero de control muestran un correcto funcionamiento en presencia de una corriente de cortocircuito, la cual fue simulada al cerrar el circuito entre dos fases (línea y neutro) lo que provocó un corte inmediatamente del suministro al sistema. Por lo que esta prueba demostró que el elemento cumple con la función por lo que fue posicionado dentro del sistema, de tal manera que brindan la seguridad apropiada al sistema.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se construyó un sistema de control remoto para el tablero del área de control del LTI de la ESFOT en un lapso de tres meses, implementando el sistema mediante una conexión bluetooth entre el dispositivo móvil y el tablero remoto instalado, el cual comanda el tablero general para poder accionar la mesas del laboratorio.
- El sistema tiene una limitación en la cantidad de dispositivos conectados, debido a que el módulo Bluetooth del Arduino permite entablar comunicación con un dispositivo móvil a la vez.
- Se programaron dos lenguajes de comunicación, uno para el arduino y otro para el dispositivo móvil que comanda el tablero, ambos lenguajes permiten el normal funcionamiento del proyecto debido a que los programas están conectados. Para el arduino se usó el lenguaje orientado a la programación de sistemas operativos, lenguaje "C++" y para el dispositivo móvil se usó el lenguaje visual de programación por bloques.
- Mediante las pruebas realizadas a cada uno de los elementos del sistema de control remoto se determinó que estos funcionan correctamente bajo las condiciones de trabajo requeridas, por ende, seguirán funcionando de manera adecuada permitiendo la conexión y accionamiento del sistema.
- De la prueba de funcionamiento se establece que todos los módulos se accionaron en los tiempos requeridos, por lo que se espera no tener ninguna falla y que las mesas podrán conmutarse a una velocidad adecuada
- De las pruebas realizadas a los interruptores de emergencia, se establece que estos funcionan de manera esperada, por lo que si se llega a tener algún inconveniente con los accionamientos del sistema estos funcionarán el tiempo necesario hasta arreglar el problema.
- Mediante la prueba de medición de distancias se definió una distancia máxima de 7(m), por lo que el sistema funcionará dentro del área de instalación del laboratorio controlando y monitoreando el tablero desde cualquier punto dentro de éste cuando se lo amerite.

- Existen algunas modificaciones para el proyecto, por lo que si se desea mejorar el mismo se puede añadir el manejo del tablero desde una red externa, es decir, sin necesidad de una conexión bluetooth o también se puede añadir otro tipo de accionamientos e incluso se puede temporizar las mesas para que trabajen en tiempos especificados.

4.2 Recomendaciones

- Un trabajo futuro del sistema es implementar la conexión inalámbrica sea por medio de una red externa y no por la conexión bluetooth para que el sistema sea manejado desde cualquier punto y no haya la necesidad de estar en la universidad para utilizarlo.
- No accionar el tablero general y las mesas de trabajo de manera indebida en la interfaz, si bien es cierto que los contactos del módulo de relés funcionan adecuadamente, el accionamiento inadecuado e indebido reduce la vida útil de los mismos.
- Usar el manual de uso y mantenimiento para extender la vida útil del sistema.
- Cumplir con la periodicidad de los mantenimientos para así evitar recurrir en alguna ocasión a mantenimientos correctivos.
- Si se tiene alguna duda en como ejecutar el mantenimiento consultar en manuales de aplicaciones similares a las del sistema de control remoto, o en su defecto buscar ayuda con el fin de estar seguros para no ocasionar problemas ni empeorar la situación.

BIBLIOGRAFÍA

- (2015). Recuperado el 06 de Agosto de 2019, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13113/Anexo%203%20MIT%20App%20Inventor%202.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Adrian López, V. G. (10 de 12 de 2010). *Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos*. Obtenido de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101296/D-CD90818.pdf>
- Cazau, P. (2006). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES* (Tercera ed.). Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 18 de Abril de 2019, de <http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>
- Cerda, L. M. (2014). *Instalaciones eléctricas y automatismos*. Madrid: Paraninfo.
- Domínguez Soriano, E. J., & Ferrer Ruiz, J. (2013). *Técnicas de corte (mecanizado básico)*. Pozuelo de Alarcón: Editex.
- Enríquez Harpe, G. (2000). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México: Limusa Norega.
- Esfot. (2 de enero de 2017). *Misión*. Obtenido de Escuela de Formación de Tecnólogos: <https://esfot.epn.edu.ec/index.php>
- García González, A. (2013 de Enero de 2013). *PANAMAHITEK*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>
- Henriquez Harper, G. (2004). *Manual de instalaciones electromecánicas*. México, D.F.: Limusa.
- IEC. (10 de 12 de 2018). *IEC Academy*. Obtenido de International Electrotechnical Commission: <https://www.iec.ch/>
- Luxor Technologies. (s.f.). *luxorTechnologies*. Recuperado el 09 de Mayo de 2018, de <http://www.luxortec.com/preguntas-frecuentes/monitoreo-remoto/>
- Marin Herrera, A. M. (2016). *Soldadura y estructuras*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de [soldadurayestructuras: http://soldadurayestructuras.com/2184323_Inicio.html](http://soldadurayestructuras.com/2184323_Inicio.html)
- Martin, J. C., & García, M. P. (2015). *Automatismos Industriales*. Madrid: Creaciones Copyright.
- Molina, J. (2013). *Apuntes de control industrial*. Quito: EPN.
- OMEGA. (s.f.). Recuperado el 09 de Mayo de 2018, de <https://mx.omega.com/technical-learning/monitoreo-remoto.html>

