

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (LTI-ESFOT)

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

Lenin Fabrizio Maila Criollo

lenin.maila@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO, MSC.

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, mayo del 2021

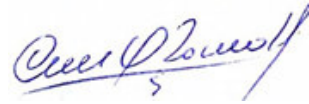
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Lenin Fabrizio Maila Criollo, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro

DIRECTOR DEL PROYECTO



**Ing. Carlos Orlando Romo
Herrera**

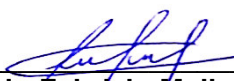
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Lenin Fabrizio Maila Criollo con CI: 1724806755 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Lenin Fabrizio Maila Criollo

CI: 1724806755

Teléfono: (02) 343 2180

Correo: lenin.maila@epn.edu.ec

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme salud, sabiduría y fuerzas en los momentos más difíciles y así poder salir adelante.

A mis padres por todo el esfuerzo y apoyo que me han dado incondicionalmente en mi formación académica, por todos los consejos y enseñanzas que me ayudaron a salir adelante.

A todos los ingenieros que con sus enseñanzas, consejos y conocimientos me ayudaron en mi formación académica.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera me brindaron su ayuda y apoyo durante mi estadía en la ESFOT.

Finalmente, quiero agradecer al Ing. Pablo Proaño por guiarme durante todo el desarrollo de la tesis, donde adquirí nuevos conocimientos que me sirvieron en mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	3
	Objetivo general	3
	Objetivos específicos	3
2	Metodología.....	4
2.1	Descripción de la metodología usada	4
3	Resultados y discusión.....	6
3.1	Estudio de requerimientos y estado para las mesas de trabajo.	7
3.2	Estructura	7
3.3	Parte electrónica	9
3.4	Parte eléctrica	15
3.5	Pruebas y Análisis de Resultados	19
	Prueba de continuidad.	19
	Prueba de voltajes de salida.....	20
	Prueba de voltímetros.....	22
	Prueba de los breaker's.....	23
	Prueba de botón de paro.....	24
3.6	Manual de Usuario y Mantenimiento	25
4	Conclusiones y recomendaciones.....	26
4.1	Conclusiones.....	26
4.2	Recomendaciones	27
5	Referencias bibliográficas.....	28
	ANEXOS.....	I
	Anexo 1: Certificado de funcionamiento.....	II
	Anexo 2: Estructura de la mesa.....	IV
	Anexo 3: Portada de la mesa.....	VI

Anexo 4: Circuitos electrónicos modificados parte 1.....	VIII
Anexo 5: Circuitos electrónicos modificados parte 2.....	X
Anexo 6: Circuitos electrónicos modificados parte 3.....	XII
Anexo 7: Diagrama de control del tablero principal.....	XIV
Anexo 8: Diagrama unifilar del sistema de potencia.....	XVI
Anexo 9: Manual de usuario y mantenimiento.....	XVIII

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Descripción de partes de la mesa de trabajo.....	6
Figura 3.2	Área de análisis Instrumental.....	7
Figura 3.3	Boceto de la portada de la mesa de trabajo.....	8
Figura 3.4	Modelo del plano esquemático.....	8
Figura 3.5	Estructura de la mesa ensamblada y pintada.....	9
Figura 3.6	Circuitos de protección, maniobra y señalización.....	10
Figura 3.7	Circuito conversor de una fuente de voltaje a una fuente variable de corriente.....	10
Figura 3.8	Circuito de protección del puerto USB.....	10
Figura 3.9	Circuito conversor de una fuente fija de voltaje a una fuente variable de voltaje.....	11
Figura 3.10	Circuitos de protección, maniobra y señalización de la fuente de -5 (V _{DC}).11	
Figura 3.11	Placa en ARES.....	12
Figura 3.12	Circuito en la placa PCB.....	12
Figura 3.13	Vista inferior de la placa.....	13
Figura 3.14	Vista superior de la placa.....	13
Figura 3.15	Cable UTP soldado en los componentes empotrados.....	14
Figura 3.16	Etiquetado de cables de la parte eléctrica.....	19
Figura 3.17	Prueba de continuidad.....	20
Figura 3.18	QR con el video del manual de usuario.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Corrientes de los fusibles dimensionados para las fuentes de voltajes DC.	15
Tabla 3.2	Estudio de las posibles cargas.....	15
Tabla 3.3	Caída de tensión máxima admisible por categoría.....	17
Tabla 3.4	Equivalencia de AWG a mm ²	18
Tabla 3.5	Mediciones de voltajes y corrientes DC.....	21
Tabla 3.6	Porcentaje de error de las fuentes de voltajes y corrientes DC.....	21
Tabla 3.7	Rangos de tolerancias y valoraciones.....	22
Tabla 3.8	Voltajes AC medidos de tomacorrientes.....	22
Tabla 3.9	Resultados de las mediciones.....	23
Tabla 3.10	Verificación del funcionamiento de los breaker's en forma manual.....	23
Tabla 3.11	Resultados obtenidos de la prueba de los cortocircuitos en los breaker's.	24
Tabla 3.12	Resultados de funcionamiento del botón de paro.....	24

RESUMEN

El presente proyecto de titulación “CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (LTI-ESFOT)”, pretende ayudar a los estudiantes de las carreras de Tecnología en Electromecánica (EM), Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones (ET), Tecnología Superior en Electromecánica (TSEM) y Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones (TSRT), a realizar prácticas de implementación de circuitos eléctricos y electrónicos, debido a que el Área de Análisis Instrumental contaba con 4 mesas de trabajo, las cuales no eran suficientes debido al número de estudiantes y prácticas que tenían que realizar para obtener un conocimiento más sólido de las diversas materias.

A continuación, se detallan los principales capítulos que abarca el presente documento.

El capítulo uno trata sobre la introducción, en la cual se incluye el planteamiento del problema, la justificación por la cual se hizo el proyecto, los objetivos y conceptos generales.

En el capítulo dos, se explican la metodología usada en el proyecto y las actividades necesarias que se realizaron para cumplir con los objetivos planteados.

En el capítulo tres de resultados y discusiones, se encuentra el siguiente contenido: el estudio de requerimientos y estado para las mesas de trabajo, como se realizó la estructura, como se implementó la parte eléctrica y electrónica, las pruebas de funcionamiento y análisis de resultados y finalmente, el manual de usuario y mantenimiento.

Finalmente, en el capítulo cuatro se encuentran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la realización del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Control, instrumentación, amplificadores, industrial, laboratorio.

ABSTRACT

The present degree project "CONSTRUCTION OF 4 WORKING TABLES FOR THE AREA OF INSTRUMENTAL ANALYSIS OF THE INDUSTRIAL TECHNOLOGY LABORATORY (LTI-ESFOT)", aims to help students of the careers of Technology in Electromechanics (EM), Technology in Electronics and Telecommunications (ET), Superior Technology in Electromechanics (TSEM) and Superior Technology in Networks and Telecommunications (TSRT) to carry out more practices of implementation of electrical and electronic circuits, because the Instrumental Analysis Area had 4 work tables, which were not enough due to the number of students and practices that they had to carry out, to obtain a more solid knowledge of the various subjects.

The main chapters covered in this document are detailed below.

Chapter one deals with the introduction, which includes the approach to the problem, the justification for the project, the objectives and general concepts.

In chapter two, the methodology used in the project and the necessary activities that were carried out to meet the objectives set.

In chapter three of results and discussions, you will find the following content: the study of requirements and status for the work tables, how the structure was made, how the electrical and electronic part was implemented, the performance tests and analysis of results and finally the user and maintenance manual.

Finally, chapter four contains the conclusions and recommendations obtained during the project.

KEYWORDS: Control, instrumentation, amplifiers, industrial, laboratory.

1 INTRODUCCIÓN

La presente tesis pertenece a un grupo de proyectos que se realizaron por la necesidad de disponer de una Área de Análisis Instrumental en el Laboratorio de Tecnología Industrial, los señores Andrés Arregui e Israel Bastidas construyeron el tablero de control y el señor Michael Troncozo construyó las mesas de trabajo 1, 2, 3 y 4.

La tesis actual trata de la construcción de las mesas de trabajo 5, 6, 7 y 8. Las cuales ayudarán a realizar prácticas de implementación de circuitos eléctricos y electrónicos, a los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT).

Las mesas tienen las siguientes características:

- Fuentes de voltajes de corriente continua (V_{DC}) de 3.3 (V_{DC}), ± 5 (V_{DC}) y ± 12 (V_{DC}).
- Fuente variable de voltaje DC de 1.3 (V_{DC}) a 10.8 (V_{DC}).
- Fuente variable de corriente de 0 (mA) a 20 (mA).
- Voltímetro con rango de medición de 0 (V_{DC}) a 45 (V_{DC}).
- 2 puertos USB.
- Cajetín para puertos de conexión Ethernet.
- Tomacorriente de 127 (V_{AC}).
- Luces piloto.
- Botón de paro.
- Breaker.

Las mesas se encuentran ubicadas en el área derecha del laboratorio de Tecnología Industrial, en donde se dispone de un espacio total de 8.80 (m) de longitud y 3.10 (m) de ancho, el espacio previsto para cada área de trabajo en de 1.53 (m) de longitud y 0.62 (m) de ancho en donde podrán trabajar de 2 a 3 estudiantes, este proyecto se desarrolló en el interciclo del semestre 2017 A.

En el **Anexo 1**, se encuentra el certificado de funcionamiento, el cual avala el correcto funcionamiento de las mesas de trabajo para la realización de prácticas.

1.1 Planteamiento del problema

La instrumentación actualmente es muy importante en las industrias de los productos alimenticios, de las centrales generadoras de energía, de los tratamientos térmicos, etc. Debido a que permiten convertir, transmitir, revisar, registrar y controlar todas las magnitudes físicas que influyen en los procesos y que pueden afectar a estos y por lo

tanto se garantiza la calidad, la viabilidad y la seguridad de los productos, así mismo la economía de las empresas y los factores medioambientales serán más favorables. [1]

El personal técnico a cargo de convertir las magnitudes físicas de los diversos procesos industriales a unidades de medida debe tener conocimientos sólidos, debido a que tienen que cumplir con estándares como la exactitud, alcance, precisión, etc. Para obtener calidad en los productos y el proceso. [2]

El Área de Análisis Instrumental del Laboratorio de Tecnología Industrial de la Escuela de Formación de Tecnólogos (LTI-ESFOT), contaba con 4 mesas de trabajo, las cuales no eran suficientes debido a que existe en la actualidad un total de 440 estudiantes registrados en las carreras de Tecnología en Electromecánica (EM), Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones (ET), Tecnología Superior en Electromecánica (TSEM) y Tecnología Superior en Redes Y Telecomunicaciones (TSRT), de acuerdo al Sistema de Admisión e Información Estudiantil (SAEW), en el semestre 2020-B. [3]

El proyecto “Construcción de 4 Mesas de Trabajo para el Área de Análisis Instrumental del Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI-ESFOT)” espera ayudar a los estudiantes de las carreras de tecnologías en EM, ET, TSEM, TSRT, a realizar más prácticas de implementación, control, medición y acondicionamiento de circuitos eléctricos y electrónicos, con lo que se ayudará a mejorar el conocimiento teórico mediante la práctica.

1.2 Justificación

El presente proyecto “Construcción de 4 Mesas de Trabajo para el Área de Análisis Instrumental del Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI-ESFOT)”, es una contribución que beneficia a los estudiantes de las carreras de EM, ET, TSEM, TSRT, debido a que podrán realizar más prácticas de acondicionamiento de circuitos eléctricos y electrónicos, con su respectiva medición, calibración y comprobación de las diferentes magnitudes que intervengan en estos.

La práctica es una actividad importante en el aprendizaje de los estudiantes, pues mediante esta los estudiantes experimentarán y descubrirán nuevos conocimientos a base de cometer errores y aprender de ellos, también se familiarizarán con el manejo de instrumentos y equipos eléctricos y electrónicos, que se utilizan en el campo de la industria. [4]

También a nivel emocional los estudiantes desarrollarán habilidades, que contribuyen a la formación de ejes transversales como el desarrollo de la comunicación, el trabajo en

equipo y roles de liderazgo de un grupo, los cuales ayudarán a la formación que un estudiante politécnico debe tener. [5]

1.3 Objetivos

Objetivo general

Construir 4 mesas de trabajo para el Área de Análisis Instrumental del Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI-ESFOT).

