



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PRECIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE
CONEXIONES DE MALLA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO”**

AUTOR: Dennis Wagner Pineda Olmedo

TUTOR: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero. Mg.

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del presente Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE CONEXIONES DE MALLA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**; Elaborado por el Sr. Dennis Wagner Pineda Olmedo, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 18037484865, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

CERTIFICO:

- El presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado en cada una de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad

Ambato, marzo 2023

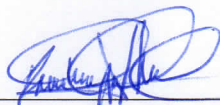

Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero. Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Dennis Wagner Pineda Olmedo** con C.I. 1803784865 declaro que los contenidos y actividades expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE CONEXIONES DE MALLA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**; así como, también las fichas técnicas, tabulación de datos, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Dennis Wagner Pineda Olmedo

C.I. 1803784865

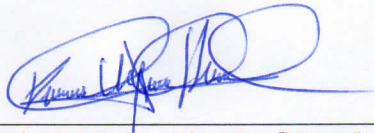
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, marzo 2023



Dennis Wagner Pineda Olmedo

C.I. 1803784865

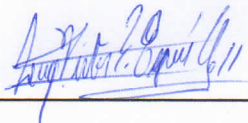
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Dennis Wagner Pineda Olmedo de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE CONEXIONES DE MALLA PARA EL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**.

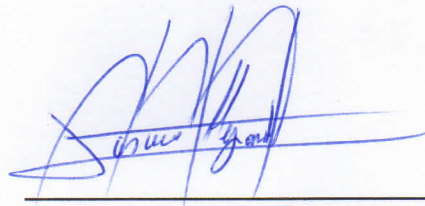
Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Víctor Rodrigo Espín Guerrero

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, Wilma Olmedo y Marcos Pineda quienes fueron un gran apoyo y el pilar fundamental en mi crecimiento personal y profesional en el transcurso de este tiempo, a mis amigos quienes me apoyaron todo el tiempo, a mi pareja, Anahi Moreno, por todo el apoyo brindado durante todo el proceso, por sus palabras de aliento y apoyo incondicional. A mis maestros quienes nunca desistieron en mi enseñanza y depositaron su esperanza en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, profesores, compañeros y participantes de esta investigación y a todas las personas que me guiaron y brindaron todo el apoyo para lograr llegar a ser quien soy, especialmente a mis padres que fueron mi guía y mi fortaleza en esta etapa. Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de terminar una etapa importante en mi vida, por brindarme sabiduría, dedicación y sobre todo fortaleza en los momentos más difíciles.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por la oportunidad de formarme como un gran profesional, por cada enseñanza de vida y conocimiento impartido, agradezco a mi tutor Ing. Mauricio Carrillo Mg. quien me brindo su apoyo incondicional y una excelente guía en este proceso de culminación de carrera.

Para finalizar a todas las personas que se mantuvieron a mi lado desde el principio brindándome su apoyo y creyendo en mis capacidades para lograr mis metas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.	1
1.2. Objetivos:	4
1.2.1. Objetivo general:.....	4
1.2.2. Objetivos específicos:	4
CAPÍTULO II	6
METODOLOGÍA	6
2. Materiales.....	6
2.2. Recursos materiales:.....	6
2.2.1. Materiales de construcción del banco de circuitos de malla	7
2.2.2. Recursos Institucionales	9
2.3. Métodos.....	9
2.3.2. Técnicas e instrumentos de investigación	11
2.3.2.1. Búsqueda bibliográfica	11

2.3.2.2. Experimentación.....	12
2.4. Metodología de cálculo de circuitos por el método de mallas a través de las leyes de Kirchhoff.....	12
CAPÍTULO III.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Diseño final del banco de pruebas.....	32
3.2. Especificaciones técnicas.....	33
3.3. Pruebas de funcionamiento.....	33
3.3.1. Cables sensores.....	34
CAPÍTULO IV.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
4.1. Conclusiones.....	38
4.2. Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS	
PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recursos materiales utilizados en el proyecto de investigación.	6
Tabla 2. Recursos materiales utilizados en la construcción del banco didáctico	7
Tabla 3. Recursos materiales utilizados en la medición del banco didáctico.	8
Tabla 4. Ejercicio 1 resistencias en serie.....	26
Tabla 5. Ejercicio 2, resistencias en paralelo y resistencia en serie.	27
Tabla 6. Ejercicio 3 arreglo de dos mallas con resistencias en paralelo.	28
Tabla 7. Ejercicio 4 resistencias en paralelo con capacitores en serie.	29
Tabla 8. Ejercicio 5, resistencias en serie con capacitores en serie.	30
Tabla 9. Ejercicio 6 resistencias en paralelo con resistencias con capacitores en serie.	31
Tabla 10. Características técnicas del banco de pruebas desarrollado	33
Tabla 11. Costos de los materiales para la fabricación del banco didáctico.	35
Tabla 12. Costos de los equipos y mano de obra para la fabricación del banco didáctico.	35
Tabla 13. Margen de error del banco didáctico de circuitos de resistencia y capacitores.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Analogía de circuitos eléctricos con modelos de flujo de fluidos que facilitan su cálculo y análisis especialmente en aplicaciones de optimización de energía.	2
Figura 2. Definición gráfica de la primera ley de Kirchoff.	13
Figura 3. Esquema de un circuito por resolver con el método de mallas, se aprecian 3 bucles continuos y uno discontinuo.	14
Figura 4. Entrada y salida de tres corrientes hacia un mismo nodo.	17
Figura 5. Fuentes de voltaje en serie.	18
Figura 6. Diagrama tensión vs tiempo	19
Figura 7. Diagrama de flujo del desarrollo del banco de pruebas de circuitos de malla.	20
Figura 8. Mallas en serie y paralelo empleadas en el circuito.	23
Figura 9. Diseño del banco de pruebas de circuitos de malla.	32
Figura 10. Banco de pruebas construido en base al diseño propuesto.	34
Figura 11. Tablero de circuitos vista principal.	34
Figura 12. Comparativa entre resultados calculados y medidos.	37
Figura 13. Primera ley de Kirchoff.	94

RESUMEN

Las leyes de Kirchhoff y el análisis y cálculo de circuitos por mallas constituyen un eje fundamental en la formación de ingenieros, por esto los estudiantes deben fortalecer los conocimientos de estos temas a través de la práctica, por este motivo se ha desarrollado el presente proyecto técnico cuyo objetivo principal fue el diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico que permita a los estudiantes ampliar sus conocimientos demostrando que lo que se obtiene en la teoría también se puede obtener en la práctica. El banco didáctico de sobremesa desarrollado se puede conectar a la red eléctrica a 110 V AC y se compone de dos mallas principales con resistencias y potenciómetros en serie y paralelo cuenta con interruptores que permiten el paso o la restricción de energía hacia puntos estratégicos del circuito para que los estudiantes puedan simular de manera adecuada ejercicios propuestos en la teoría, se puede poner cualquier resistencia y capacitor que se requiera evaluar y leer los resultados de intensidad y voltaje a través de un sensor. El rango de voltaje con el que se puede alimentar las mallas va de 0 a 30 voltios y la corriente de 0 a 5 amperios y el rango de medición del sensor hasta 100 voltios y 50 amperios. En el banco didáctico se pueden simular mallas de resistencias y capacitores en serie, paralelo y combinados además de circuitos mixtos que involucran los dos componentes eléctricos anteriormente mencionados.

Palabras clave: Corriente, Voltaje, Mallas, Sensores, Banco didáctico.

ABSTRACT

Kirchhoff's laws and the analysis and calculation of circuits by meshes constitute a fundamental axis in the formation of engineers, for this reason students must strengthen the knowledge of these topics through practice, for this reason the present technical project has been developed whose main objective was the design and construction of a didactic test bench that allows students to expand their knowledge demonstrating that what is obtained in theory can also be obtained in practice. The didactic bench developed can be connected to the mains at 110 V AC and consists of two main meshes with resistors and potentiometers in series and parallel with switches that allow the passage or restriction of energy to strategic points of the circuit so that students can properly simulate exercises proposed in the theory, you can put any resistance and capacitor that is required to evaluate and read the results of intensity and voltage through a sensor. The voltage range with which the meshes can be fed goes from 0 to 30 volts and the current from 0 to 5 amperes and the measurement range of the sensor up to 100 volts and 50 amperes. The training bench can be used to simulate series, parallel and combined resistor, and capacitor mats as well as mixed circuits involving the two electrical components mentioned above.

Keywords: Current, Voltage, Meshes, Sensors, Didactic bench.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.