- Omega Engineering. (Diciembre de 2015). Recuperado el 03 de Mayo de 2018, de <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Como-aprovechar-la-tecnologia-para-monitoreo-inalambrico-en-la-industria+109270?pagina=2>
- Pérez, M. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales y variables en el tiempo*. Obtenido de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- PLC MADRID. (s.f.). Recuperado el 30 de Abril de 2019, de <https://www.plcmadrid.es/wp-content/uploads/documentacion/fichas-de-trabajo/formulas-para-calcular-la-seccion.pdf>
- Polanía Puentes, J. (s.f.). *Control de motores eléctricos*. Recuperado el 3 de noviembre de 2018, de Grupo Virtus: http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5362/mod_resource/content/1/Documentos/Documentos/unidad%205%20maquinas%20electricas%20rotativas/material%204%20motores.pdf
- Rodríguez, J. (2014). *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Madrid: Paraninfo.
- Romero, P. (2018). *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Madrid: Paraninfo.
- Siemens. (1 de noviembre de 2018). *Características generales*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de Siemens: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/logo/pages/default.aspx
- TeamVIEWER. (s.f.). Recuperado el 03 de Mayo de 2018, de https://www.teamviewer.com/es/?pid=google.r.sa.s.desk.remote_control_bmm&gclid=Cj0KCQjw5qrXBRC3ARIsAJq3bwpLy8GD5FQepPkm0XUoPEVJI3I5I2fOruUMo2URwYuEgmwzts9pCMoaAuXIEALw_wcB
- Vargas Cordero, Z. R. (2014). La investigación aplicada. *Educación*, 155-165.
- VMC. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de https://www.vmc.es/es/system/files/archivos/tabla_contactores.pdf

ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMA DE CONTROL DEL SISTEMA

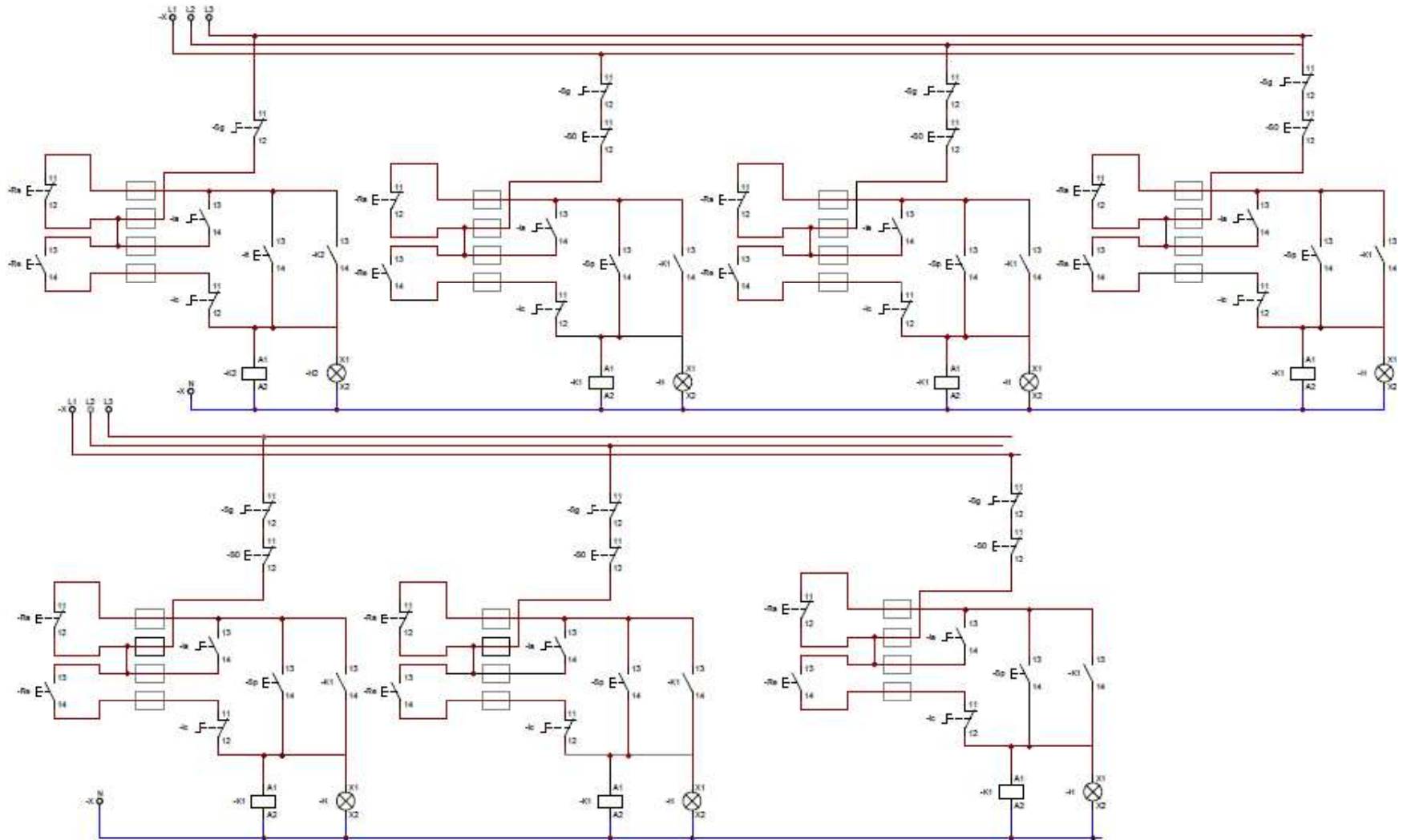


Figura A. 1: Diagrama de unifilar del tablero remoto.

ANEXO B: CERTIFICADO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LTI.

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del sistema de control remoto para el tablero del área de control del laboratorio de tecnología industrial, el cual cumple con los requerimientos de diseño y las normas de seguridad necesarias para que los estudiantes de la carrera de tecnología electromecánica usen las instalaciones sin problemas.

Ing. Pablo Proaño Chamorro

Encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial

ANEXO C: GUÍA DE USO DEL SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA EL TABLERO DEL ÁREA DE CONTROL DEL LTI



Figura C. 1: Tablero Construido

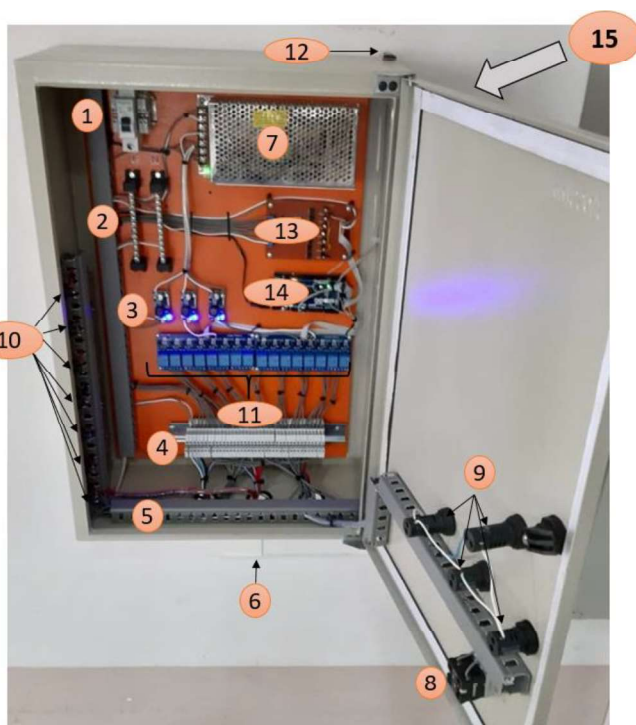


Figura C. 2

1. Breaker Schneider EZ9F56106 (Térmico-Magnético).
2. Regletas de distribución. (Neutro, Fase).
3. Reductores de voltaje de 50 (V_{DC}) a 0 (V_{DC}).
4. Borneras Industriales.
5. Canaletas Ranuradas
6. Canaletas de distribución.
7. Fuente Industrial de 120 (V_{AC}) a 12 (V_{DC}).
8. Interruptor ON – OFF 120 (V_{AC}).
9. Luces Piloto indicadoras.
10. Interruptores de emergencia (Marcha- Paro).
11. Módulo de relés.
12. Módulo Bluetooth para Arduino.
13. Módulo detector de 120 - 0 (V_{AC}) a 5 - 0 (V_{DC}).
14. Módulo de Arduino (MEGA 2560).
15. Caja metálica.