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de requerimientos y estado para las mesas de trabajo.
- Construir la estructura.
- Implementar la parte electrónica.
- Implementar la parte eléctrica.
- Realizar pruebas y análisis de resultados.
- Realizar un manual de usuario y mantenimiento.

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

La primera fase del proyecto fue definir los requerimientos necesarios para las mesas de trabajo, por lo que primero se enlistó los voltajes DC que se requieren para la realización de las prácticas, los cuales fueron de $3.3 (V_{DC})$, $\pm 5 (V_{DC})$, $\pm 12 (V_{DC})$, una fuente variable de voltaje, una fuente variable de corriente, puertos USB de $+ 5 (V_{DC})$, luego se procedió a enlistar los componentes eléctricos como cables, tomacorriente, luces piloto, botón de paro y también componentes electrónicos como resistencias, circuitos integrados, potenciómetros, etc. Esto se pudo hacer gracias a la ayuda del profesor a cargo de Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI) y del director de tesis, luego se procedió a medir el espacio destinado para las 4 mesas de trabajo para dividir en espacios iguales y que puedan estar de 2 a 3 estudiantes. Por último, se definió la medida de la mesa, teniendo en cuenta los componentes que van a tener y el espacio destinado.

La segunda fase consistió en construir las estructuras de las 4 mesas de trabajo, por lo que primero, se procedió a diseñar la portada de las mesas en el programa de dibujo AutoCAD, teniendo en cuenta las medidas anteriormente definidas, luego se procedió a medir los componentes que van a ir empotrados con un calibrador pie de rey, para proceder a realizar la portada en 2D con su respectiva rotulación en medidas reales, una vez definida la portada se procedió a realizar las estructuras de las mesas, en el mismo programa en medidas reales. Por último, los diseños a medidas reales se plasmaron en madera, para luego ser ensambladas y pintadas.

En la tercera fase se implementó la parte electrónica, por lo que primero se procedió a diseñar el circuito electrónico en el programa Proteus ISIS, en donde se simuló como van a funcionar los circuitos, una vez obtenido el circuito correcto se procedió a pasar a ARES. El circuito en ARES sirvió para imprimir en una placa PCB, luego se realizaron los cálculos de las protecciones electrónicas (fusibles), después se soldó todos los componentes electrónicos de la placa PCB como son: circuitos integrados, resistencias, borneras, etc. Después se soldó el cable UTP sólido desde la placa hasta los componentes empotrados en la mesa, los cuales son: led's, portafusibles, potenciómetros, voltímetro, interruptores, etc. Por último, se alimentó la placa con las salidas de los voltajes DC de la fuente de poder y se señaló los cables.

La cuarta fase fue implementar la parte eléctrica, por lo que primero se procedió a realizar el cálculo de los breaker's, luego se realizó el cálculo del conductor a usar,

después se colocó borneras de empalmes, en las derivaciones del tablero principal hasta las mesas de trabajo y de estas se procedió a conectar los componentes eléctricos a ser empotrados en la mesa, los cuales son: tomacorriente, luces piloto, botón de paro, etc. Por último, se señalaron todos los cables.

La quinta fase fue realizar pruebas y el análisis de resultados, por lo que primero se procedió con la parte eléctrica en donde con la ayuda de un multímetro se procedió a ver si hay continuidad en los cables, después se realizó mediciones de los voltajes AC de las mesas, también se verificó el correcto funcionamiento de las luces piloto y del botón de paro, después se procedió con la parte electrónica en donde primero se comprobó continuidad en los cables, luego se realizó mediciones de los voltajes DC, tanto en la placa, como en las borneras empotradas en las mesas. Por último, se comprobó el correcto funcionamiento de los interruptores y led's.

La última fase fue realizar un manual de usuario y mantenimiento, en el manual de usuario contiene las especificaciones de cómo utilizar las mesas de trabajo y de los voltajes que dispone y el manual de mantenimiento contiene los tiempos de ejecución para realizar mantenimiento preventivo y si el mantenimiento es correctivo, cuál puede ser la causa de la falla y que hacer para arreglarla.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente proyecto tiene la finalidad de proveer a los estudiantes de la ESFOT, las herramientas eléctricas y electrónicas necesarias, las cuales permitan realizar prácticas de implementación y calibración de circuitos electrónicos.

A continuación, se describen las especificaciones técnicas de la mesa de trabajo, el proyecto final se observa en la **Figura 3.1**.

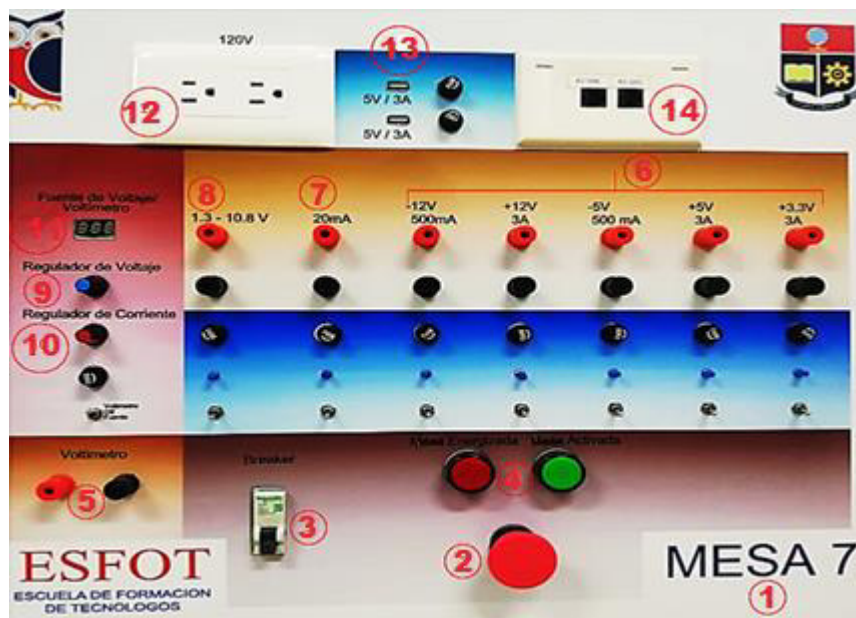


Figura 3.1 Descripción de partes de la mesa de trabajo.

- 1) Numeración de la mesa.
- 2) Botón de paro.
- 3) Breaker de 6 (A).
- 4) Luces piloto.
- 5) Borneras del voltímetro.
- 6) Fuentes de voltaje de 3.3 (V_{DC}), 5 (V_{DC}), -5 (V_{DC}), 12 (V_{DC}) y -12(V_{DC}).
- 7) Fuente de corriente regulable de 0 (mA) a 20 (mA).
- 8) Fuente de voltaje regulable de 1.2 (V_{DC}) a 10.8 (V_{DC}).
- 9) Regulador de voltaje.
- 10) Regulador de corriente.
- 11) Display del voltímetro.
- 12) Toma de voltaje de 127 (V_{AC}).
- 13) Toma de voltaje USB 5 (V_{DC}).
- 14) Toma de puertos Ethernet.

3.1 Estudio de requerimientos y estado para las mesas de trabajo.

Se midieron las dimensiones del área de análisis instrumental, donde se determinó que tiene 8.8 (m) de largo y 3.10 (m) de ancho, tomando en cuenta el espacio destinado para las 4 mesas de trabajo y que en cada lugar de trabajo deben estar de 2 a 3 estudiantes, se establecieron las medidas de 1.53 (m) de longitud y 0.62 (m) de ancho por puesto de trabajo. Una vez establecidas las medidas se procedió a realizar un plano del área de análisis instrumental completo.

A continuación, en la **Figura 3.2** se muestra el área de análisis instrumental con las medidas establecidas por puesto de trabajo, las medidas están en (cm).

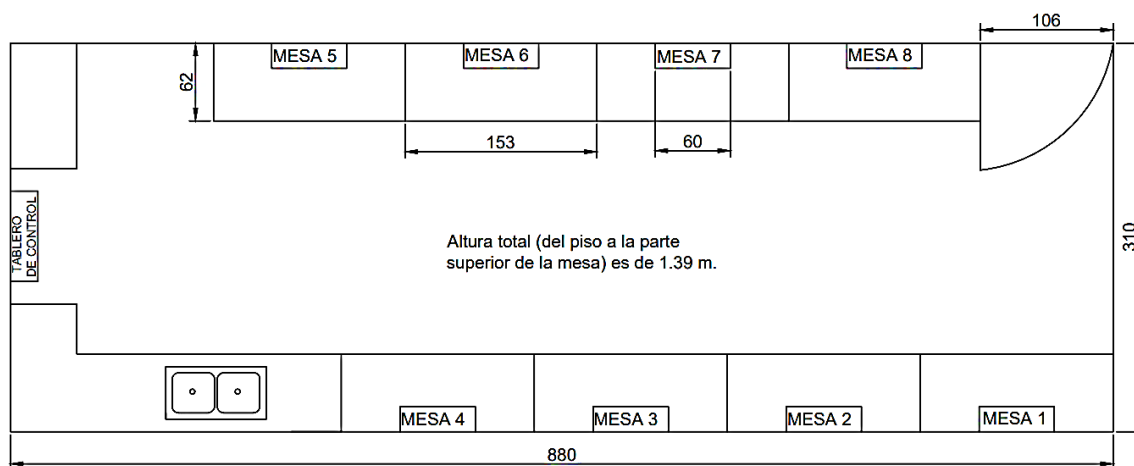


Figura 3.2 Área de análisis Instrumental.

Luego, se consultó al docente a cargo del Laboratorio de Tecnología Industrial y al director de tesis, qué circuitos integrados se usan para la realización de prácticas en el área de análisis instrumental, por lo que se estableció que las mesas deben tener voltajes DC de $\pm 5 (V_{DC})$, $\pm 12 (V_{DC})$, $+ 3.3 (V_{DC})$, fuente variable de voltaje, fuente variable de corriente, 1 voltímetro DC, puertos USB, tomacorriente de 127 (V_{AC}), luces piloto, botón de paro y un cajetín en donde se conectará un puerto Ethernet, con lo que se establece que las medidas de las mesas sean de 0.60 (m) de ancho, 0.50 (m) de alto y 0.20 (m) de profundidad.

3.2 Estructura

Después de obtener las medidas, se procedió a realizar un boceto de la portada de la mesa de trabajo en el programa de dibujo AutoCAD, el cual se observa en la **Figura 3.3**, en donde se tomó en cuenta las medidas reales de los componentes a empotrarse en la mesa, los cuales se midieron con un calibrador pie de rey.



Figura 3.3 Boceto de la portada de la mesa de trabajo. [6]

Luego, se procedió a realizar el plano esquemático en AutoCAD con las medidas determinadas, en la **Figura 3.4**, se muestra un modelo, pero por cuestión de comodidad para la instalación de los componentes a empotrarse y el mantenimiento, se realizó con cubiertas a los costados, el modelo que se utilizó se muestra en el **Anexo 2**, en donde se observa la vista isométrica lateral de la estructura de la mesa.

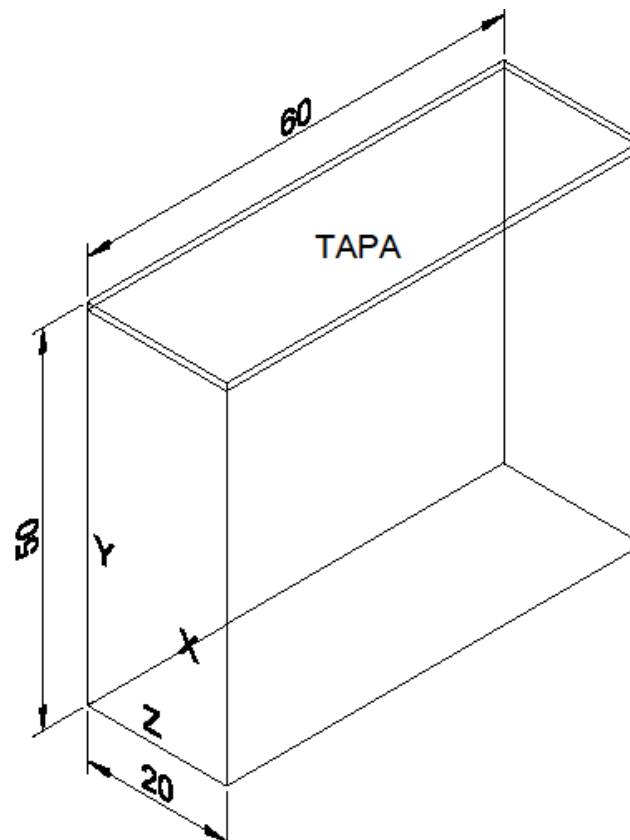


Figura 3.4 Modelo del plano esquemático.