En primer lugar hay que destacar las ventajas tecnológicas que existen hoy en día que se deben aprovechar principalmente en el desarrollo de medios digitales modernos, como los teléfonos inteligentes y las tabletas que han permitido nuevas posibilidades de experimentación educativa con una gran ventaja tecnológica en los campos de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA), estos medios han progresado enormemente y han llegado a la educación por ello se encontraron trabajos previos como el de [1] que se enfocó en la experimentación en donde, los estudiantes de secundaria utilizaron gafas inteligentes y datos de medición en tiempo real para estudiar las leyes de Kirchhoff en circuitos eléctricos de corriente continua. Esto supone una gran ventaja principalmente por la disponibilidad de recursos y versatilidad de las nuevas tecnologías que facilitan enormemente el aprendizaje de los estudiantes en todos los niveles.

Cabe destacar que las leyes de Ohm y de Kirchhoff son la base de la teoría de los circuitos. Al usarlas para calcular circuitos eléctricos, es necesario crear y resolver un sistema de ecuaciones para las corrientes del circuito y las tensiones en los nodos. El teorema de Kirchhoff sobre la determinación de las corrientes de rama no necesita la elaboración y solución de este sistema de ecuaciones. En la investigación verificaron el Teorema de Kirchhoff y lo complementaron con ocho reglas para el cálculo de los circuitos eléctricos. Con la ayuda de estas reglas, las intensidades de rama y las tensiones nodales se forman a partir de un bucle o determinante nodal y un circuito eléctrico. Al mismo tiempo, en el proceso de la formación de expresiones de corrientes y tensiones según estas reglas se producen operaciones por duplicado. El mismo principio se aplicó en la investigación de donde se explicaron todos los teoremas del método de Kirchhoff en un árbol completo y truncado, en una sola rama y bucle, en ramas y bucles comunes, así como las fórmulas del método de Kirchhoff rápido para generar corrientes de rama y tensiones nodales [2] [3].

Según [4], y como muestra la figura 1, se puede introducir una analogía de flujo de fluidos en el cálculo de circuitos eléctricos por leyes de Kirchoff que puede usarse perfectamente en los sistemas de almacenamiento de energía por absorción desde la perspectiva del flujo de energía. La utilización de esta filosofía en circuitos planteada ofrece una nueva forma de analizar sistemas de almacenamiento de energía por absorción, que tiene un gran potencial en tareas de optimización de todos los sistemas que consumen energía térmica y eléctrica para una mayor conservación de energía aprovechándola de mejor manera.

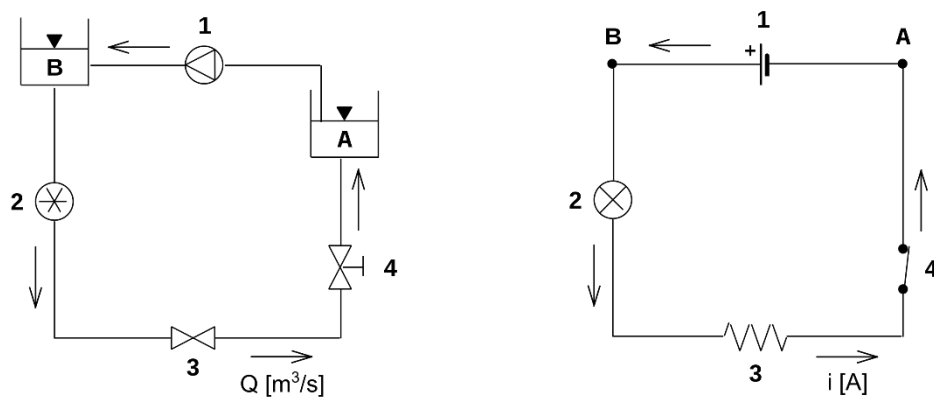


Figura 1. Analogía de circuitos eléctricos con modelos de flujo de fluidos que facilitan su cálculo y análisis especialmente en aplicaciones de optimización de energía [4].

Tanto la ley del voltaje de Kirchoff como la de intensidad tienen un sin número de aplicaciones prácticas en el desarrollo de circuitos eléctricos y electrónicos que incluyen el análisis de circuitos sencillos, como el encendido de LEDs hasta circuitos complejos. Es necesaria una resistencia que limite el voltaje para evitar que se causen daños en el componente electrónico y en los conductores. Esta ley parte del principio de conservación de la energía. La fuente de energía o tensión de alimentación se disipa en un bucle cerrado. Sin embargo, la constante invariable es la corriente que circula por él. Este fenómeno ha llevado al uso popular de la señalización del bucle de corriente de 4-20 mA en aplicaciones industriales [5] [6].

En otras aplicaciones se toma en cuenta la caída de la tensión en cables largos, por lo que en estos casos no es necesaria la medición de este dato. Utilizar la intensidad como representación de un parámetro analógico es la mejor opción, ya que se mantendrá

constante en toda la longitud. Demostrando que circula la misma cantidad de corriente entrando y saliendo de un nodo, este parámetro es importante a la hora de dimensionar tamaños de cable y anchuras de pistas de cobre en circuitos impresos. Estas leyes son adecuadas para aplicaciones de baja corriente, los diseños que incluyan MOSFET de potencia, controladores de LED y otros componentes de alta potencia requerirán el cálculo deliberado de la corriente que entra y sale de las uniones adyacentes [7] [8].

En el análisis de circuitos por leyes de Kirchhoff es adecuado utilizar el método de mallas, también conocido como el método de la corriente de bucle, es bastante similar al método de la corriente de rama en el que se utiliza ecuaciones simultáneas, como la ley de voltaje de Kirchhoff y la ley de Ohm para determinar las corrientes desconocidas en una red. Se diferencia del método de la Corriente de rama en que no es necesaria la utilización de la Ley de la Corriente de Kirchhoff, este método es adecuado para resolver un circuito con menos variables conocidas y menos ecuaciones simultáneas, lo que es especialmente bueno para un análisis rápido que puede usarse en varias aplicaciones prácticas [9] [10].

Una aplicación destacable del método de mallas es el análisis de circuitos eléctricos híbridos multilazo con elementos normales como resistencias, inductores y condensadores. Para encontrar un análisis de circuito común y un método de simulación para diferentes tipos de circuitos híbridos que consisten en componentes superconductores y normales, [11] introduce un método de malla de corriente, que puede derivar tanto el modelo del sistema general como las ecuaciones del circuito uniforme directamente desde el circuito equivalente. El método de malla-corriente se demuestra en la simulación de un circuito de retroalimentación positiva adicional. Los resultados obtenidos en la teoría de esta investigación fueron verificados con mediciones en bancos de pruebas reales. En comparación con el método de análisis nodal convencional, el método de malla corriente es excelente para tratar las relaciones que incluyen voltajes externos, las inductancias propias y mutuas en el análisis de circuitos híbridos multilazo; las ecuaciones de circuito finales exhiben directamente los teoremas físicos del análisis de circuitos.

En la actualidad, la práctica constituye un buen método de aprendizaje dado que se pueden observar fenómenos físicos y compararlos con resultados teóricos, de este modo los estudiantes pueden aprender a hacer, razonar, interactuar, debatir, poner en común ideas, puntos de vista y por supuesto poder ver la realidad que a menudo es diferente a la teoría. En este contexto un eje en la formación de ingenieros mecánicos es el manejo de componentes eléctricos y electrónicos para la puesta en marcha de varios sistemas, principalmente relacionados con automatización y control, para desarrollar destrezas y habilidades los estudiantes deben adoptar un modelo de estudio basado en la práctica, en este caso la resolución de circuitos por mallas es fundamental en el análisis y diseño de circuitos y puesta en marcha de algunos equipos, por ello surge la necesidad de desarrollar un banco didáctico en donde los estudiantes puedan desarrollar los conocimientos adquiridos teóricamente y verificar que los parámetros calculados son iguales que los medidos consolidando un modelo de aprendizaje completo.

1.2.Objetivos:

1.2.1. Objetivo general:

Diseñar y construir un banco didáctico de conexiones de malla para el laboratorio de Física de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.2. Objetivos específicos:

- **Realizar una revisión bibliográfica sobre las leyes de Kirchhoff y la resolución de circuitos eléctricos por el método de mallas.**

Se aplicó una metodología bibliográfica para conocer a fondo las leyes de Kirchhoff aplicadas a la resolución de circuitos eléctricos por el método de mallas, de este modo se tendrá una perspectiva teórica clara que será de gran importancia en el desarrollo del banco de pruebas.

- **Determinar los parámetros de diseño, cálculo y selección de componentes del banco didáctico en base a la teoría y los requerimientos de aprendizaje de los estudiantes.**

A través de las bases teóricas y los requerimientos didácticos adquiridos en el objetivo 1 se definieron los parámetros para el cálculo respectivo del banco de pruebas esto involucró su dimensionamiento, selección de componentes, y conexiones.

- **Construir el banco didáctico de conexiones de malla de modo que se puedan medir los parámetros de intensidad, voltaje y resistencia mediante sensores.**

Una vez realizado el cálculo, dimensionamiento y selección de componentes se procedió a la construcción del banco de pruebas de conexiones de malla de modo que sea útil en laboratorio para medir los parámetros de intensidad, voltaje, resistencia mediante multímetros de acuerdo con los cálculos teóricos realizados por los estudiantes.