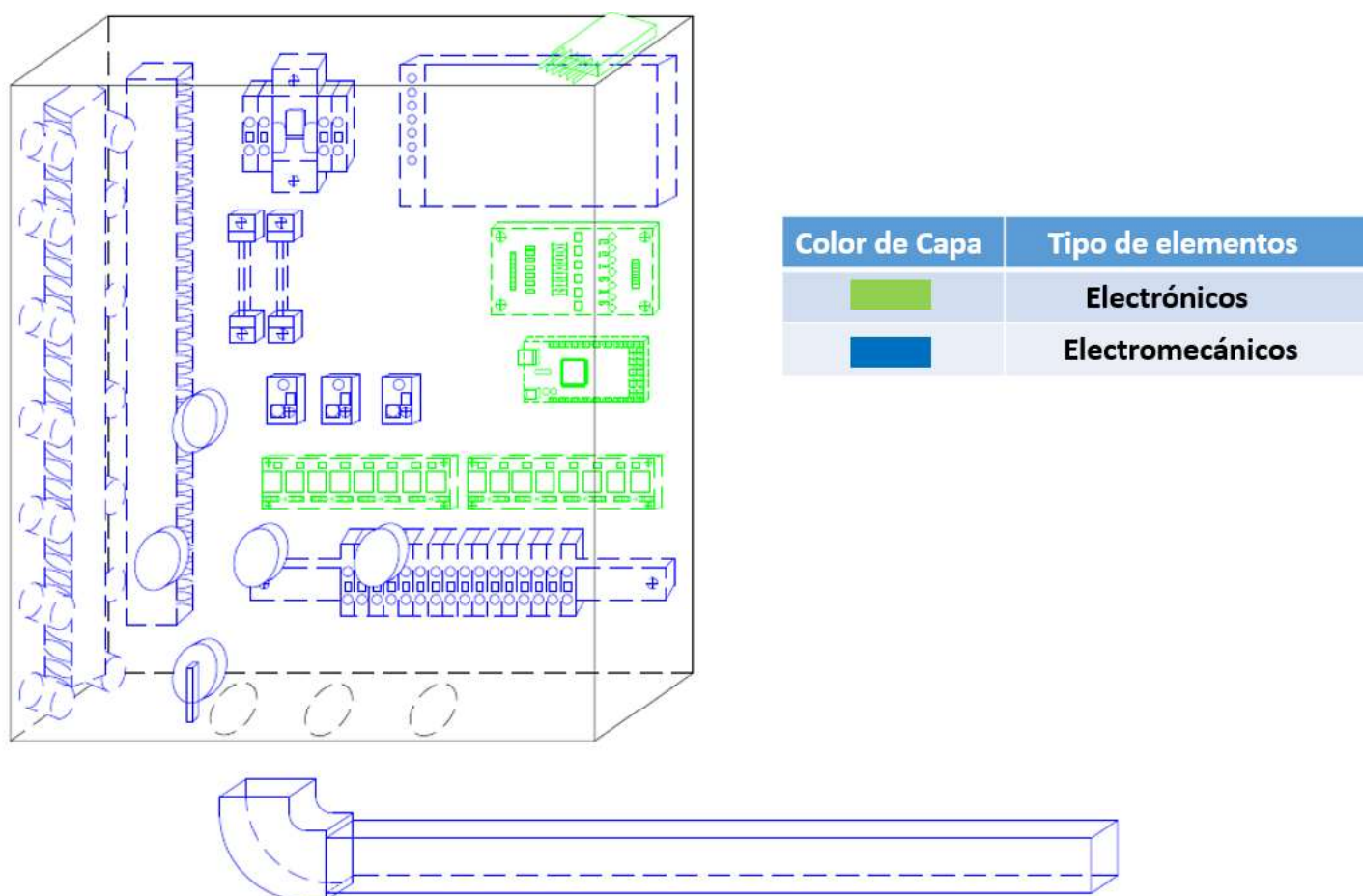


Figura C. 3: Plano del sistema del control remoto instalado. Vista por capas

Introducción

La presente guía permite al usuario conocer los pasos para establecer la comunicación entre su dispositivo móvil y el sistema instalado, además se da a conocer una introducción de la interfaz creada.

Elementos y funcionamiento del tablero

Los elementos existentes en el tablero se describen a continuación, además se muestra y se describe cada uno de ellos.

- Breaker principal de alimentación del tablero.
- Selector para encender y apagar el tablero
- Luces piloto indicadoras del estado del tablero
- Interruptores de emergencia del sistema

Breaker principal de alimentación del tablero.