Se determinó el diseño de la portada, la cual se muestra en el **Anexo 3**.

Se procedió a plasmar el diseño de la estructura en madera con las medidas reales y diseño virtual realizado en AutoCAD.

Para la construcción de la estructura de las mesas se utilizó madera de tipo MDF de 0.9 (cm) de grosor, mientras que para las cubiertas de los costados se utilizó madera de tipo triplex de 0.4 (cm) de grosor.

En la **Figura 3.5**, se muestra la estructura de la mesa ensamblada y pintada de color gris, además de los agujeros para empotrar a los componentes eléctricos y electrónico.



Figura 3.5 Estructura de la mesa ensamblada y pintada.

Por último, la portada que se muestra en el **Anexo 3**, fue impresa en vinil y pegada en la estructura de la mesa.

3.3 Parte electrónica

Se empezó con el diseño de los circuitos electrónicos en el programa Proteus 8, en donde se procedió a simular en ISIS todos los circuitos que están destinados a implementarse en la mesa.

En la **Figura 3.6**, se observan los circuitos de protección, maniobra y señalización de las fuentes DC de 3.3 (V_{DC}), +5 (V_{DC}) y ± 12 (V_{DC}).

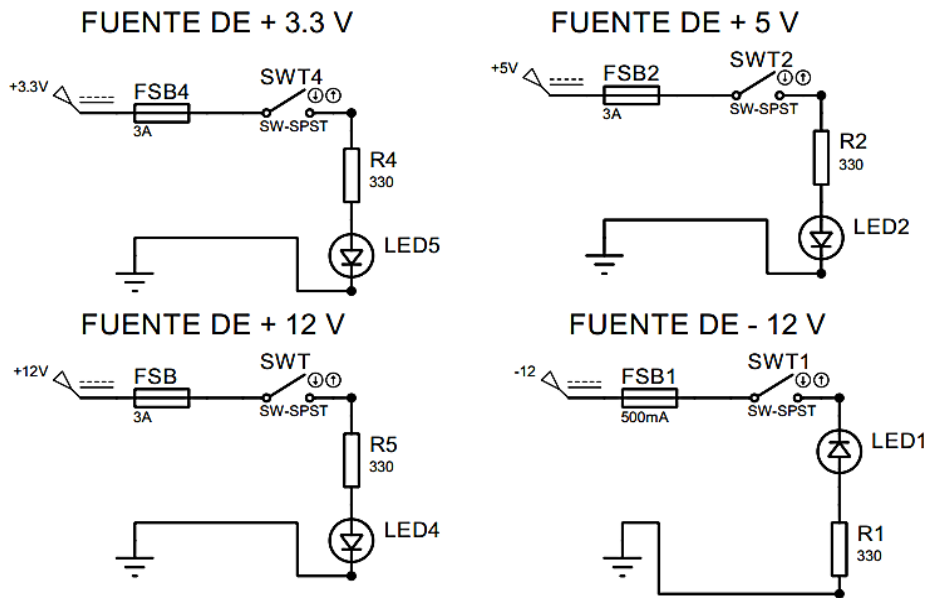


Figura 3.6 Circuitos de protección, maniobra y señalización.

En la **Figura 3.7**, se observa el circuito convertidor de una fuente de voltaje a una fuente variable de corriente de 0 (mA) a 20 (mA), el cual se realizó con amplificadores operacionales LM741. [7]

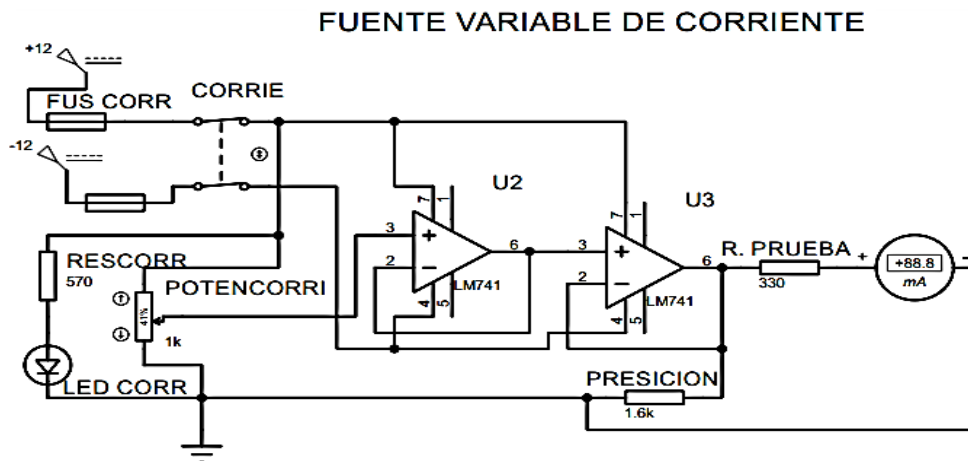


Figura 3.7 Circuito convertidor de una fuente de voltaje a una fuente variable de corriente.

En la **Figura 3.8**, se observa el circuito de protección del puerto USB.

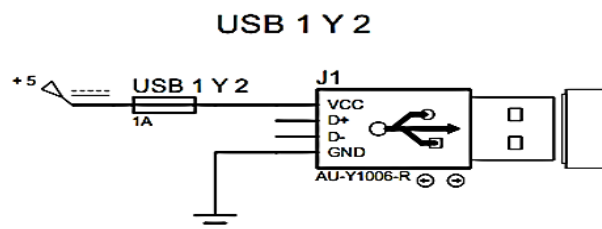


Figura 3.8 Circuito de protección del puerto USB.

En la **Figura 3.9**, se observa el circuito conversor de una fuente fija de voltaje a una fuente variable de voltaje de 1.3 a 10.8 (V_{DC}), el cual se realizó con el circuito integrado LM317T. [8]

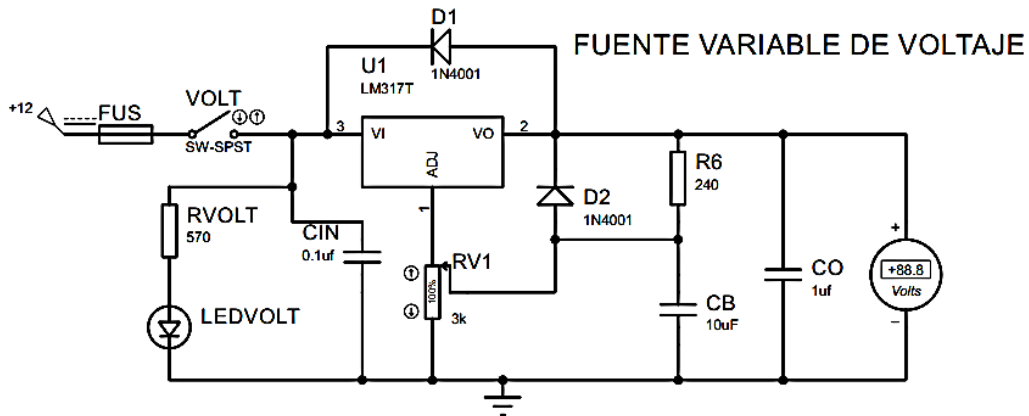


Figura 3.9 Circuito conversor de una fuente fija de voltaje a una fuente variable de voltaje.

En la **Figura 3.10**, se observa la fuente de -5 (V_{DC}) con los circuitos de protección, maniobra y señalización, la cual se realizó con el circuito integrado MC7905.[9]

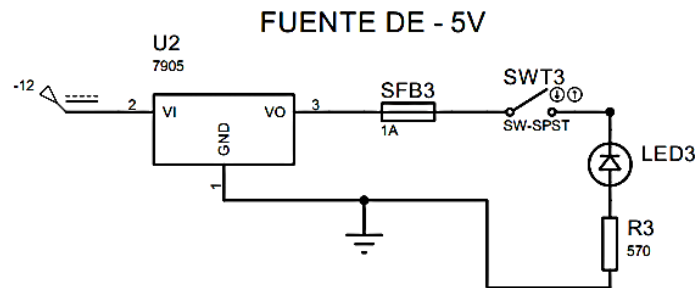


Figura 3.10 Circuitos de protección, maniobra y señalización de la fuente de -5 (V_{DC}).

Una vez determinados los circuitos en ISIS, se realizaron modificaciones de ciertos componentes como fuentes, salidas de voltajes, potenciómetros, led's, interruptores, fusibles y display, a bloques, debido a que no tienen plantilla en PCB para la impresión de la placa.

Las modificaciones de las salidas del USB, alimentación general y fuente variable de corriente, se muestran en el **Anexo 4**.

Las modificaciones de las fuentes de $+3.3$ (V_{DC}), ± 5 (V_{DC}) y ± 12 (V_{DC}), se muestran en el **Anexo 5**.

Las modificaciones de la fuente variable de voltaje y la fuente de -5 (V_{DC}), se muestran en el **Anexo 6**.

Una vez determinados los circuitos con las modificaciones en ISIS, se procedió a realizarlos en ARES, verificando que todos los componentes queden ordenados y las pistas no se crucen, estén gruesas y queden separadas, debido a que el diseño en ARES servirá para implementar en la placa PCB.

En la **Figura 3.11**, se observa la placa en ARES.

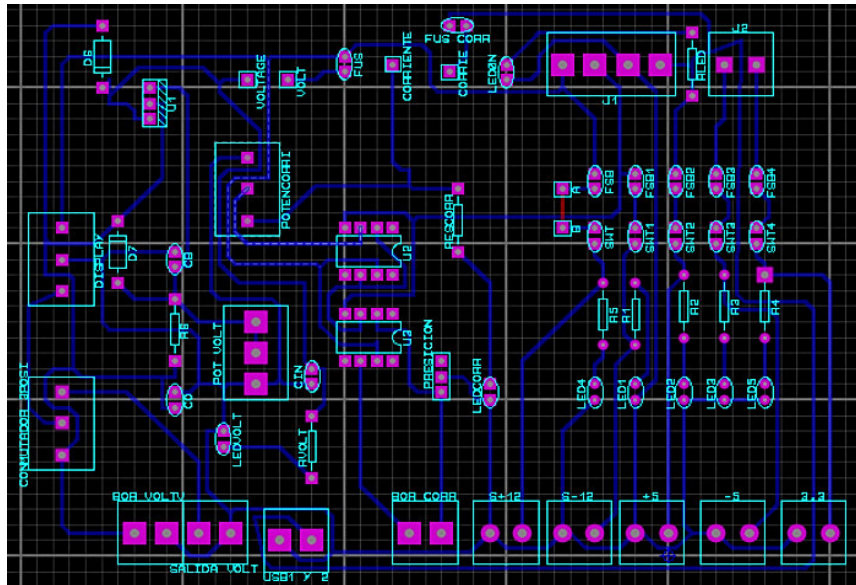


Figura 3.11 Placa en ARES.

Una vez implementado el circuito en la placa PCB, se procedió a revisar las pistas que no estén delgadas, cortadas, ni unidas.

En la **Figura 3.12**, se observa el circuito en la placa PCB.

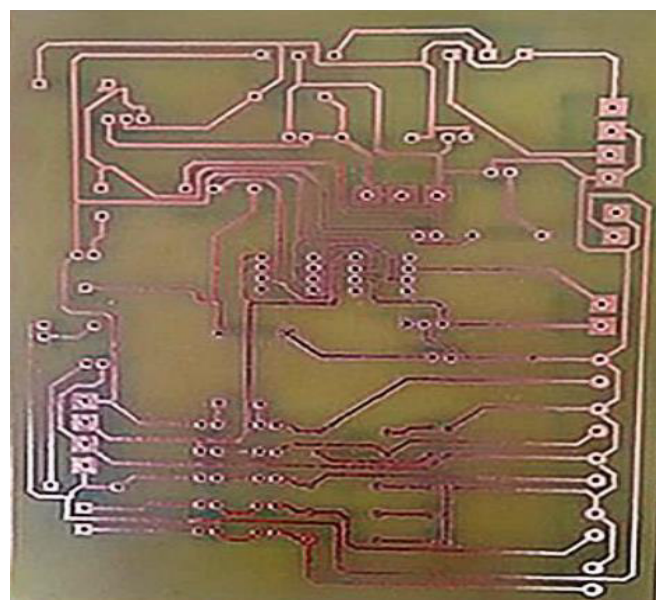


Figura 3.12 Circuito en la placa PCB.