- **Ejecutar pruebas de funcionamiento que validen los resultados obtenidos en el banco didáctico y sean comparables con la teoría.**

Las pruebas de funcionamiento se llevaron a cabo a través de la resolución de varios ejercicios teóricos (conexiones en serie, en paralelo y mixtas) en donde se determinan todos los parámetros propios de las leyes de Kirchoff, luego se configura el banco de pruebas con los respectivos componentes eléctricos tal cual se plantea el ejercicio.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2. Materiales

Los materiales seleccionados para la creación del banco es el acrílico, mediante este se podrá visualizar la configuración de mallas elegidas, además de sus componentes internos.

2.2. Recursos materiales:

Corresponden a los medios físicos que se utilizarán para desarrollar el banco didáctico y el análisis de los datos, sus características se presentan de manera detallada en la tabla 1.

Tabla 1. Recursos materiales utilizados en el proyecto de investigación.






Ítems	Denominación	Fotografía	Descripción
1	Computador		Marca: Dell Procesador: Intel Core i7 8va Generación Ram: 32 Gb Tarjeta de video: NVidia Geforce 8 Gb
2	Acrílico transparente		Espesor: 6 mm Corte: Laser

Tabla 1. Recursos materiales utilizados en el proyecto de investigación (Continuación).

Ítem	Denominación	Fotografía	Descripción
3	Cautín		Instrumento utilizado para la soldadura de componentes electrónicos, cables y terminales
4	Alicates		Utilizados para pelar cables, trenzar conductores y prensar terminales de cada componente electrónico.
5	Destornillador Philips		Utilizado en el ajuste y remoción de tornillos de cada componente del circuito.

2.2.1. Materiales de construcción del banco de circuitos de malla

Corresponde a cada material empleado en la construcción del banco físico de circuitos, los detalles de cada componente se muestran detalladamente en la tabla 2.

Tabla 2. Recursos materiales utilizados en la construcción del banco didáctico


Ítem	Denominación	Fotografía	Descripción
1	Fuente de voltaje y amperaje regulable		Fuente de energía de alta precisión Tipo de corriente: Continua Rango de voltaje: 0 a 30 V Rango de Amperaje: 0 a 5 A Alimentación: 110 VAC

Tabla 2. Recursos materiales utilizados en la construcción del banco didáctico (continuación).





Ítem	Denominación	Fotografía	Descripción
2	Interruptor basculante de seguridad		Interruptor de palanca con terminales tipo cuchilla de 3 pines con tapa de seguridad accidental rango de operación 0 a 50 V 20 A
4.	Borneras		Bloques de terminales de tipo hembra que son conectores que terminan un único cable y lo conectan a un circuito u otro sistema. Forma: Redonda
5	Terminales tipo banana		Enchufe eléctrico de un solo cable un conductor utilizado para unir conductores a equipos. Su funcionamiento se basa en un muelle metálico que aplica fuerza hacia fuera en el conector cilíndrico sin muelle para producir un ajuste perfecto.

Tabla 3. Recursos materiales utilizados en la medición del banco didáctico.

Ítem	Denominación	Fotografía	Descripción
1	Multímetro		Marca: Fluke Medición: Voltaje, amperaje, resistencia, continuidad Corriente: AC/DC

2.2.2. Recursos Institucionales

Son los medios tangibles que proporciona la Universidad Técnica de Ambato para realizar el estudio experimental:

- Laboratorio
- Equipo de medición de parámetros eléctricos
- Instalaciones eléctricas.
- Espacio físico para el desarrollo del proyecto.

2.3.Métodos

2.3.1. Tipo de investigación.

2.3.1.1.Exploratorio:

Este método permitió conocer inicialmente todas las variables que influyen en la investigación, y en el funcionamiento de los circuitos electrónicos de malla que obedecen a las leyes de Kirchhoff con esto se estableció los fundamentos de donde partió el diseño, así como los componentes que se utilizaron para el desarrollo del banco didáctico

2.3.1.2.Descriptivo:

Se utilizó un método descriptivo ya que se desarrolló un banco didáctico que sirve para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes respecto a las leyes de Kirchhoff, los datos obtenidos de manera experimental se registraron con imparcialidad, teniendo en cuenta los resultados que se obtengan por medio de ejercicios teóricos, de modo que el estudiante lo compare con las mediciones de los parámetros eléctricos experimentales. Previo al diseño del banco de circuitos se ha revisado bibliografía en donde se han desarrollado proyectos similares, obteniendo buenos resultados con aprendizaje basado en la práctica lo cual se busca lograr en los estudiantes en las asignaturas que involucran el uso de componentes eléctricos y electrónicos.

2.3.1.3. Bibliográfico:

Se refiere a los medios de obtención de información basados en estudios y aplicaciones similares o que tengan relación con la temática propuesta de fuentes nacionales e internacionales; debido a que es un tema novedoso que ayudará a los estudiantes a desarrollar de mejor manera sus conocimientos, mediante la bibliografía se indagó el fundamento teórico del proyecto.

2.3.1.4. Investigación de campo

En la concepción del proyecto técnico se aplicaron los conocimientos y la información obtenida en la formación académica de la carrera, especialmente de las áreas de electrotecnia, electrónica y energías con el objetivo de poder construir banco de pruebas confiable que será útil en las prácticas de laboratorio de los estudiantes fortaleciendo su conocimiento y demostrando que los resultados teóricos son similares a los obtenidos de forma experimental.

2.3.1.5. Fundamentación legal.

La Normativa sobre componentes electrónicos IEC 60115-9:2003 establece resistencias fijas para utilización en equipos electrónicos - Parte 9: Especificación seccional: Redes de resistencias fijas de montaje superficial con resistencias medibles individualmente.

Esta norma prescribe los valores nominales y las características preferentes y selecciona, a partir de la norma IEC 60115-1, los procedimientos de evaluación de la calidad, los ensayos y los métodos de medición adecuados, y ofrece requisitos generales de rendimiento para todo tipo de resistencias.

Teniendo en cuenta que el diseño del banco de pruebas incluye resistencias variables es necesario que todos los instrumentos que se adquieran estén avalados por este estándar, de este modo se garantiza la calidad del dispositivo que será fabricado.

La norma IEC 60143-1:2015 se aplica tanto a las unidades de condensadores como a las baterías de condensadores destinadas a ser utilizadas conectadas en serie con una línea o circuito de transmisión o distribución de d.c. que forme parte de un sistema de alimentación. Esta norma se centra en las aplicaciones de transmisión. Las unidades y

baterías de condensadores en serie se destinan normalmente a sistemas de potencia de alta tensión. Esta norma es aplicable a toda la gama de tensiones. Esta norma no se aplica a los condensadores de tipo dieléctrico metalizado autorregenerable.

La Normativa sobre sensores de voltaje e intensidad IEC 60051-2:2018 muestra instrumentos de medida eléctricos con indicación analógica por acción directa y sus accesorios. Parte 2: Requisitos particulares para amperímetros y voltímetros.

Esta parte de la norma IEC 60051 se aplica a los amperímetros y voltímetros

También se aplica a:

- Los amperímetros y voltímetros indicadores de acción directa cuyas marcas de escala no correspondan
- Directamente a su magnitud eléctrica de entrada, siempre que la relación entre ellas sea conocida;
- Los amperímetros y voltímetros indicadores de acción directa y los accesorios con dispositivos
- Electrónicos en sus circuitos de medida y/o auxiliares.

Este documento no se aplica a:

- Instrumentos para usos especiales que estén cubiertos por sus propias normas CEI;
- Aparatos especiales cubiertos por sus propias normas CEI cuando se utilicen como como accesorios.

Los sensores utilizados en el banco de pruebas cumplen esta normativa, por ende, muestran valores claros y confiables de manera inmediata.

2.3.2. Técnicas e instrumentos de investigación

2.3.2.1. Búsqueda bibliográfica

Mediante esta técnica de búsqueda de información se conoció detalladamente la metodología de resolución de circuitos por mallas y sus aplicaciones prácticas de este

modo se concibió el diseño del banco de pruebas que fue validado a través de varios ejercicios teóricos.

2.3.2.2.Experimentación.

A través de esta técnica se controlaron las variables de la investigación, en este caso los parámetros eléctricos del circuito replicando los fenómenos eléctricos de la teoría en un medio tangible las variables físicas y eléctricas fueron medidas y contrastadas con las obtenidas del cálculo obteniendo una comparación.

2.4.Metodología de cálculo de circuitos por el método de mallas a través de las leyes de Kirchhoff.

Las leyes de Kirchhoff se dividen en dos grandes grupos, una para el voltaje y otra para la corriente o intensidad, determinan lo que significa una conexión entre los elementos del circuito. Estas leyes pueden ayudar a analizar el circuito y todos sus parámetros en diferentes puntos, los lugares donde los elementos del circuito se unen entre sí se llaman nodos [12] [13].