Breaker principal de alimentación del tablero

Figura C. 4

Selector para encender y apagar el tablero

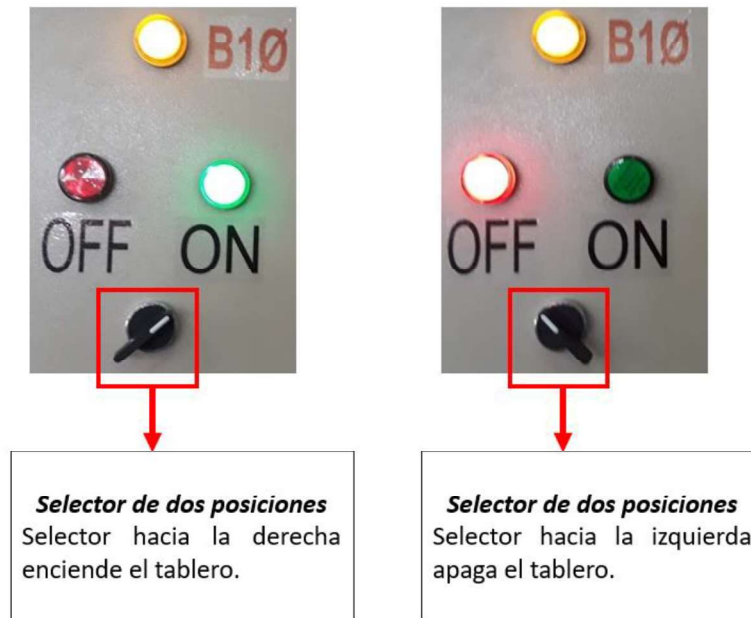


Figura C. 5

Luces piloto indicadores del estado del tablero

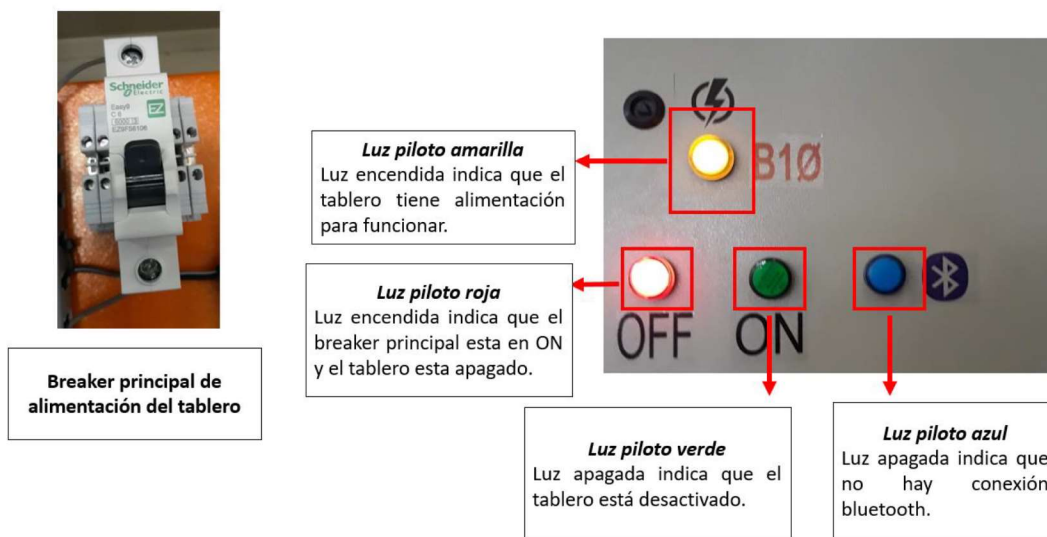


Figura C. 6

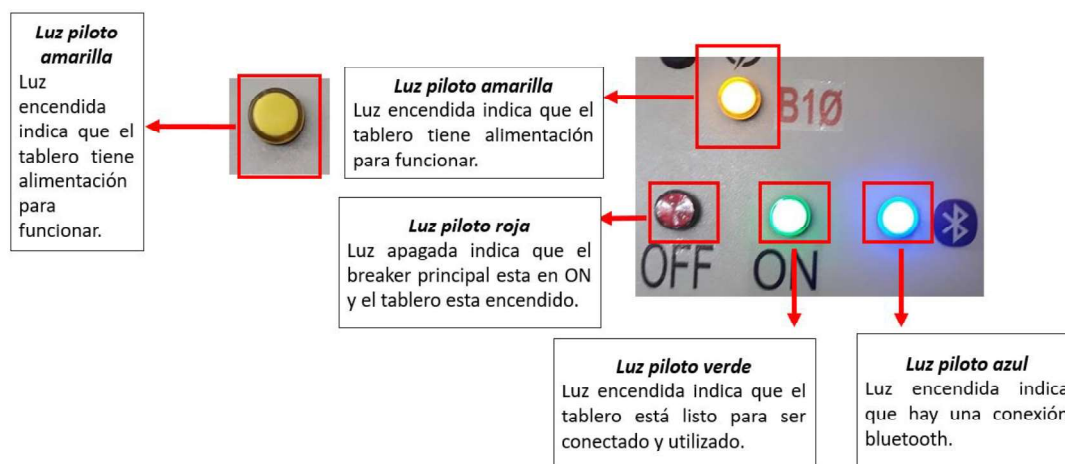


Figura C. 7



Figura C. 8

Interruptores de emergencia del sistema

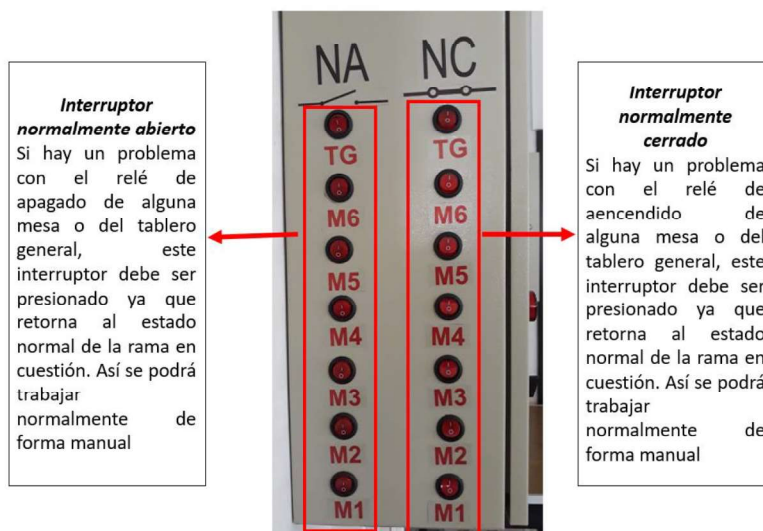


Figura C. 9

Pasos para entablar la comunicación

La comunicación entre al tablero remoto y la interfaz móvil creada para maniobrar el tablero general del control del laboratorio de Tecnología Industrial se dio mediante el Programa App Inventor 2, el cual transfiere los datos que el usuario necesita para obtener una acción por parte del tablero remoto.