Luego se soldó todos los componentes que van en la placa como:

- Borneras.
- Resistencias.
- Circuitos integrados (LM317T, MC7905 y LM741).
- Capacitores.
- Diodos.
- Cable UTP sólido.
- Led.
- Potenciómetro de precisión.

En la **Figura 3.13**, se observa la vista inferior de la placa con los componentes electrónicos soldados, mientras que en la **Figura 3.14**, se observa la vista superior de la placa.

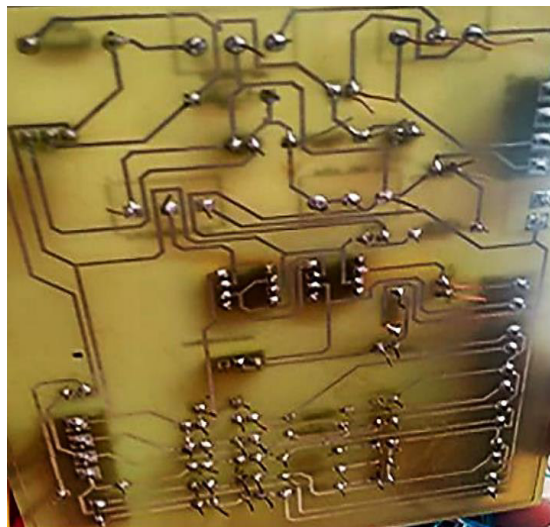


Figura 3.13 Vista inferior de la placa.

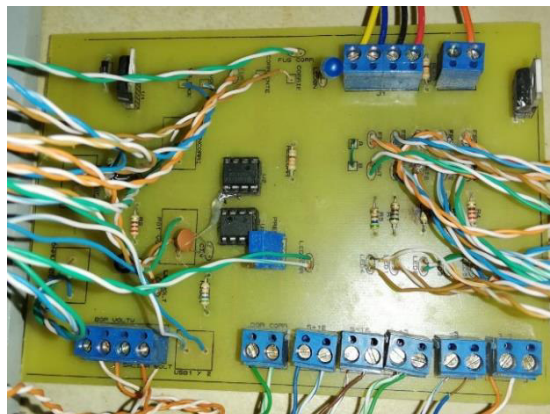


Figura 3.14 Vista superior de la placa.

Finalmente, se soldaron los componentes empotrados en la mesa con los cables UTP de la placa y se procedió a la señalización de estos.

En la **Figura 3.15**, se observa los cables UTP soldados a los componentes empotrados y destacan los siguientes elementos:

- 1) Salidas de voltajes DC.
- 2) Portafusibles.
- 3) Led's de identificación.
- 4) Interruptor ON/OFF.
- 5) Placa empotrada.

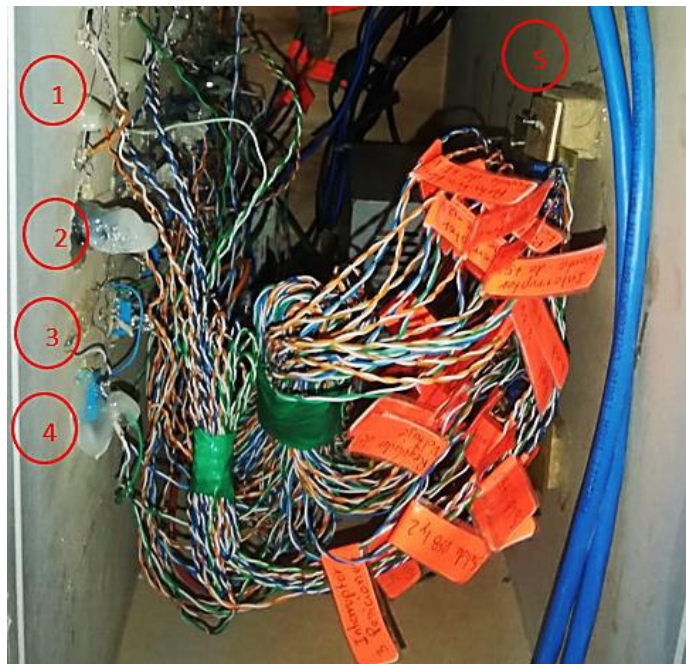


Figura 3.15 Cable UTP soldado en los componentes empotrados.

Para la protección de las fuentes de voltajes DC de las mesas, se dimensionó los fusibles a la corriente nominal más un factor de seguridad, el cual es el 15% de la corriente nominal.[10] Teniendo en cuenta de que las mesas van a estar expuestas a cortocircuitos, para los fusibles seleccionados se consideró los valores comerciales que se pueden encontrar en el mercado.

En la **Tabla 3.1**, se muestra las fuentes de voltajes DC, las corrientes nominales y las corrientes de los fusibles normalizados.

Tabla 3.1 Corrientes de los fusibles dimensionados para las fuentes de voltajes DC.

Fuente	Corriente nominal (A)	Corriente del fusible normalizado (A)
+3.3 (V _{DC})	2.00	3.00
+ 5 (V _{DC})	2.30	3.00
- 5 (V _{DC})	0.50	0.50
+ 12 (V _{DC})	2.70	3.00
-12 (V _{DC})	0.50	0.50
Variable de corriente 0 (mA) a 20 (mA)	0.50	0.50
Variables de voltaje 1.3 (V _{DC}) a 10.8 (V _{DC})	2.70	3.00

Para las fuentes DC negativas y la fuente de corriente, se utilizaron las corrientes nominales para los fusibles, debido a que la variación no es mayor.

3.4 Parte eléctrica

Primero, se calculó la corriente total para dimensionar el breaker a utilizar, por lo que se estimó posibles cargas que podrían conectarse en la mesa,

En la **Tabla 3.2**, se muestra el estudio de las posibles cargas.

Tabla 3.2 Estudio de las posibles cargas.

Posibles cargas	Corriente Nominal (A)
Fuente de poder 750 (W)	6.25
Laptop 90 (W)	0.75
Cautín 60(W)	0.50
Pistola de silicona 60 (W)	0.50
Compresor de ½ HP 180 (W)	1.50
Luces piloto 60 (W)	0.50
Placas programables (arduino) 30 (W)	0.25
Corriente Total	10.25

Luego, se procedió a calcular el factor de simultaneidad (FS), el cual se encuentra en la **Ecuación 3.1**. Para el cálculo se tomó en cuenta a los componentes que más se van a utilizar, los cuales son los siguientes: la fuente de poder, las luces piloto y dos tomacorrientes en donde se pueden conectar varios elementos.

$$FS = \frac{\sum de\ cargas}{PT}$$

Ecuación 3.1 Factor de simultaneidad. [11]

Donde:

\sum de carga: : 1550 (W) sumatoria de potencias
PT : 3150 (W) potencia total
FS : (1) factor de simultaneidad

Usando la **Ecuación 3.1** se obtiene:

$$FS = 0.49 (1)$$

En base al valor calculado empleando las ecuaciones **Ecuación 3.1** y **Ecuación 3.2**, se obtiene el amperaje del breaker:

$$\text{Amperaje del breaker} = 1.15 \cdot FS \cdot \sum \text{corriente de carga}$$

Ecuación 3.2 Amperaje del breaker. [11]

Donde:

FS : 0.49 (1) factor de simultaneidad
 \sum corriente de carga : 10.25 (A) corriente
Amperaje del breaker : (A) corriente

Por lo tanto:

$$I = 5.77 (A)$$

El breaker dimensionado es de 5.77 (A), pero se seleccionó el breaker de acuerdo a los valores disponibles en el mercado, por lo que se escogió uno de 6 (A).

Para dimensionar el calibre del conductor para la acometida de distribución de las mesas de trabajo, se tomó en cuenta un porcentaje de caída de tensión máxima admisible de 3%, debido a que es un circuito interior en vivienda, este dato se muestra en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3 Caída de tensión máxima admisible por categoría. [12]

Parte de la instalación	Para alimentar a	Caída de tensión máxima en %	$e = \Delta u_m$	$e = \Delta u_t$
LGA: (Línea General de Alimentación)	Suministro de un único usuario	No existe LGA	--	--
	Contadores totalmente concentrados	0.50 %	2 (V)	--
	Centralizaciones parciales de contadores	1.00%	4 (V)	--
DI: (Derivación individual)	Suministro de un único usuario	1.50%	6 (V)	3.45 (V)
	Centralizaciones parciales de contadores	1.00%	4 (V)	2.30 (V)
	Contadores totalmente centralizados	0.50%	2 (V)	1.15 (V)
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3.00%	12 (V)	6.90 (V)
	Circuito de alumbrado que no sean viviendas	3.00%	12 (V)	6.90 (V)
	Circuito de fuerza que no sean viviendas	5.00%	20 (V)	11.50 (V)

Una vez obtenido este dato, se procedió a calcular la caída de tensión máxima admisible, la cual se encuentra en la **Ecuación 3.3**.

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

Ecuación 3.3 Caída de tensión máxima admisible. [12]

Donde:

V_{nom} : 127 (V_{AC}) voltaje de la instalación.

% : 3 (%) porcentaje de caída de tensión máxima admisible.

ΔV : (V_{AC}) caída de tensión máxima admisible,

Por lo tanto:

$$\Delta V = 3.81 (V_{AC})$$

En base al valor calculado empleando las ecuaciones **Ecuación 3.3** y **Ecuación 3.4**, se obtiene la sección del conductor en (mm^2):

$$s = \rho \cdot \frac{\#c \cdot L \cdot I}{\Delta V}$$

Ecuación 3.4 Sección del conductor. [12]

Donde:

- I : 6 (A) intensidad de corriente eléctrica.
- L : 15 (m) longitud del conductor.
- #c : 3 (1) número de conductores.
- ρ : 0.01786 $\left(\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}\right)$ resistividad del conductor.
- ΔV : 3 (V) caída de tensión máxima admisible.
- s : (mm^2) sección del conductor.

Por lo tanto:

$$s = 1.27 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Una vez obtenido el valor de la sección del conductor que es de 1.27 (mm^2), se procedió a observar la **Tabla 3.4**, para la selección del conductor.

Tabla 3.4 Equivalencia de AWG a mm^2 . [12]

Indicación de sección norteamericana buscada AWG	Conversión geométrica mm^2	Sección nominal métrica que cumple los requisitos eléctricos mm^2	Sección nominal métrica buscada mm^2	Magnitud norteamericana que cumple los requisitos eléctricos AWG
3/0	85.01	95	95	4/0
2/0	67.43	70	70	3/0
1/0	53.49	--	--	2/0
1	42.41	50	50	1/0
2	33.62	35	35	1
3	26.67	--	--	2
4	21.15	25	25	3
5	16.77	--	--	4
6	13.30	16	16	5
7	10.55	--	--	6
8	8.37	10	10	7
9	6.63	--	--	8
10	5.26	6	6	9
11	4.17	--	--	10
12	3.31	4	4	11
13	2.62	--	--	12
14	2.08	2.5	2.5	13
15	1.65	--	--	14
16	1.31	1.5	1.5	15
17	1.04	--	--	16
18	0.82	1	1	17
19	0.65	0.75	0.75	18
20	0.52	--	--	19

Se seleccionó el conductor AWG 16, debido a que está más próximo al valor dimensionado.

No se profundiza sobre el diagrama de control y el diagrama unifilar, debido a que forman parte del proyecto de los compañeros Andrés Arregui e Israel Bastidas, por lo que el diagrama de control del tablero principal de las mesas de trabajo, se encuentra en el **Anexo 7** y el diagrama unifilar del sistema de potencia, se encuentra en el **Anexo 8**, para observar cómo se encuentran conectadas las mesas de trabajo al tablero principal.

Luego, se realizaron las conexiones del botón de paro, tomacorriente, luces piloto, breaker y por último se etiquetaron los cables.

En la **Figura 3.16**, se observa los cables etiquetados.