2.4.1.1.Ley de corriente de Kirchhoff

En cada nodo, la suma de todas las corrientes que ingresan debe ser igual a cero. Lo que significa físicamente esta ley es que la carga no puede acumularse en un nodo; Todo lo que entra tiene que salir [14].

Las dos leyes de Kirchhoff son teoremas o procedimientos básicos para derivar modelos matemáticos de sistemas eléctricos. La primera ley de Kirchhoff, también conocida como ley del nodo o de la corriente establece que la suma algebraica de las corrientes correspondientes a todas las ramas que convergen en un nodo es cero [14]. Este principio se ilustra en la figura 2, y es básicamente la expresión matemática de la conservación de carga. Para el caso particular presentado, la primera ley de Kirchhoff se define matemáticamente como:

$$(i_1 + i_2) - (i_3 + i_4) = 0.$$

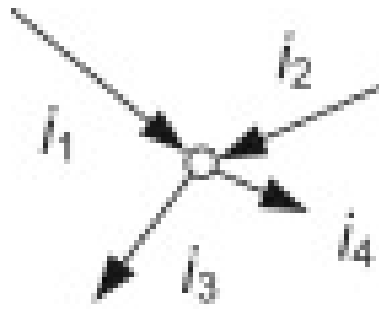


Figura 2. Definición gráfica de la primera ley de Kirchoff. [14]

2.4.2. Ley de voltaje de Kirchhoff

La ley de voltaje dice que la suma de voltajes alrededor de cada lazo cerrado en el circuito debe ser igual a cero. Un bucle cerrado tiene la siguiente definición: comenzando en un nodo, traza un camino a través del circuito que devuelve al nodo de origen. La ley de voltaje de Kirchhoff expresa el hecho de que los campos eléctricos son conservativos: el trabajo total realizado al mover una carga de prueba alrededor de un camino cerrado es cero [15].

La segunda ley de Kirchhoff, también conocida como ley de la malla o de la tensión, establece que la suma algebraica de las tensiones a través de los componentes eléctricos individuales es igual a la suma algebraica de las tensiones de la fuente en una malla [16].

2.4.3. Análisis de circuitos por mallas.

El método de la corriente de malla es uno de los varios métodos organizados para resolver un circuito eléctrico. Para ello es necesario resolver un sistema de ecuaciones independientes, donde nombramos E al número de elementos del circuito. El Método de la corriente de malla maneja eficientemente la tarea de análisis, resultando en un número relativamente pequeño de ecuaciones a resolver.

2.4.4. Lazos y mallas.

Un lazo es cualquier camino cerrado alrededor de un circuito. Para trazar un lazo, se empieza en cualquier terminal de un componente y se traza un camino a través de los elementos conectados hasta volver al punto de partida. Un lazo puede pasar por un elemento sólo una vez. En el circuito de la figura 3, hay tres bucles, dos bucles sólidos, (I), (II), y un bucle discontinuo que constituye toda la periferia del circuito alrededor en la periferia del circuito [17], a partir de esta explicación se realizó la configuración del banco didáctico, pues lo que se busca es poder tener un conjunto de mallas en donde se pueda calcular más de una equivalencia sea de resistencias o de capacitadores sin tener un circuito de gran tamaño.

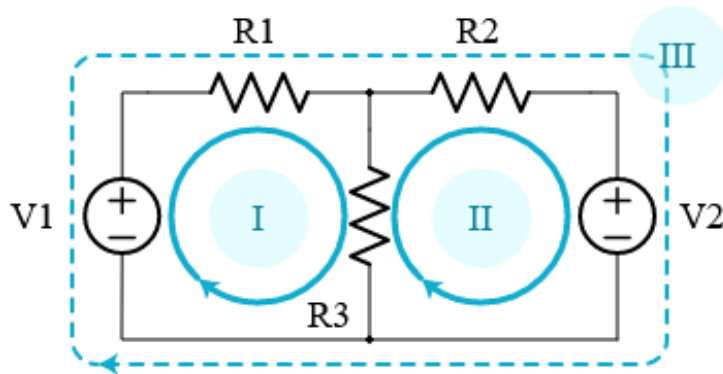


Figura 3. Esquema de un circuito por resolver con el método de mallas, se aprecian 3 bucles continuos y uno discontinuo. [18]

Si se trazan los bucles en el sentido de las agujas del reloj, los tres bucles del circuito pasan por.

$$\text{Lazo I: } V1 - R1 - R3$$

$$\text{Lazo II: } R3 - R2 - V2$$

$$\text{Lazo III (Abierto): } V1 - R1 - R2 - V2$$

Una malla es un tipo restringido de bucle; una malla es un bucle que no contiene otros bucles. En el circuito de la figura 3, los bucles I y II son mallas porque no hay bucles más pequeños dentro. El bucle discontinuo (III) no es una malla, porque contiene otros dos bucles dentro.

2.4.5. Método de la corriente de malla.

El método de la corriente de malla se basa en las corrientes de lazo que fluyen alrededor de las mallas. El análisis se realiza con los siguientes pasos en secuencia [19].

- Identificar las mallas, los lazos abiertos del circuito.
- Asignar una variable de corriente a cada malla, utilizando una dirección coherente en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario.
- Escribir las ecuaciones de la ley de tensión de Kirchhoff alrededor de cada malla.
- Resolver el sistema de ecuaciones resultante para todas las corrientes de la malla.
- Resolver para otras corrientes y tensiones de los elementos que se requieran utilizando la Ley de Ohm $V = IR$

2.4.6. Resistencia eléctrica.

Es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico. La resistencia se mide en ohmios, simbolizados por la letra griega omega (Ω). Cuanto mayor sea la resistencia, mayor será la oposición al paso de la corriente. Cuando se aplica la diferencia de potencial a un conductor, la corriente comienza a circular, o los electrones libres comienzan a moverse. Mientras se mueven, los electrones libres chocan con los átomos y las moléculas del conductor[20].

Debido a la obstrucción creada por ciertos materiales, la velocidad de flujo de los electrones o de la corriente eléctrica se ve restringida. Por lo tanto, existe cierta oposición al flujo de electrones o a la corriente [21].

2.4.7. Voltaje.

También se define como tensión o diferencia de potencial eléctrico y en otras definiciones se define como fuerza electromotriz, es la diferencia de potencial eléctrico por unidad de carga entre dos puntos en un campo eléctrico. La tensión se expresa matemáticamente en expresiones matemáticas con el símbolo V o E [22] [23].

2.4.8. Intensidad de corriente.

Una corriente eléctrica es un flujo de partículas cargadas, como electrones o iones, que se mueven a través de un conductor o espacio eléctrico. Se mide como la tasa neta de flujo de carga eléctrica a través de una superficie o en un volumen de control[24].

Las partículas en movimiento se llaman portadores de carga, que pueden ser uno de varios tipos de partículas, dependiendo del conductor. En los circuitos eléctricos, los portadores de carga suelen ser electrones que se mueven por un cable metálico. En los semiconductores pueden ser electrones o materiales derivados del silicio. En un electrolito, los portadores de carga son iones, mientras que, en el plasma, un gas ionizado, son iones y electrones, la intensidad de corriente tiene diferente comportamiento según el material en donde fluye la energía [25].

2.4.9. Ley de Ohm.

La ley de Ohm establece la relación entre la corriente eléctrica y la diferencia de potencial. La corriente que circula por la mayoría de los conductores es directamente proporcional a la tensión que se le aplica.

Esta expresión establece que la tensión a través de un conductor es directamente proporcional a la corriente que fluye a través de él, siempre que todas las condiciones físicas como la temperatura y otras variables permanezcan constantes.

Ecuación de la Ley de Ohm:

$$V = IR$$

Donde:

V: Voltaje a través del conductor

I: Corriente que fluye a través del conductor

R: Resistencia proporcionada por el conductor al flujo de la corriente.

Metodología de cálculo.

Las leyes Kirchoff sirven para reducir/resolver aquellos casos prácticos de circuitos que no se pueden reducir a combinaciones sencillas en serie o paralelo, Estos

enunciados permiten analizar el voltaje y la intensidad de corriente en un nodo. Las leyes de voltajes y corrientes de Kirchhoff también llamadas KVL y KCL respectivamente, KVL establece que la suma algebraica de las caídas de voltaje en una secuencia cerrada de nodos es cero.

Sin importar el número de mallas existentes la resolución es la misma, siguiendo las dos primeras leyes de Kirchhoff no importa los elementos que se encuentren en la red o el orden en el que se encuentren, por lo que el banco didáctico busca agilizar con el menor error posible la resolución de la malla.