A continuación, se enumeran los pasos junto con imagen demostrativa para entablar comunicación entre el tablero remoto y el dispositivo móvil:

1. Instalar la aplicación del archivo APK de nombre "Interfaz_Móvil".

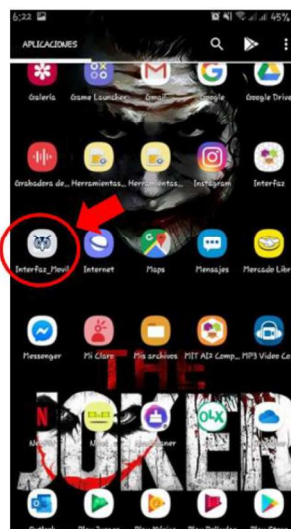


Figura C. 10

2. Conectar o encender el Bluetooth del dispositivo celular.

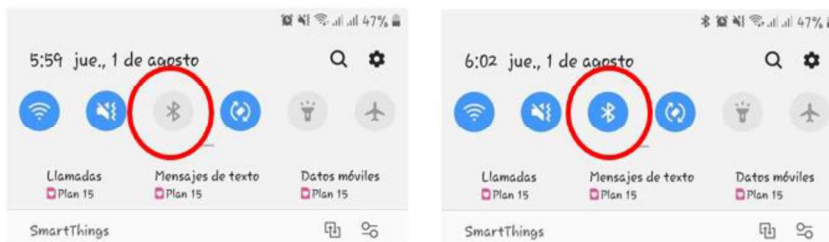


Figura C. 11

3. Buscar en dispositivos disponibles el nombre del Bluetooth que es **HC-05** y vincular utilizando la clave: 1234

(Si ya tiene vinculado el dispositivo en su teléfono vaya al numeral 5).