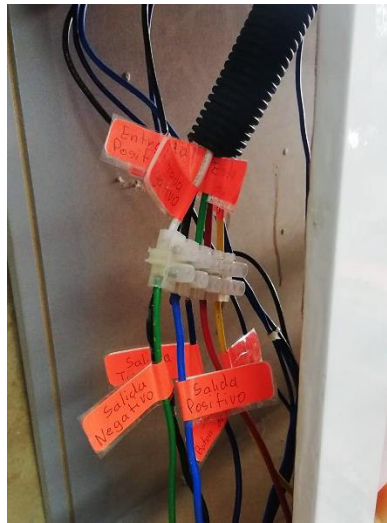


Figura 3.16 Etiquetado de cables de la parte eléctrica.

3.5 Pruebas y Análisis de Resultados

Prueba de continuidad.

Esta prueba se trata de revisar continuidad en pistas, componentes electrónicos y cable UTP soldado en la placa, esto se realizó con la ayuda de un multímetro, el cual se colocó en modo de continuidad, luego se procedió a colocar las puntas del multímetro en los extremos de los componentes a revisar, si al momento de tocar los extremos de los componentes, el multímetro suena quiere decir que hay continuidad.

Esta prueba se realizó con la finalidad de comprobar el correcto flujo de corriente en los elementos, cable UTP y pistas debido a que pueden quedar mal soldadas.

En la **Figura 3.17**, se muestran los resultados obtenidos de esta prueba realizada a las 4 mesas.

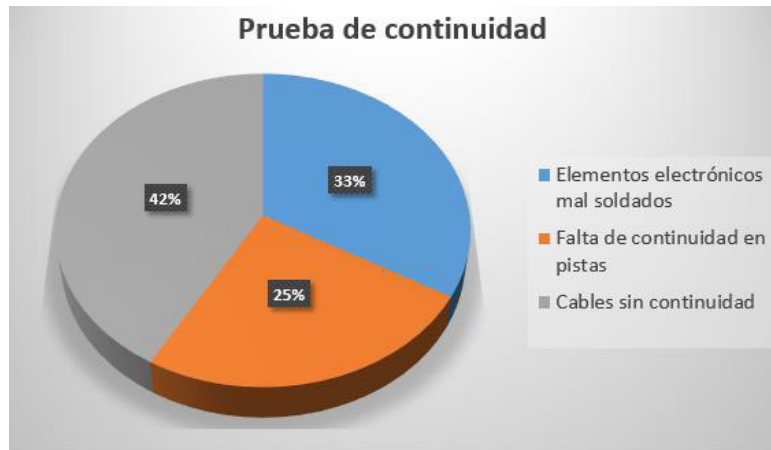


Figura 3.17 Prueba de continuidad.

De la **Figura 3.17**, se observa que la falla con mayor incidencia fue de los cables sin continuidad debido a que estaban rotos o mal soldados, para los cables rotos se solucionó cambiando los cables y para los que estaban mal soldados se procedió a calentar con el caudín, sacar la suelta y soldarlos nuevamente.

Para los componentes electrónicos mal soldados se procedió a soldarlos nuevamente, para esto se tuvo mucho cuidado debido a que algunas veces se topaban las pistas con el caudín y se cortaban.

La falta de continuidad en pistas fue consecuencia de los componentes electrónicos mal soldados.

Prueba de voltajes de salida.

Esta prueba se trata de medir los voltajes AC y DC, en las borneras que están empotradas en las mesas, esto se realizó con la ayuda de un multímetro.

El propósito de esta prueba es comprobar los voltajes y corrientes de salida de las mesas de trabajo, los cuales deben estar dentro de un rango definido de los voltajes y corrientes ideales.

En la **Tabla 3.5**, se muestra las mediciones tomadas de voltajes y corrientes DC.

Tabla 3.5 Mediciones de voltajes y corrientes DC.

# Mesa	Fuente de 3.3 (V _{DC})	Fuente de +5 (V _{DC})	Fuente de -5 (V _{DC})	Fuente de +12 (V _{DC})	Fuente de -12 (V _{DC})	Fuente USB 5 (V _{DC})	Fuente variable voltaje (V _{DC})	Fuente variable corriente (mA)
5	3.27	5.05	-4.85	11.94	-11.10	5.05	1.37-10.64	0-19.25
6	3.20	4.99	-5.16	11.78	-11.35	4.99	1.25-10.71	0-19.45
7	3.30	5.17	-5.11	11.91	-11.82	5.17	1.33-10.80	0-19.90
8	3.22	5.02	-5.13	11.60	-11.47	5.02	1.26-10.80	0-19.75

Una vez obtenidas las mediciones se procedió a calcular el error en porcentaje, para esto se utilizó la **Ecuación 3.5**.

$$\% \text{ error} = \frac{|V. \text{ medido} - V. \text{ esperado}|}{V. \text{ esperado}} \cdot 100$$

Ecuación 3.5 Porcentaje de error. [13]

Donde:

- % error : (1) porcentaje de error
- V. medido : (1) valor medido
- V. esperado : (1) valor esperado

En la **Tabla 3.6**, se muestra los resultados obtenidos del error en porcentaje de cada fuente de voltaje y corriente DC.

Tabla 3.6 Porcentaje de error de las fuentes de voltajes y corrientes DC.

# Mesa	Fuente de 3.3 (V _{DC})	Fuente de +5 (V _{DC})	Fuente de -5 (V _{DC})	Fuente de +12 (V _{DC})	Fuente de -12 (V _{DC})	Fuente USB 5 (V _{DC})	Fuente variable voltaje (V _{DC})	Fuente variable corriente (mA)
5	0.90	1.00	3.00	0.50	7.50	1.00	3.43	3.75
6	3.03	0.20	3.20	1.83	5.41	0.20	2.33	2.75
7	0.00	3.40	2.20	0.75	1.50	3.40	1.15	0.50
8	2.42	0.40	2.60	3.33	4.41	0.40	1.53	1.25

Para los puertos USB se consideró los mismos resultados obtenidos de las fuentes de +5 (V_{DC}), debido a que los USB están conectados en paralelo con las fuentes de +5 (V_{DC}).

En el campo de la electrónica se definen tolerancias para el diseño de componentes y equipos electrónicos, las cuales varían en el rango de 0.1% a 5% máximo para fuentes de alimentación y dependiendo de la aplicación y así garantizar la fiabilidad de los componentes y equipos. [14]

Se definió una tolerancia que varía en el rango de 0.1% hasta 10%, para la construcción de las mesas de trabajo.

En la **Tabla 3.7**, se muestran en que rangos de tolerancias y valoraciones se encuentran las mesas de trabajo, para esto se hizo un promedio total de cada mesa utilizando la **Tabla 3.6**.

Tabla 3.7 Rangos de tolerancias y valoraciones.

# de mesa	Rangos de Tolerancias y Valoraciones		
	Excelente $0.1\% \leq x \leq 2\%$	Bueno $2\% < x \leq 5\%$	Aceptable $5\% < x \leq 10\%$
5		2.63	
6		2.36	
7	1.61		
8		2.04	

En la **Tabla 3.8** Voltajes AC medidos de tomacorrientes., se muestra los valores de los voltajes AC de los tomacorrientes de las mesas.

Tabla 3.8 Voltajes AC medidos de tomacorrientes.

# mesa	Voltaje (AC)
5	126.80
6	126.60
7	127.20
8	126.20

Los voltajes AC solo se tomaron como dato.

Prueba de voltímetros.

Esta prueba se trata de verificar el correcto funcionamiento de los voltímetros y que tan fiables son para realizar mediciones.

Para esto primero, se midieron con un multímetro digital varios voltajes y luego se midieron los mismos voltajes con el voltímetro de la mesa, luego se compararon los valores para ver el porcentaje de error que existe, para esto se utilizó la **Ecuación 3.5**.

En la **Tabla 3.9**, se muestran los resultados de las mediciones realizadas y la diferencia entre estos.

Tabla 3.9 Resultados de las mediciones.

# de mesa	Multímetro (V_{DC})			Voltímetro de la mesa (V_{DC})			% error		
	Valor1	Valor2	Valor3	Valor1	Valor2	Valor3	Valor1	Valor2	Valor3
5	3.27	5.67	11.95	3.12	5.30	11.80	4.58	6.50	1.00
6	3.21	4.99	11.87	3.16	4.96	11.80	1.55	0.60	0.58
7	3.30	5.17	11.93	3.10	5.02	11.80	6.00	2.90	1.08
8	3.23	5.04	11.73	11.70	5.00	3.20	0.92	0.79	0.25

De acuerdo a la **Tabla 3.9**, el porcentaje de error más alto es del voltímetro de la mesa 5, el cual está considerado como aceptable, debido a que no supera el 10%, mientras que el porcentaje más bajo de error es del voltímetro de la mesa 8, el cual es considerado excelente, debido a que no supera el 2%.

Prueba de los breaker's.

Esta prueba se trata de comprobar el correcto funcionamiento de los breaker's y la apertura de estos al momento de haber sobrecorrientes o cortocircuitos en las mesas.

En la **Tabla 3.10**, se muestran los resultados obtenidos al momento de apertura y cierre de los breaker's en forma manual.

Tabla 3.10 Verificación del funcionamiento de los breaker's en forma manual.

# mesa	Funcionamiento en apertura	Funcionamiento en cierre
5	✓	✓
6	✓	✓
7	✓	✓
8	✓	✓

De acuerdo a los resultados de la **Tabla 3.10**, los breaker's funcionan correctamente al momento de la apertura y cierre en forma manual.

Luego se realizó un cortocircuito en cada mesa para comprobar la apertura de los breaker's a los 6 (A).

En la **Tabla 3.11**, se muestra los resultados obtenidos de la apertura de los breaker's al momento del cortocircuito.

Tabla 3.11 Resultados obtenidos de la prueba de los cortocircuitos en los breaker's.

# mesa	Funcionamiento de apertura
5	✓
6	✓
7	✓
8	✓

De acuerdo a los resultados de la **Tabla 3.11**, los breaker's funcionan correctamente cuando se produce un cortocircuito.

Prueba de botón de paro.

Esta prueba se trata de verificar el correcto funcionamiento del botón de paro, debido a que si se produce alguna emergencia se tiene que presionar este y quedar enclavado, con lo que se corta toda la energía eléctrica de la mesa, una vez encontrada la falla o el desperfecto se gira y se desenclava por lo que se vuelve a tener energía eléctrica en la mesa.

En la **Tabla 3.12**, se muestra el resultado del funcionamiento del botón de paro.

Tabla 3.12 Resultados de funcionamiento del botón de paro.

# de mesa	Funcionamiento en enclave	Funcionamiento en desenclave
5	✓	✓
6	✓	✓
7	✓	✓
8	✓	✓

De acuerdo a los resultados de la **Tabla 3.12**, los botones de paro funcionan correctamente.

3.6 Manual de Usuario y Mantenimiento

En el manual de usuario se muestra como energizar las mesas de trabajo desde el tablero principal, para luego proceder a usarlas, también se describen todos los componentes eléctricos y electrónicos que tienen las mesas y el funcionamiento de estos. El manual de usuario y mantenimiento se encuentra en el **Anexo 9**.

En la **Figura 3.18**, se encuentra un código QR con un video del manual de usuario.



Figura 3.18 QR con el video del manual de usuario.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las 4 mesas de trabajo cumplen con el objetivo de ser los principales instrumentos para la implementación y calibración de circuitos electrónicos de las carreras de EM, TSEM, ET, TSRT, debido a que cuentan con componentes eléctricos y electrónicos que permiten a los estudiantes realizar prácticas de instrumentación, entre otras.
- Para la construcción de las mesas se delimitó el área destinada y se estableció las dimensiones de las mesas de trabajo teniendo en cuenta las dimensiones reales de los componentes a empotrarse como son: borneras, led's, interruptores, breaker's, etc.
- Para la parte electrónica se utilizó diferentes circuitos electrónicos como: el amplificador operacional LM741, el cual se utilizó para realizar la fuente variable de corriente y el circuito integrado LM317T, el cual se utilizó para realizar la fuente variable de voltaje.
- Para la parte eléctrica se utilizó 2 luces piloto para cada mesa de trabajo, las cuales nos indican el estado de las mesas, el cual se describe a continuación: cuando las mesas están apagadas las luces están apagadas, cuando las mesas están energizadas desde el tablero de control se encienden las luces rojas y cuando las mesas están activadas para su funcionamiento se encienden las luces verdes, en este último estado están encendidas las 2 luces, además cada mesa cuenta con un botón de paro, el cual al momento de presionar apaga la mesa de trabajo.
- De la prueba de continuidad realizada a las mesas, se tiene que la falla con mayor recurrencia es de cables sin continuidad, debido a que se encuentran conectados desde la placa hasta los componentes empotrados en la mesa y los cables quedaban mal soldados o se rompían, pero se corrigió la falla cambiando los cables y soldándolos nuevamente.
- De acuerdo con el error calculado en las salidas de voltaje se tiene que todas las mesas tienen un promedio de error menor al 10 %, por lo que se encuentran dentro de los rangos de tolerancia, siendo el valor de 7.5 % el valor más crítico, el cual se presenta en la fuente de -12 (V_{DC}) de la mesa 5.
- De la prueba realizada a los voltímetros se obtuvo que son bastantes exactos, debido a que tienen un desfase en la medida menor a 0.5 (V_{DC}).