Leyes de Kirchhoff en resistencias

KCL – Ley de corrientes de Kirchhoff (1ª ley de Kirchhoff)

Dado que la carga que entra a un nodo debe salir, y que ni se crea ni se destruye carga en los nodos, la carga neta que entra en un nodo es igual a la que sale del mismo. De lo anterior se puede deducir las siguientes leyes para la corriente:

- La suma algebraica de corrientes de rama que entran a un nodo es cero, en cualquier instante de tiempo.
- La suma algebraica de corrientes de rama que salen a un nodo es cero, en cualquier instante de tiempo. De lo anterior se desprende el hecho de que no se pueden tener fuentes ideales de corriente en serie. En la figura 4 se muestran dos corrientes I_1 e I_2 que llegan a un nodo común (A) la corriente saliente del nodo A, I_3 es la sumatoria de las dos que entran al nodo.

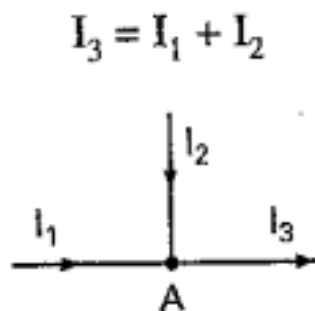


Figura 4. Entrada y salida de tres corrientes hacia un mismo nodo. [25]

KVL – Ley de voltajes de Kirchhoff (2ª ley de Kirchhoff)

- La suma algebraica de caídas de voltaje alrededor de un camino cerrado es cero, en cualquier instante de tiempo.
- Para cualquier par de nodos j y k , la caída de voltaje de j a k V_{jk} es: $V_{jk} = V_j - V_k$, en cualquier instante de tiempo. Donde V_j es el voltaje de nodo del nodo j respecto a la referencia, y V_k es el voltaje de nodo del nodo k respecto a la referencia.
- Para un circuito conectado, como se muestra en la figura 5, una secuencia de nodos a-b, la caída de voltaje en cualquier instante de tiempo es: $V_{ab} = V_1 + V_2 - V_3$

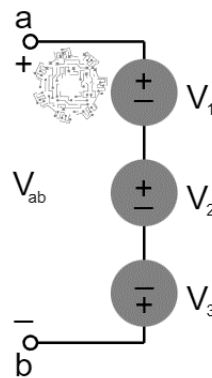


Figura 5. Fuentes de voltaje en serie. [25]

c) Existe un procedimiento gráfico para obtener los valores obtenidos en el punto anterior y representar la tensión del condensador en función del tiempo.

Para su ejecución es necesario dividir el eje de abscisas en tramos de tiempo de valor RC (Capacitancia de referencia). En el eje de las ordenadas se representa el valor de la tensión del generador.

Durante la primera RC, el condensador se carga aproximadamente a las dos terceras partes de la tensión total del generador. Durante la segunda RC (Capacitancia de referencia) aumenta su carga en las dos terceras partes de la tensión que le queda para la carga total. En la tercera RC, vuelve adquirir $2/3$ de la tensión residual al cabo de 5RC, el condensador está prácticamente cargado al 100%. En la figura 6 se muestra la variación de tensión respecto al tiempo.

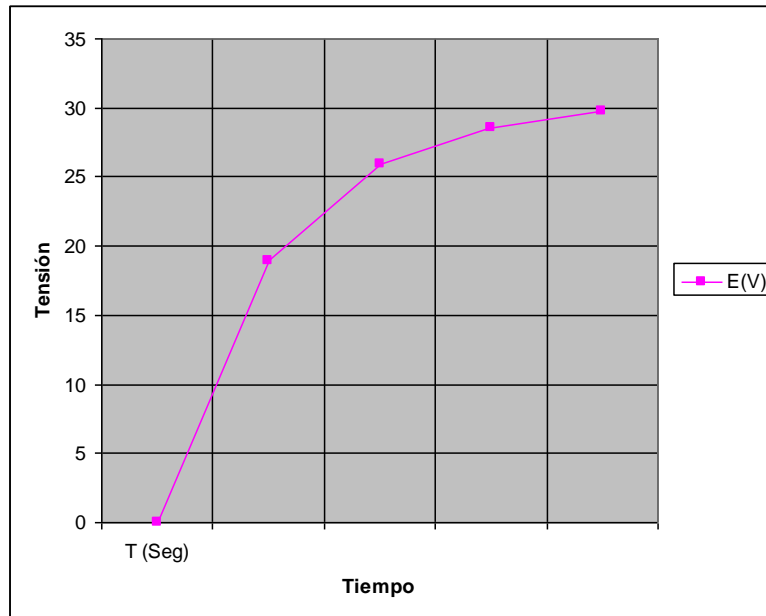


Figura 6. Diagrama tensión vs tiempo

La energía almacenada por un condensador de $20\mu\text{F}$, si la ddp (Diferencia de potencial) entre sus armaduras es de 200V . se calcula mediante la siguiente expresión

$$W = \frac{1}{2} CV_{ab}^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times 200^2 = 0,4\text{Julios} \quad \text{Ec [1]}$$

Donde:

C = condensador

V_{ab} = Voltaje entre los puntos de interés.

W = Energía almacenada

2.5.Diagrama de flujo para el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto partimos de una revisión bibliografía para tener conocimiento de los parámetros más importantes para la realización del banco, además de poder obtener información sobre proyectos similares, a partir de la revisión se definió los parámetros de diseño y la selección de los componentes electrónicos, el proceso de muestra de manera detallada en el diagrama de la figura 7.

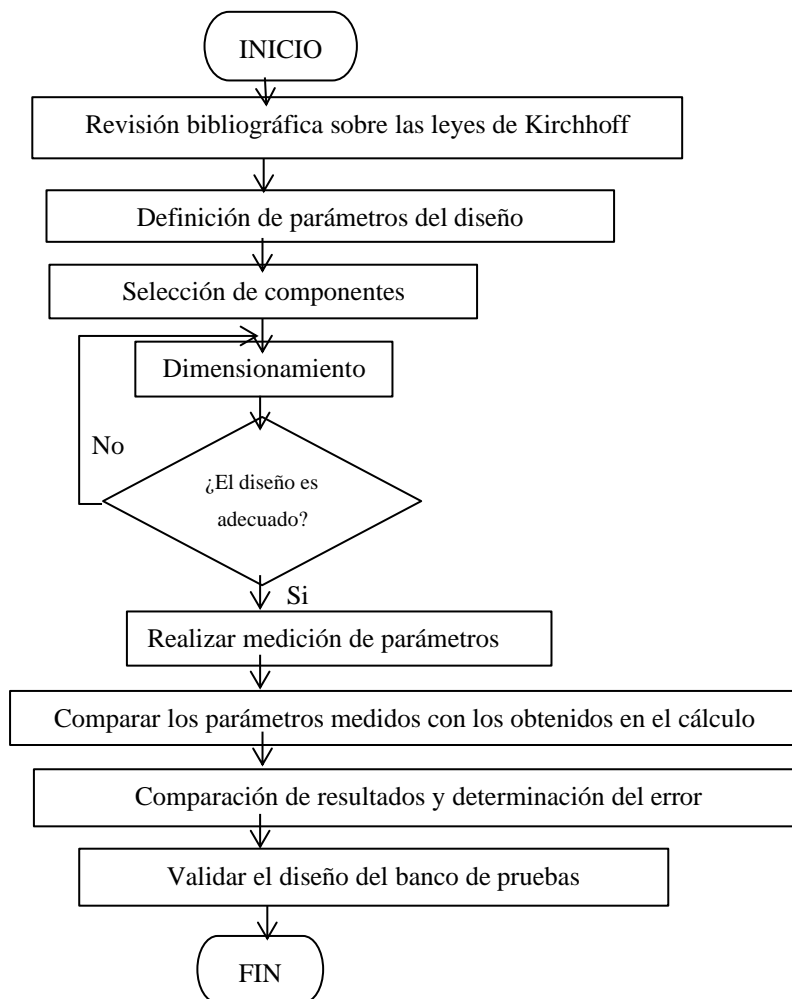


Figura 7. Diagrama de flujo del desarrollo del banco de pruebas de circuitos de malla.

2.6. Diseño del banco didáctico de circuitos

El desarrollo y construcción de un banco didáctico de circuitos surge por la necesidad de aprendizaje práctica de los estudiantes de ingenierías que requieren comprobar los aspectos teóricos de ciertas disciplinas mediante el uso de componentes electrónicos.

Las leyes de Kirchoff constituyen un eje fundamental de la electrónica y la electrotecnia, por ello el estudiante debe desarrollar destrezas que le permitan formarse adecuadamente para hacer frente a problemas que deben solucionarse con agilidad. La concepción del equipo se enmarca en la necesidad de los nuevos laboratorios de dotarse de equipos que contribuyan al aprendizaje del estudiante a través de casos reales.

2.6.1. Selección de la fuente de voltaje.

Ante todo es necesario garantizar la integridad de los estudiantes al momento de realizar la práctica, teniendo en cuenta que el equipo diseñado siempre estará en contacto con los alumnos se escoge una fuente de voltaje disponible en el mercado que suministra 30 voltios a un máximo de 5 amperios, con esto se evitan posibles accidentes por altas tensiones y además este equipo permite alimentar al circuito de manera uniforme y tener un rango ajustable de parámetros para medir con los sensores en cada punto.