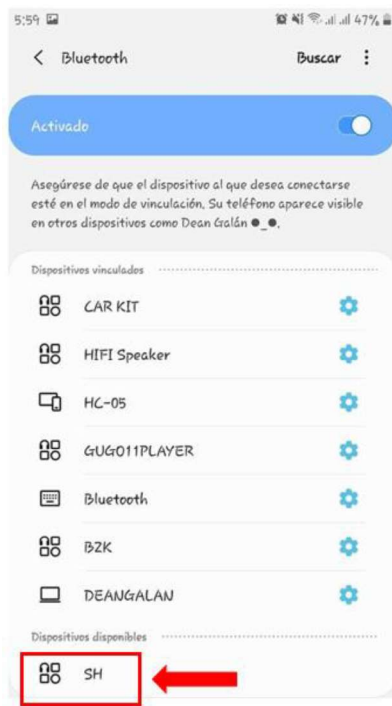


Figura C. 12

4. Al haber vinculado el dispositivo cerrar todo y dirigirse a la aplicación instalada.
5. Abrir la aplicación, dar en el botón ENTRAR y dirigirse a la opción CONECTAR de la Interfaz.



Figura C. 13

6. Buscar entre todos los dispositivos el de nombre HC-05, señalarlo y esperar unos segundos.

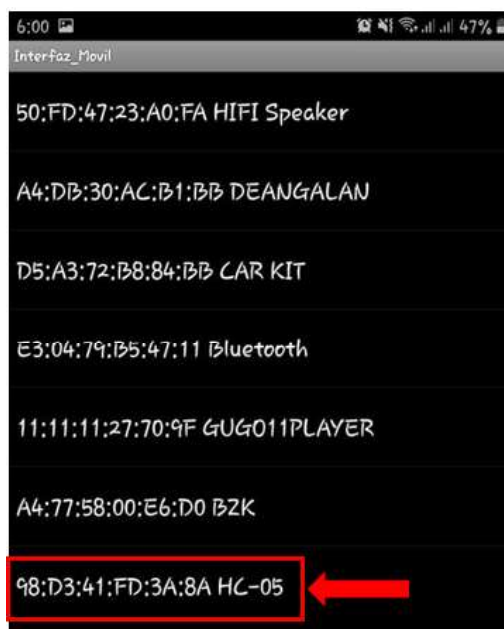


Figura C. 14

7. Una vez realizado todo correctamente, el indicador de estado de la interfaz aparecerá como conectado.

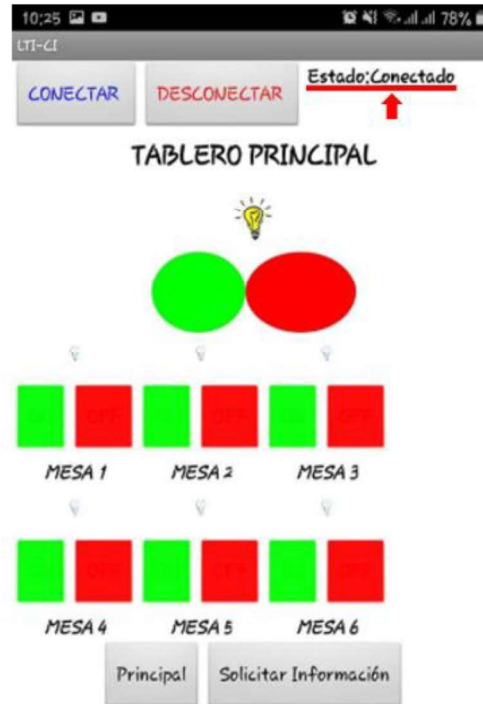


Figura C. 15

8. Usar la aplicación

Siguiendo estos pasos se logra enlazar de forma remota el tablero del área de control y el teléfono móvil utilizado.

Manejo rápido de la Interfaz

La interfaz creada para el usuario consta de 2 pantallas que interactúan entre sí dependiendo. La dos pantallas corresponden una a la vista principal de la interfaz, en la cual consta el nombre del proyecto, los datos del estudiante creador del mismo y el laboratorio en el cual está planteado el proyecto, además consta de los Logos concerniente a la Escuela Politécnica Nacional y a la ESFOT, cabe mencionar que esta pantalla se va a observar obligadamente al momento de ejecutar la aplicación.



Figura C. 16

La segunda pantalla corresponde a la manipulación del tablero de control y de las mesas en general, en esta interfaz se visualiza la conexión que el usuario debe hacer con el HC-05 para poder usar la aplicación, además posee los botones necesarios para encender lo antes mencionado, y posee los LEDs indicadores de estado arriba de cada botón, para facilitar al usuario saber el estado de las mesas o del tablero, también posee la opción de regresar a la ventana principal o acceder al monitoreo más detallado de las mesas y el tablero general.