- De las pruebas realizadas a los breaker's en las 4 mesas de trabajo, se obtuvo que se encuentran funcionando correctamente en apertura y cierre de forma manual y en cortocircuitos tienen una apertura antes de 6 (A).
- De la prueba de los botones de paro se obtuvo que funcionan correctamente en caso de alguna emergencia, debido a que abren el circuito eléctrico al instante de presionarlos, quedan enclavados y no existen inconvenientes al momento de desenclavarlos, sin embargo, la fuente de poder que controla a la mesa de trabajo se apaga en 1.4 (s), tiempo que se demora en descargarse los capacitores internos de la fuente de poder después de quitarle la energía eléctrica.
- El costo aproximado del proyecto fue de \$ 400, mismo que es considerablemente alto, debido a que se compró componentes eléctricos y electrónicos de buena calidad, para el buen funcionamiento de las mesas y solo se economizó en las estructuras, las cuales se hicieron en madera de tipo MDF.

4.2 Recomendaciones

- El ayudante encargado del Área de Análisis Instrumental deberá verificar el funcionamiento de las mesas de trabajo antes y después de las prácticas.
- En las fuentes de voltajes DC instalar los fusibles recomendados.
- Cuando se estén utilizando las mesas en las prácticas, no abrir las tapas laterales de estas.
- Tener en cuenta que todas las fuentes de voltaje o corriente tienen una tierra común.
- Tener en cuenta que para realizar el mantenimiento de la mesa (limpiar parte interior del polvo) se tiene que realizar con la mesa apagada.
- Tener en cuenta que los voltímetros solo miden voltajes DC en el rango de 0 (V_{DC}) a 45 (V_{DC}).
- Una vez finalizadas las prácticas apagar las mesas y el tablero principal.
- Se podrían cambiar las fuentes de poder para obtener voltajes DC más exactos y así disminuir el porcentaje de error de cada fuente de voltaje DC.
- Se podrían cambiar las estructuras de las mesas a metálicas e incrementar un amperímetro y un medidor de temperatura.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Instrumentación Industrial - 7ma Edición. Antonio Creus Sole [yl4w96g98rqr]." <https://doku.pub/documents/instrumentacion-industrial-7ma-edicion-antonio-creus-sole-yl4w96g98rqr> (accessed Mar. 24, 2021).
- [2] Antonio Creus Sole "Instrumentación Industrial" 8va Edición. 2010.
- [3] Escuela Politécnica Nacional "Sistema de administración estudiantil wed" <https://saew.epn.edu.ec/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [4] "Construcción y Tecnología I N G E N I E R I A ´," 2006. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: www.imcyc.com.
- [5] "La sociedad del conocimiento: IMPORTANCIA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EDUCACIÓN." <http://tecnologiaeducativazaineuvm.blogspot.com/2012/05/importancia-de-las-practicas-de.html> (accessed Mar. 24, 2021).
- [6] P. Integrador, "Escuela Politécnica Nacional," Tesis, p. 44, 2019.
- [7] "IC 741 Op Amp Conceptos básicos, características, configuración de pines, aplicaciones - Electronica Lugo." <https://electronicalugo.com/ic-741-op-amp-conceptos-basicos-caracteristicas-configuracion-de-pines-aplicaciones/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [8] "LM317 - Regulador de voltaje variable - Electrónica Unicrom." <https://unicrom.com/lm317-regulador-de-voltaje-variable/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [9] "MC7905 hoja de datos (1/12 páginas) MOTOROLA | REGULADORES DE TENSIÓN NEGATIVA DE TRES TERMINALES." <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/91814/MOTOROLA/MC7905/320/1/MC7905.html> (accessed Mar. 24, 2021).
- [10] Escuela Politécnica Nacional "Proyecto de norma para tirafusibles tipo expulsión de medio voltaje," Tesis, p. 229, 2004.
- [11] "Cálculos de instalaciones eléctricas residenciales ~ EurisFAquino." <http://eurisfaquino.blogspot.com/p/seleccion-de-los-elementos-de-la.html> (accessed Mar. 24, 2021).
- [12] A. F. A. FALCONÍ and I. J. B. CONDOY, "Construcción de Acometida y

Tablero de Control de Suministro de Energía para el Laboratorio de Análisis Instrumental,” p. 82, 2018, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19537/1/CD-8934.pdf>.

[13] “Esta es la forma de calcular el porcentaje de error.” <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnología-matemáticas/ciencia/how-to-calculate-percent-error-609584> (accessed Mar. 24, 2021).

[14] “Normativa Electrónica. José M. Cámara” [Online]. Available. <https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/3589/Normativa.pdf;jsessionid=B243F68AEF68020DD0293BF71E1AEA57?sequence=1> (accessed Mar. 24, 2021).

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 29 de abril de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, *Pablo Andrés Proaño Chamorro*, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de las 4 mesas de trabajo del área de análisis instrumental, las cuales fueron implementadas por el estudiante *Maila Lenin*.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los estudiantes de la ESFOT puedan realizar prácticas de circuitos electrónicos.

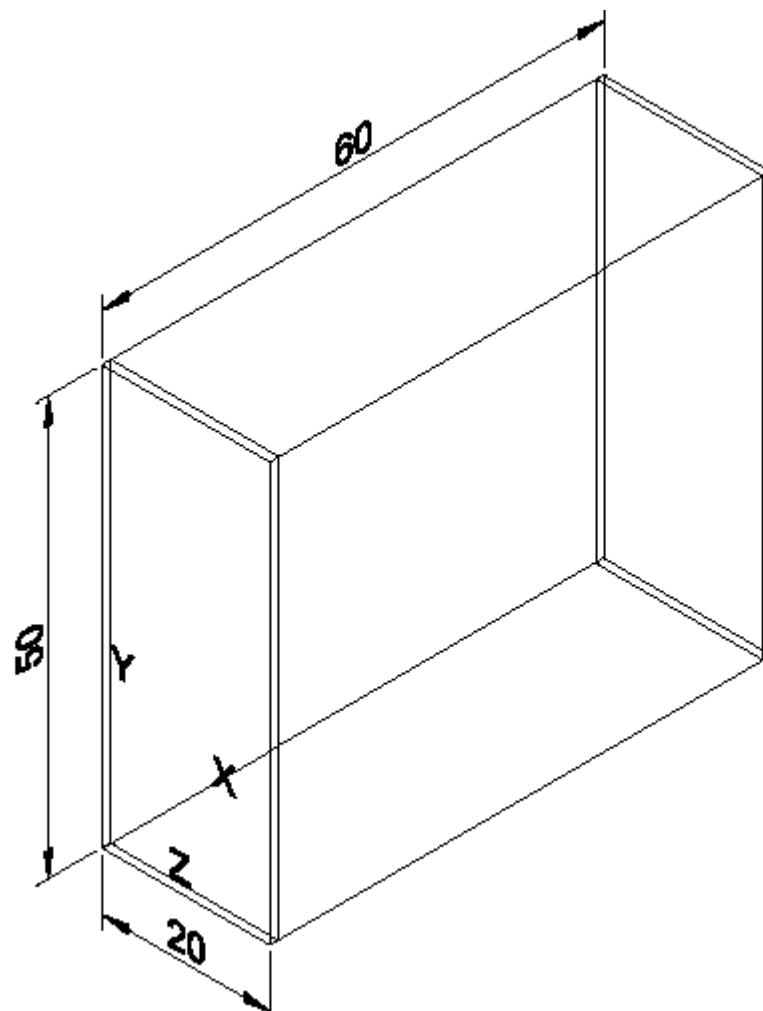
DIRECTOR

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro ., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2729
email: pablo.proano@epn.edu.ec