El circuito es mixto y permite simular la ley de voltaje y amperaje de Kirchhoff en resistencias y capacitores.

2.6.2. Cableado.

Para dimensionar el cable se necesita conocer la corriente que va a conducir y su longitud, se considera un metro de largo dado que es la distancia máxima de los cables que se conectan al tablero de control. La sección mínima se calcula mediante la siguiente expresión [26].

$$s = \frac{2 * L * I}{C * \%V} \quad \text{Ec [2]}$$

Donde:

L: longitud del cable

I: Intensidad de corriente máxima que conduce (Dada por la fuente de voltaje en este caso se toma la máxima de 5 amperios DC)

C: Constante de conductividad del material del cable (56 para el cobre). [26]

% V: Porcentaje de caída de tensión admisible (Se asume un 5% del voltaje del sistema máximo de 30 voltios entregado por la fuente)

$$s = \frac{(2)(1m)(5A)}{= 56 * (0,05(30V))}$$

$$s = 0,119 \text{ mm}^2$$

Diámetro del cable:

$$s = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4(0,119 \text{ mm}^2)}{\pi}}$$

$$d = 0,389 \text{ mm}$$

En el mercado se encuentran secciones de cable desde 0,5 mm de diámetro (calibre del cable AWG 24), entonces se selecciona el mínimo disponible en cable filamentado, los colores que se emplearon fueron el negro y rojo simbolizando los polos positivo y negativo del sistema.

2.6.3. Diseño de la malla.

En esencia el circuito del banco de pruebas didáctico comprueba la teoría de las leyes de Kirchhoff de voltaje y amperaje y debe permitir la simulación de:

- Resistencias en serie
- Resistencias en paralelo
- Capacitores en serie
- Capacitores en paralelo

Para lograr esto se diseñaron dos mallas, la malla izquierda contiene tres resistencias en paralelo las cuales pueden ser intercambiables encontrándose en paralelo, la malla de la derecha se enfoca solamente en componentes en serie, los interruptores colocados estratégicamente permiten dar o quitar energía a ambas mallas según corresponda el ejercicio.

2.6.4. Control del paso de energía en puntos estratégicos.

La activación o desactivación de los interruptores ubicados estratégicamente tiene como finalidad energizar o quitar energía a las mallas definidas para hacer que los componentes trabajen en serie, paralelo y mixto además de los casos en donde se combinan ambos, el elemento ideal para lograr este propósito es el interruptor

basculante con cápsula de seguridad que permite controlar el circuito a voluntad del usuario y evitar el paso de energía innecesario, en la figura 8 se observa el diagrama esquemático del circuito diseñado.

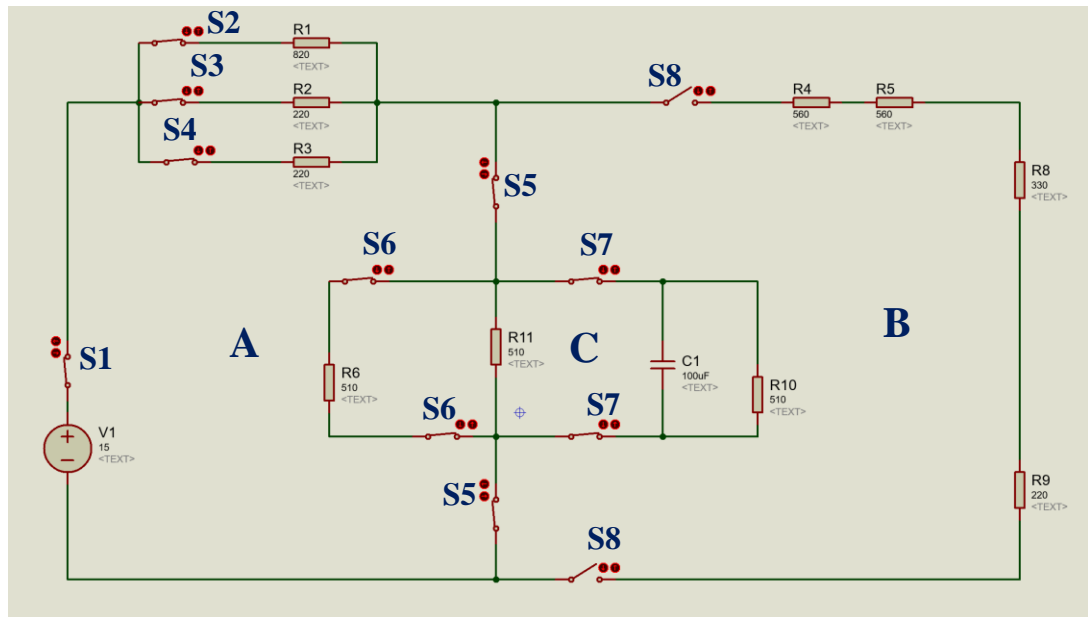


Figura 8. Mallas en serie y paralelo empleadas en el circuito.

La malla A corresponde a componentes en paralelo, sean capacitores o resistencias, las resistencias R1,2,3 son intercambiables, lo que permite al alumno colocar la resistencia deseada mediante un multímetro.

En cualquiera de las mallas se puede intercambiar resistencias por capacitores o viceversa, por lo que R1,2,3 pueden cambiar y formar una malla en paralelo con capacitores.

En la malla B se simulan solo componentes en serie como las resistencias R4,5,8,9 que al igual que las de la primera malla intercambiables.

2.6.5. Conectores y borneras.

Se escogieron borneras redondas que son compatibles con los enchufes del tipo banana, permiten que la conexión sea fuerte y a la vez fácil de desmontar ya que para energizar algunas mallas es necesario el uso de puentes y cables adicionales. Este tipo de conectores son estándar y fáciles de ensamblar en el tablero de control.

2.6.6. Resistencia del cable.

Para construir el banco de circuitos se empleó un cable AWG 24 de 0,5 mm de diámetro con una longitud total aproximada de 2 m, considerando que el cobre tiene una resistividad de $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ y las condiciones de temperatura son ambientales se procede a calcular la resistividad del cable mediante la siguiente ecuación.

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad \text{Ec [3]}$$

Donde:

R: Resistencia del cable.

L: Longitud del cable

ρ : Resistividad del cobre

A: Sección transversal

$$R = \frac{1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m (2m)}{\frac{\pi(0,5 \times 10^{-3})^2}{4}}$$

$$R = 0,173 \Omega$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El banco de pruebas se compone de dos mallas principales, cada una con interruptores que permiten el paso o la restricción de corriente hacia cada una de estas, el circuito inicia por las tomas principales en donde se ubican los plugins de la fuente regulable en la primera malla y finaliza en una malla con componentes en serie. Se plantearon 5 ejercicios para verificar el funcionamiento del banco didáctico.

En la tabla 4 se muestra el ejercicio 1, se realizó la resolución de resistencias en serie de 220Ω , 560Ω , 330Ω ; se calculó el voltaje que pasa por cada resistencia, así como el voltaje de la malla.

En la tabla 5, se visualiza el ejercicio 2 se calculó el amperaje de dos resistencias de $R_{2,3} = 220 \Omega$ en paralelo con una resistencia de 510Ω en serie.

En la tabla 6, se muestra el ejercicio 3 en donde se calculó el voltaje de las resistencias donde la primera malla muestra dos resistencias de $R_{2,3} = 220 \Omega$ en paralelo con una segunda malla en paralelo con $R_{6,10} = 510 \Omega$, se calcula el voltaje de cada resistencia.



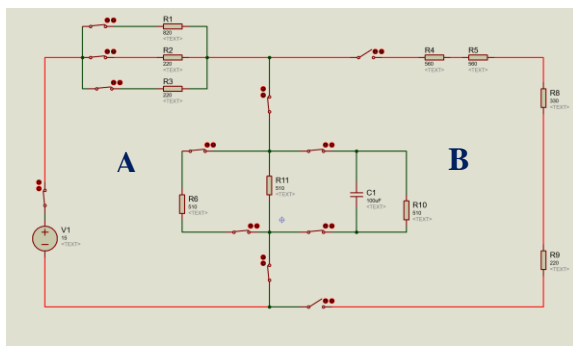

En la tabla 7, se realizó el ejercicio 4 en donde se muestra una resistencia de 220Ω , en serie con una malla que contiene dos resistencias en paralelo del mismo valor y un capacitor de $100 \mu\text{F}$, se obtiene el voltaje del capacitor.

El ejercicio 5 se presenta en la tabla 8, donde se muestra resistencias de 220Ω y 820Ω en paralelo, en serie con una malla que contiene una resistencia en serie cuyo valor es de 510Ω y un capacitor de $100 \mu\text{F}$, se obtiene la corriente equivalente.