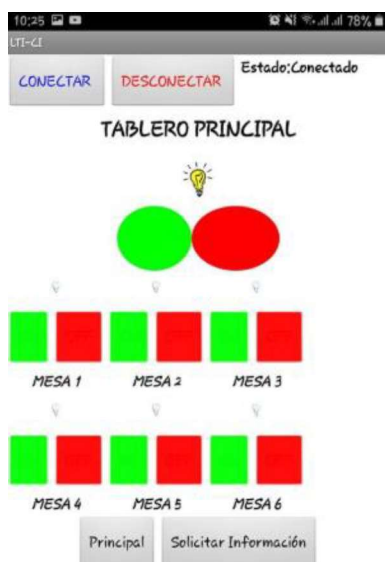


Figura C. 17

ANEXO D: PLAN DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento	Procedimiento	Periodicidad	Indicadores de fallo o fallas relacionadas
Ajuste de tornillos	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de una brocha y un desarmador tipo estrella realizar una limpieza superficial de los tornillos y apretarlos nuevamente. • En caso de presentarse corrosión en los mismos es recomendable cambiarlos. • Ajustar especialmente los tornillos de las borneras. 	Cada 2 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Óxido en los tornillos. • Altas temperaturas en los mismos. • Elementos internos del gabinete desprendidos.
Limpieza de la caja metálica	<ul style="list-style-type: none"> • Pasar una brocha para retirar los desechos sólidos cómo es el polvo. Para la parte externa del gabinete usar una franela húmeda con el fin de sacar cualquier suciedad pegada en el armazón metálico. 	Cada 2 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas visibles o notorias en el gabinete. • Salpicaduras de sustancias que comprometan la presentación estética del tablero

Mantenimiento	Procedimiento	Periodicidad	Indicadores de fallo o fallas relacionadas
Revisión de los interruptores de protección	<ul style="list-style-type: none"> • Dejar los relés en un estado inverso al que estarían normalmente y accionar los interruptores de emergencia para constatar que funcionen correctamente devolviendo a la normalidad el funcionamiento del tablero. • Mediante un multímetro realizar pruebas de continuidad en los terminales de los interruptores para constar que funcionen correctamente en los estados asignados. • Revisar visualmente que cada columna de interruptores este orientado hacia la misma dirección, es decir, que todos los que deben estar normalmente cerrados lo estén y los que deban estar normalmente abiertos también lo estén. 	Cada 5 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Cualquiera de las mesas o el tablero general no quieran encenderse o apagarse.
Revisión de los contactos de los 15 relés del sistema de control remoto	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante un multímetro medir el voltaje de suministro en los contactos de cada relé. • Además verificar su estado al dejarlo energizado por un lapso de tiempo amplio 	Cada 3 meses o cada 500 horas de uso	<ul style="list-style-type: none"> • Las mesas o el tablero general no quieren encender o no quieren apagarse. • Olor a caucho quemado proveniente del interior del gabinete.
Revisión del selector	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar y verificar con cuidado que cada lado del selector se encuentre aislado entre sí. 	Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • La luces piloto de encendido y apagado del sistema no se encienden.

Mantenimiento	Procedimiento	Periodicidad	Indicadores de fallo o fallas relacionadas
Verificación del funcionamiento de las luces piloto	<ul style="list-style-type: none"> • Visualmente comprobar la energización de las luces. • Medir el voltaje en los terminales de cada luz. 	Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Las luces piloto del sistema no se encienden. • El sistema no quiere encenderse o se apagó repentinamente.

Tabla D. 1

Fallas comunes
<ul style="list-style-type: none"> • Si al momento de conectar la interfaz con el modulo bluetooth, ésta no se actualiza inmediatamente, por favor desconéctese y vuélvase a conectar.
<ul style="list-style-type: none"> • Si no se logra entablar la comunicación con el módulo bluetooth, posiblemente sea porque otro usuario está conectado, por favor constate que no haya nadie más conectado.
<ul style="list-style-type: none"> • Si alguna mesa o el tablero general no quieren encender o apagarse por favor revise que los interruptores de emergencia estén correctamente posicionados.
<ul style="list-style-type: none"> • Si no está encendida ninguna luz piloto en el tablero es porque no hay alimentación de la red o el interruptor trifásico que está dentro del tablero general está apagado.
<ul style="list-style-type: none"> • Si el tablero tiene alimentación pero no enciende ninguna luz piloto es porque el breaker general dentro del tablero remoto está apagado.

Tabla D. 2

Recomendación de mantenimiento:

- En el plan de mantenimiento se recomienda realizar cada acción en intervalos de 6 meses o en el mínimo de 2 meses, pero si es posible realice en lapsos de tiempos inferiores para evitar inconvenientes.
- Cumplir con la periodicidad de los mantenimientos para así evitar recurrir en alguna ocasión a mantenimientos correctivos.
- Si se tiene alguna duda en como ejecutar el mantenimiento consultar en manuales de aplicaciones similares a las del sistema de control remoto, o en su defecto buscar ayuda con el fin de estar seguros para no ocasionar problemas ni empeorar la situación.