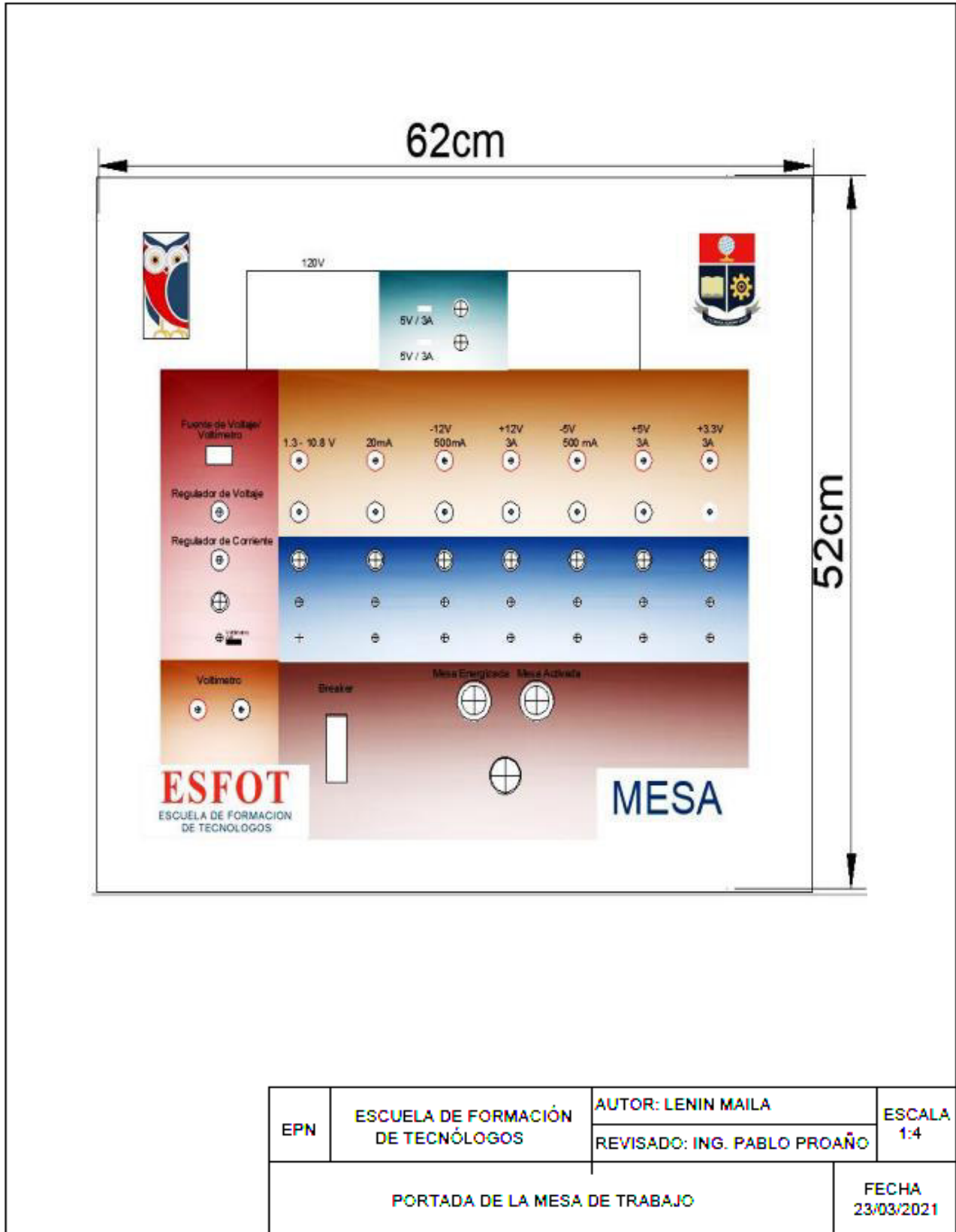
Quito-Ecuador

ANEXO 2: ESTRUCTURA DE LA MESA



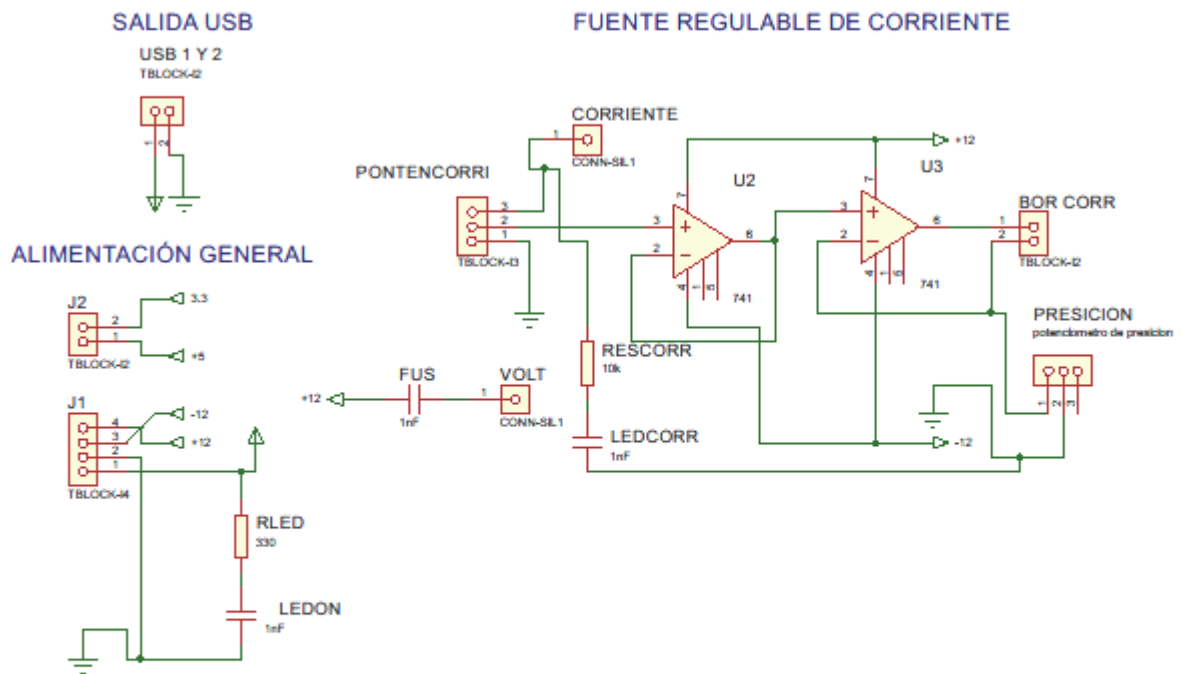
EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	AUTOR: LENIN MAILA	ESCALA 1:8
		REVISADO: ING. PABLO PROAÑO	
ESTRUCTURA DE LA MESA DE TRABAJO			FECHA 23/03/2021

ANEXO 3: PORTADA DE LA MESA



ANEXO 4: CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS PARTE

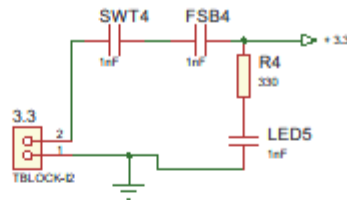
1



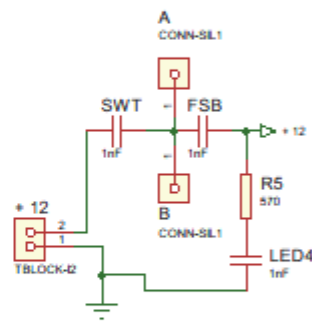
EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	AUTOR: LENIN MAILA	ESCALA 1:1
		REVISADO: ING. PABLO PROAÑO	
CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS			FECHA 23/03/2021

**ANEXO 5: CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS PARTE
2**

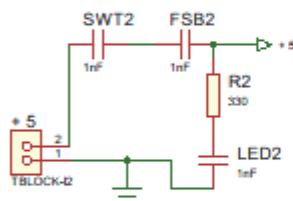
FUENTE DE + 3.3 V



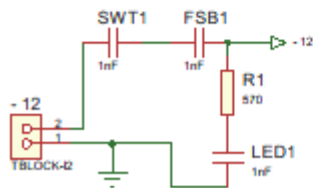
FUENTE DE + 12 V



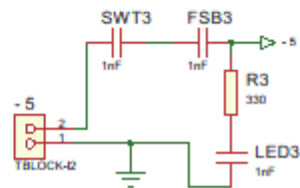
FUENTE DE + 5 V



FUENTE DE - 12 V



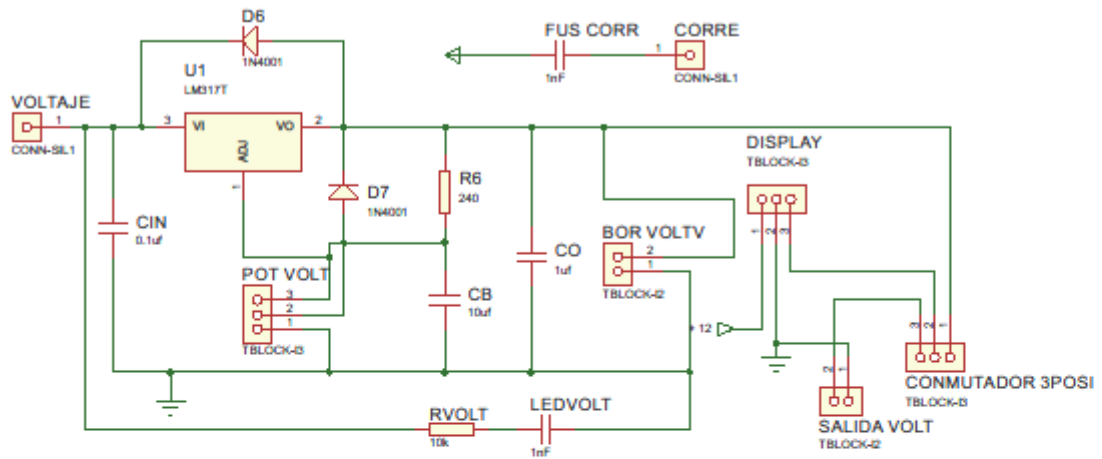
FUENTE DE - 5 V



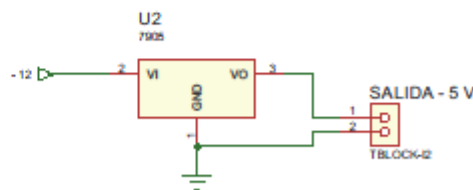
EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	AUTOR: LENIN MAILA	ESCALA 1:1
		REVISADO: ING. PABLO PROAÑO	
CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS			FECHA 23/03/2021