En el ejercicio 6 se calcula el voltaje equivalente de cada malla, la primera malla contiene tres resistencias en paralelo cuyos valores son $R_1 = 820 \Omega$, $R_{2,3} = 220 \Omega$, en la segunda malla tiene una resistencia en serie de $R_7 = 510 \Omega$ y la tercera malla contiene 4 resistencias en serie cuyos valores son $R_{4,5} = 560 \Omega$, $R_8 = 330 \Omega$ y $R_9 = 510 \Omega$. Los presentes ejercicios tienen como fin demostrar que se puede realizar diferentes combinaciones en el banco



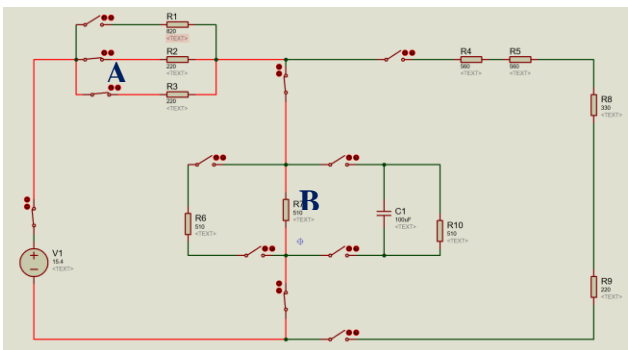


En la tabla 4 se muestra el ejercicio 1 de un arreglo de una malla con 5 resistencias en serie de diferentes valores (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 4. Ejercicio 1 resistencias en serie.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
N° de ejercicio	01		Malla
Parámetros	Corriente de entrada	0,008A	Caso
			Componente
Características del ejercicio.	Resistencia en serie.		Resistencias en serie
			Valor
			R2 y R9
			220 Ω
			Resistencia de los cables de conexión.
			0,173 Ω
			R4 y R5
			560 Ω
			R8
			330 Ω
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO			
			
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo
		Fecha:	16/01/2023
Solución teórica		Verificación en el banco de circuitos	
<p>Voltaje total:</p> $V1 = I * R1$ $Vt = V1 + V2 + V3 + \dots$ <p>Corrientes en serie todas las intensidades son iguales.</p> $V2 = I * R2 = 0.008 * (220 + 0.173) = 1.76 \text{ V}$ $V4 = I * R4 = 0.008 * (560 + 0.173) = 4.48 \text{ V}$ $V5 = I * R5 = 0.008 * (560 + 0.173) = 4.48 \text{ V}$ $V8 = I * R8 = 0.008 * (330 + 0.173) = 2.64 \text{ V}$ $V9 = I * R9 = 0.008 * (220 + 0.173) = 1.76 \text{ V}$ <p>Voltaje de la resistencia</p> $Vt = V2 + V4 + V5 + V8 + V9$ $Vt = 1.76 + 1.76 + 4.48 + 4.48 + 3.3 = 15.12 \text{ V}$		<p>Voltaje total de la malla</p> 	
<p>Observaciones: La lectura del voltímetro es de 14.95 V la diferencia es de 0,17 voltios en relación con lo calculado, esto puede deberse a pérdidas generadas en los cables o componentes y a la precisión del sensor.</p>			



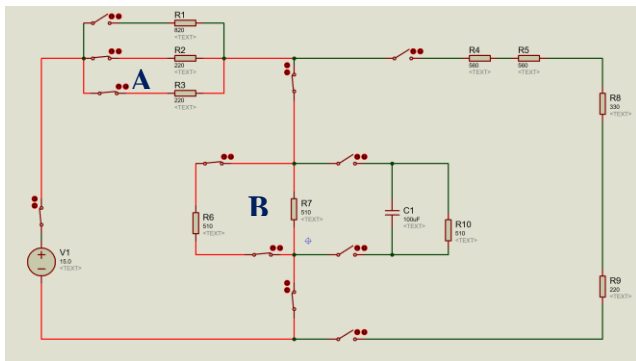


En la tabla 5 se muestra el ejercicio 2 de un arreglo de dos resistencias en paralelo de 220 Ω con una resistencia en serie de 510 Ω (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 5. Ejercicio 2, resistencias en paralelo y resistencia en serie.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
N° de ejercicio	02		Malla		A y B
Parámetros	Voltaje de entrada	15.4 V	Caso		Resistencias en serie y paralelo
			Componente		Valor
Características del ejercicio.	Resistencias en paralelo y en serie		R2,R3		220 Ω
			Resistencia de los cables de conexión.		0,173 Ω
			R11		510 Ω
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO					
					
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo		
		Fecha:	16/01/2023		
Solución teórica			Verificación en el banco de circuitos		
Resistencia del cable: 0,173 Ω Formula de intensidad para la malla en paralelo $I_n = \frac{V_n}{R_n}$ $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{2.79}{220 + 0.173} = 0.0126A$ $I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{2.79}{220 + 0.173} = 0.0126A$ Corriente equivalente de R2 y R3: $I_{2,3} = 0.0126 + 0.012 = 0.025A$ Corriente para la resistencia en serie $I_{11} = \frac{V_{11}}{R_{11}} = \frac{12.5}{510 + 0.173} = 0.025A$ Corriente total: $I = 0.025A$ Voltaje ingresado: 15.4V			Intensidad de I2 e I3  Intensidad de I11 		
Observaciones: Se observa una variación de 0,002 de corriente para el amperaje total de la malla.					



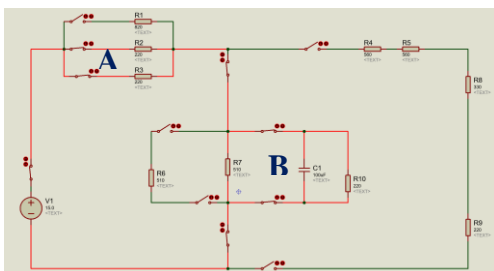

En la tabla 6 se muestra el ejercicio de un arreglo de dos resistencias en paralelo de 220Ω con dos resistencias en paralelo de 510Ω (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 6. Ejercicio 3 arreglo de dos mallas con resistencias en paralelo.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
N° de ejercicio	03		Malla	A y B	
Parámetros	Corriente de entrada	0,047A	Caso	Resistencias en paralelo	
			Componente	Valor	
Características del ejercicio.	Resistencias en paralelo		R2,R3	220 Ω	
			Resistencia de los cables de conexión.	0,173 Ω	
			R6,R7	510 Ω	
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO					
					
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo		
		Fecha:	16/01/2023		
Solución teórica			Verificación en el banco de circuitos		
Voltaje total: $V1 = I * R1$ $Vt = V1 + V2 + V3 + \dots$ Corrientes en serie todas las intensidades son iguales. $V2 = I * R2 = 0.02 * (220 + 0.173) = 4.40V$ $V3 = I * R3 = 0.02 * (200 + 0.173) = 4.40V$ $V6 = I * R6 = 0.02 * (510 + 0.173) = 10.2V$ $V7 = I * R7 = 0.02 * (510 + 0.173) = 10.2V$ Voltaje de la resistencia $Vt = V2 + V4 + V5 + V8 + V9$ $Vt = 4.40 + 4.40 + 4.40 + 4.40 + 4.40 = 14.60 V$			Voltaje en las Resistencias R2 y R3  Voltaje en las Resistencias R6 y R7 		
Observaciones: Se midió una un voltaje total de 14.86V por lo que existe una diferencia de 0,26V.					



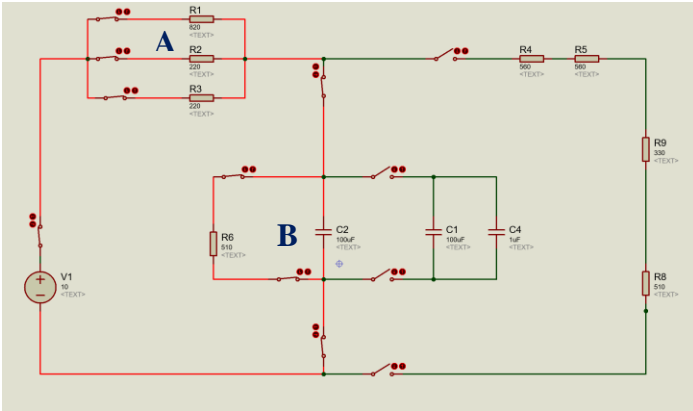

En la tabla 7 se muestra un arreglo de tres resistencias en paralelo de 200Ω en serie con otra resistencia de 200Ω (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 7. Ejercicio 4 resistencias en paralelo con capacitores en serie.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
N° de ejercicio	04		Malla		A y B
Parámetros	Voltaje de entrada	15 V	Caso		Resistencias en paralelo
			Componente		Valor
Características del ejercicio.	Resistencias en paralelo con capacitor		R2,R3		220Ω
			Resistencia de los cables de conexión.		$0,173 \Omega$
			C1	$100 \mu F$	
			R7	510Ω	
		R10	220Ω		
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO					
					
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo		
		Fecha:	16/01/2023		
Solución teórica			Verificación en el banco de circuitos		
Resistencia equivalente del arreglo en paralelo. $\frac{1}{REq} = \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$ $\frac{1}{REq} = \frac{1}{220\Omega} + \frac{1}{220\Omega} = \frac{1}{110}$ $REq = 110 \Omega$ $\frac{1}{REq2} = \frac{1}{R7} + \frac{1}{R10}$ $\frac{1}{REq2} = \frac{1}{510\Omega} + \frac{1}{220\Omega} = \frac{73}{11220}$ $REq = 153.69 \Omega$ Capacitancia en paralelo. $CT = C2$ $CT = 100\mu F$ Corriente del circuito Resistencia del cable: $0,173 \Omega$ $I = \frac{V}{R}$ $I = \frac{15 V}{110 + 153.69} = 0,056 A$ Voltaje del arreglo de capacitores. $VC = \frac{Ct * Vs}{C1} = \frac{100 \times 10^{-6} F * 15 V}{100 \times 10^{-6} F} VC = 15 V$			Voltaje del capacitor 		
Observaciones: Se midió 14.98 voltios en el capacitor existen ligeras variaciones de 0.02 esto se debe a parámetros que pueden estar relacionados con la configuración del circuito o la calidad de los componentes ensayados.					