**ANEXO 6: CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS PARTE
3**

FUENTE REGULABLE DE VOLTAJE

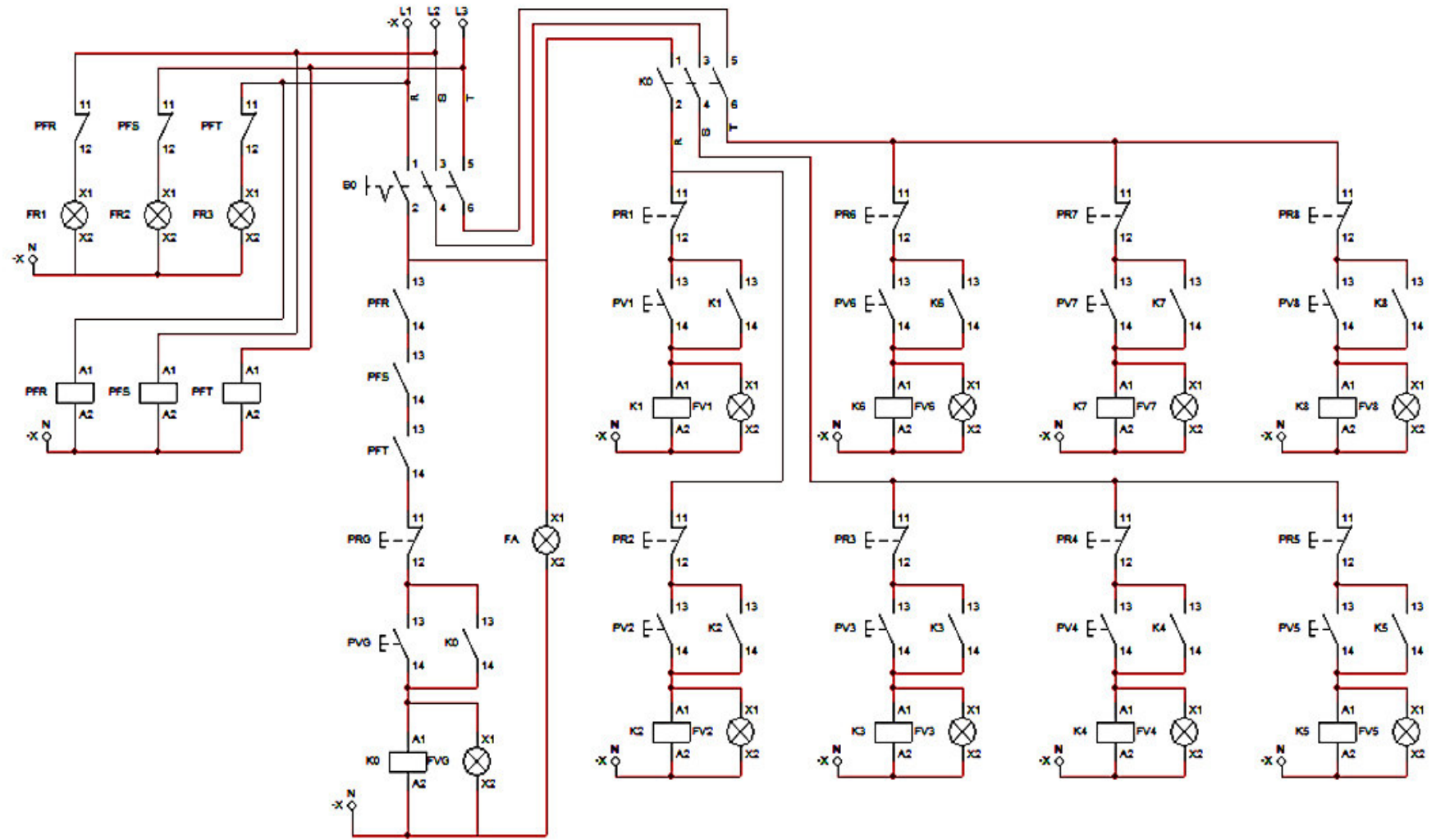


FUENTE DE - 5 V



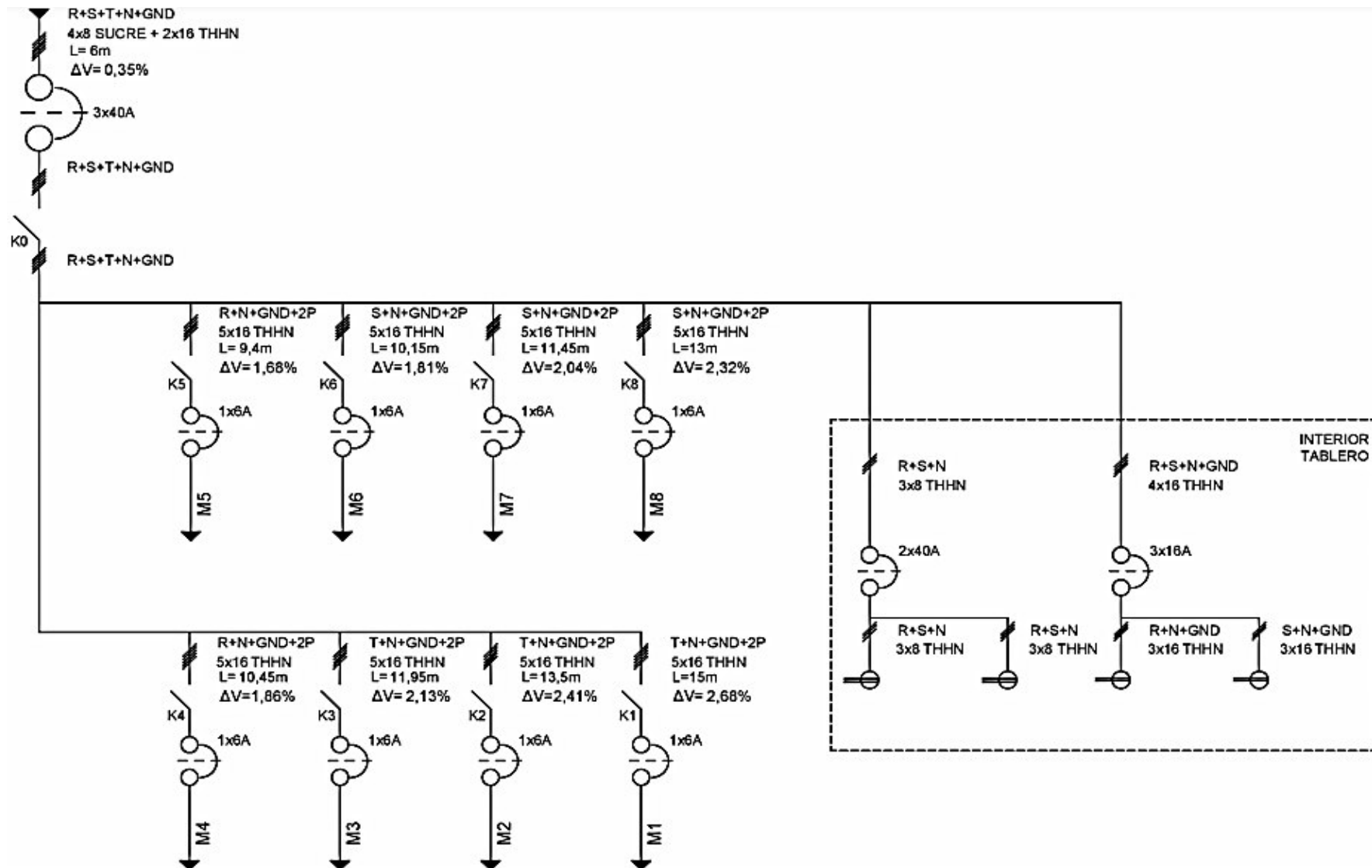
EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	AUTOR: LENIN MAILA	ESCALA 1:1
		REVISADO: ING. PABLO PROAÑO	
CIRCUITOS ELECTRÓNICOS MODIFICADOS			FECHA 23/03/2021

ANEXO 7: DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO PRINCIPAL



EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	ESCALA 1.1
DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO PRINCIPAL		

ANEXO 8: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE POTENCIA



EPN	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	ESCALA 1.1
DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE POTENCIA		

ANEXO 9: MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO

Manual de Usuario

El presente manual de usuario permitirá a los estudiantes reconocer los principales componentes con los que cuentan las mesas de trabajo y su funcionamiento.

En primer lugar, se tiene que encender el tablero principal presionando el botón ON (1), luego los botones verdes (3) de cada mesa para energizar las mesas, también tiene botones rojos (4), los cuales permiten apagar las mesas y luces (2), las cuales indican que las mesas están apagadas o energizadas, esto se puede observar en la **Figura A. 1**.

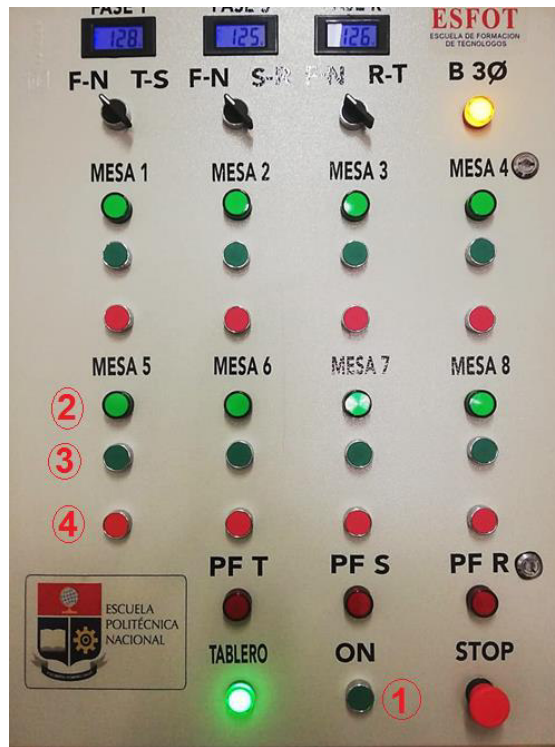


Figura A. 1 Tablero principal.

A continuación, se describe todos los componentes de la mesa de trabajo y su funcionamiento.

a) Parte inferior

En la parte inferior de la mesa se tienen los siguientes elementos: el breaker (5) sirve para activar o desactivar la mesa, el botón de paro (6) sirve para apagar toda la mesa cuando ocurra alguna emergencia, la luz roja (7) indica que la mesa está energizada desde el tablero principal, la luz verde (8) indica que la mesa está activada y se puede utilizar y por último se tiene la numeración de la mesa (9), esto se puede observar en la **Figura A. 2**.



Figura A. 2 Parte inferior de la mesa.

b) Parte media.

En la parte media de la mesa de trabajo se tiene los siguientes elementos: los interruptores ON-OFF (10), los cuales permiten activar o desactivar las fuentes DC, los led's (11), los cuales indican que las fuentes DC están activadas o desactivadas, los Portafusibles (12), en los cuales se colocan los fusibles para la protección de las fuentes, las borneras bananas (13), en las cuales se obtiene los voltajes de las fuentes, las borneras bananas rojas son el polo positivo y las borneras bananas negras son el polo negativo y por último se tiene el nombre de cada fuente (14), esto se puede observar en la **Figura A. 3**.

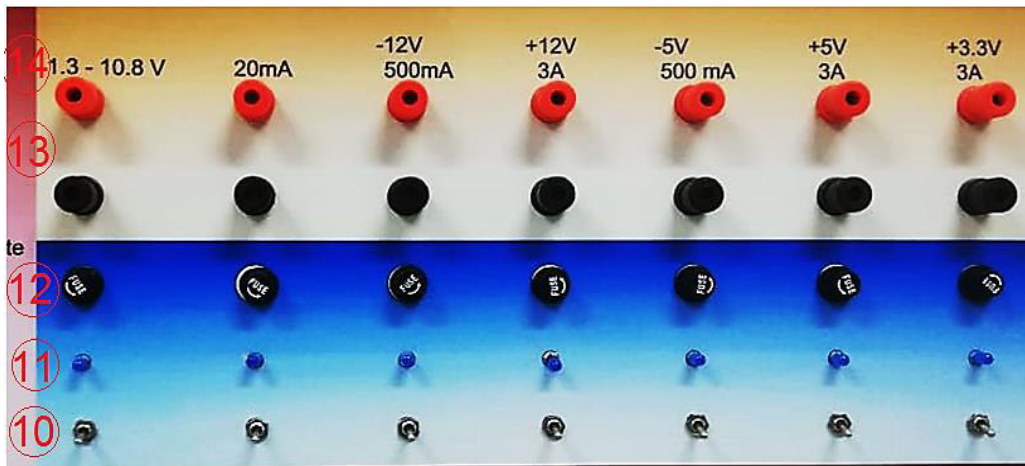


Figura A. 3 Parte media de la mesa.

c) Parte superior de la mesa.

En la parte superior de la mesa se tiene los siguientes elementos: tomacorriente (15) en el cual se tiene 127 (V_{AC}), puertos USB (16) en el cual se tienen 5 (V_{DC}), portafusibles (17) en los cuales se colocan los fusibles para la protección de los puertos USB y por último se tiene puerto Ethernet (18), esto se puede observar en la **Figura A. 4**.

El tomacorriente y los puertos *USB* funcionan al momento de activar la mesa.



Figura A. 4 Parte superior de la mesa.

d) Parte lateral izquierda.

En la parte lateral izquierda de la mesa se tiene los siguientes elementos: salida del voltímetro (19) aquí se tiene borneras bananas las cuales permiten medir voltajes DC externos, la bornera de color rojo es la del polo positivo y la bornera de color negro es la del polo negativo.

Interruptor de 3 posiciones (20) del voltímetro, en el cual se tiene las siguientes opciones: fuente el cual indica que en el display del voltímetro se verán los valores de la fuente variable de la propia mesa, off indica que el voltímetro está en modo de reposo y en el display se observa cero, voltímetro permite ver en el display los voltajes DC externos medidos, el portafusible (21) en el cual se coloca el fusible para proteger al voltímetro cuando se realicen mediciones externas, el regulador de corriente (22) sirve para variar la fuente de corriente de 0 a 20 (mA).

Regulador de voltaje (23) sirve para variar la fuente de voltaje de 1.3 a 10.8 (VDC) y por último se tiene el display del voltímetro (24) en el cual se puede ver los valores externos medidos o de la fuente de voltaje, esto se puede observar en la **Figura A. 5**.

El display del voltímetro se enciende al momento de activar la mesa.



Figura A. 5 Parte lateral izquierdo de la mesa.

Manual de mantenimiento

1) Preventivo

A continuación, se detallará como realizar el mantenimiento preventivo de las mesas de trabajo.

- a) Realizar una limpieza de la parte interna de la mesa.
Para esto se tiene que quitar las tapas laterales y con una brocha o soplete a presión baja comenzar a limpiar el polvo acumulado en la placa y cables de la mesa.
Esto se recomienda hacer la primera semana de clases.
- b) Revisar que los fusibles puestos en las mesas sean los indicados y funcionen correctamente antes de cada práctica.
Para esto se tiene que destornillar la tapa del portafusible luego verificar que el fusible puesto sea el indicado dependiendo de la fuente, después comprobar la continuidad del fusible con la ayuda de un multímetro, si el fusible es el indicado y funciona volver a poner el mismo, caso contrario si es de otro amperaje no recomendado para las fuentes o está fundido proceder a cambiar y volver a atornillar la tapa del portafusible.
- c) Revisar el funcionamiento de los interruptores.
- d) Para esto se tiene que revisar el correcto cambio de estado de ON a OFF o viceversa, si el funcionamiento es defectuoso lo más recomendable es cambiar el interruptor, esto se tiene que hacer los primeros días de clases.
- e) Revisar los voltajes de salida.
Para esto se tiene que revisar las borneras bananas que estén en perfectas condiciones, luego con la ayuda de un multímetro proceder a medir los diferentes voltajes y verificar que se encuentren en el rango de tolerancia.
- f) Revisar el funcionamiento del voltímetro.
Para esto se tiene que revisar 3 componentes que son los siguientes: display del voltímetro al cual se realiza una revisión visual prendiendo y apagando la mesa, el interruptor de 3 posiciones al cual se tiene que verificar el correcto funcionamiento y las borneras del voltímetro, para este último se tiene que realizar varias mediciones para comprobar su correcto funcionamiento.
Esto se recomienda hacerlo semanalmente.
- g) Revisar el funcionamiento del breaker.
Para esto se tiene que encender y apagar la mesa para comprobar su funcionamiento, se recomienda realizar 1 solo cortocircuitos para verificar que el

breaker se abra cuando se produzca alguna falla, debido a que por cada cortocircuito que se produzca se reduce la vida útil del breaker.

Esto se recomienda hacerlo la primera semana de clases.

2) Correctivo

Este mantenimiento se realiza cuando la mesa no tenga energía eléctrica o exista un cortocircuito en la placa de la mesa, a continuación, se detalla que hacer en cada caso:

- Falla de energía eléctrica.

Para esto primero se tiene que inspeccionar que el botón de paro no este enclavado, si esta, se tiene que girar el botón y se desenclava con lo que se solucionaría la falla, si la falla persiste con la ayuda de un multímetro inspeccionar los voltajes y continuidad de los cables para detectar en donde se encuentra la falla.

- Cortocircuitos en placas.

Estos cortocircuitos se pueden producir por no poner el fusible correcto en las fuentes de voltajes o corrientes, si se producen se tiene que ver los planos que se encuentra en el **Anexo 2** y **Anexo 3** de los circuitos, para ver qué es cada elemento electrónico, luego abrir las tapas laterales de la mesa, después proceder a desmontar la placa y con un multímetro medir continuidad en las pistas y luego medir voltajes, una vez detectada la falla proceder a arreglarla.