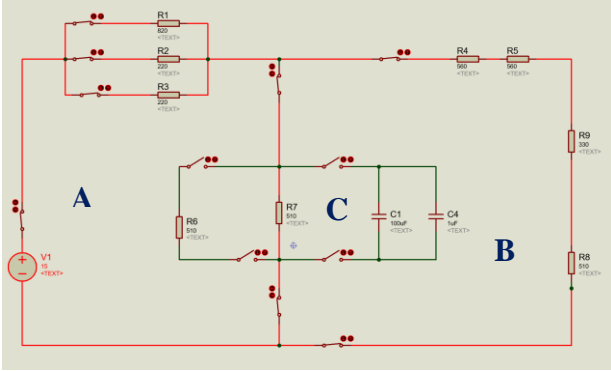


En la tabla 8 se muestra el arreglo de una malla grande con resistencias en serie y capacitores en serie (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 8. Ejercicio 5, resistencias en serie con capacitores en serie.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
N° de ejercicio	05		Mallas		AyB
Parámetros	Voltaje de entrada	10 V	Caso		Resistencias y capacitores en serie
			Componente		Valor
Características del ejercicio.	Resistencias en serie con capacitores en serie		R2,R3		220 Ω
			R1		820 Ω
			R6		510 Ω
			Resistencia de los cables de conexión.		0,173 Ω
			C2		100 μF
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO					
					
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo		
		Fecha:	16/01/2023		
Solución teórica			Verificación en el banco de circuitos		
$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}$ $\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{220} + \frac{1}{220} + \frac{1}{820} = 96.98 \Omega$ <p>Resistencia equivalente del circuito Resistencia del cable: 0,173 Ω</p> $R_T = 96.98 + 0.173 + 510 = 607.153 \Omega$ <p>Corriente equivalente</p> $I = \frac{10 \text{ V}}{607.153} = 0,0164$			<p>corriente equivalente del circuito de capacitores</p> 		
Observaciones: Se midió una corriente de 0.18 A, presentando así una diferencia de 0.002 A.					

En la tabla 9 se presenta el ejercicio 6 de tres mallas que constan con resistencias en paralelo y en serie (la línea roja representa el camino del circuito que se va a trabajar).

Tabla 9. Ejercicio 6 resistencias en paralelo con resistencias con capacitores en serie.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
N° de ejercicio	06		Mallas		
Parámetros	Corriente de entrada	0.03 A	Caso		
			Componente		
Características del ejercicio.	Resistencias en paralelo y serie		R2, R3	220 Ω	
			Resistencia de los cables de conexión.		0,173 Ω
			R4 y R5		560 Ω
			R1		820 Ω
			R9		330 Ω
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO					
					
Realizado por:	Wagner Pineda	Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo		
		Fecha:	16/01/2023		
Solución teórica		Verificación en el banco de circuitos			
<p>Resistencia equivalente del arreglo en paralelo.</p> $\frac{1}{REq} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$ $RE1 = \frac{1}{\frac{1}{820\Omega} + \frac{1}{220\Omega} + \frac{1}{220\Omega}} = 96.98\Omega$ $RE2 = 560 * 2 + 330 + 510 = 1960\Omega$ $RE3 = \frac{1}{\frac{1}{510} + \frac{1}{1960}} = 404.69\Omega$ <p>Resistencia del cable: 0,173 Ω</p> <p>Resistencia equivalente total.</p> $RT = RE1 + RE3 = 96.98\Omega + 404.69\Omega = 501.67\Omega$ $VT = 0.03 * (501.67 + 0.173) = 15.055V$		<p>voltaje equivalente del circuito A</p>  <p>voltaje equivalente del circuito B y C</p> 			
<p>Observaciones: Se midió un voltaje de 14.96 voltios en este caso existe una diferencia de 0.09, la pérdida de voltaje puede ser ocasionada por los cables del circuito y sus accesorios.</p>					

3.1. Diseño final del banco de pruebas.

El dispositivo diseñado se compone de un cuerpo principal fabricado de melamina, el cual contiene la fuente regulable de voltaje y el tablero principal con todos los componentes electrónicos, dicho tablero se fabricó en acrílico mediante corte laser, de este modo se pudo dimensionar de manera exacta los agujeros en donde se ubican, interruptores y borneras, el circuito se alimenta desde la fuente regulable mediante dos cables principales, uno de color negro de polaridad negativa y uno de color rojo positivo, el diseño final del banco didáctico se muestra en la figura 9 con todas sus partes principales indicadas con números.

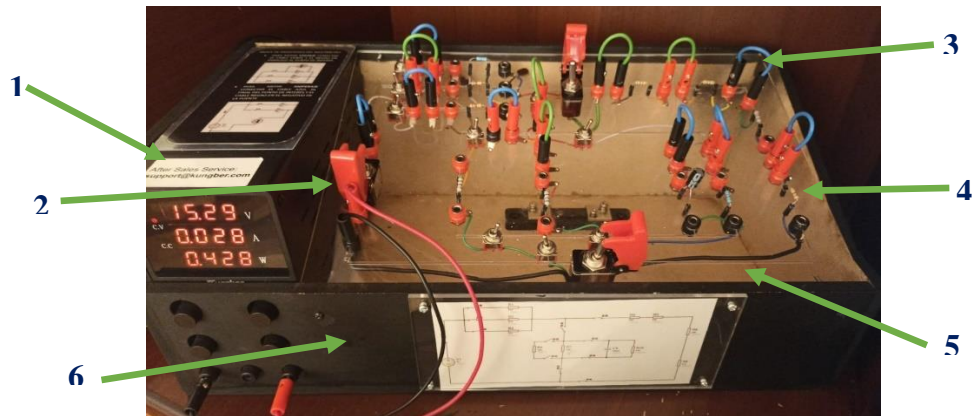


Figura 9. Diseño del banco de pruebas de circuitos de malla.

Partes principales.

1. Fuente de alimentación DC de voltaje y amperaje regulable.
2. Interruptores
3. Borneras y conectores para medir los parámetros eléctricos.
4. Resistencias variables
5. Tablero frontal principal
6. Cuerpo

En la figura 9 se presenta el concepto de diseño del banco de pruebas, el banco tiene un peso aproximado de 5 kg y es de sobremesa, el tablero principal del circuito cuenta con una inclinación apropiada para que el estudiante pueda visualizar adecuadamente la lectura de voltaje y amperaje dada por el sensor del multímetro, además de la

visualización del voltaje, amperaje y potencia entregados al circuito mediante la fuente regulable.

El banco cuenta con tres interruptores para energizar las dos mallas principales estos permiten o restringen el paso de corriente permitiendo a usuario conocer el voltaje tanto en resistencias como en capacitores, los interruptores basculantes son de seguridad y tienen una capa que previene que sean accionados por error.

Las borneras de color rojo y negro representan los polos positivos y negativos en cada componente del circuito y son puntos donde se miden los parámetros eléctricos con los cables del sensor unidos a terminales tipo banana.

3.2.Especificaciones técnicas.

El banco de pruebas desarrollado sirve para que los estudiantes experimenten de manera adecuada las leyes de Kirchhoff de voltaje y amperaje a través de componentes electrónicos como resistencias, potenciómetros y capacitores.

El dispositivo diseñado cuenta con las siguientes características eléctricas enumeradas en la tabla 10.

Tabla 10. Características técnicas del banco de pruebas desarrollado

Característica	Unidad de medida	Valor
Voltaje de entrada AC	V	110
Voltaje de salida DC Regulable	V	0 a 30
Amperaje DC Regulable	A	0 a 5
Rango de medición de Voltaje DC	V	0 a 100
Rango de medición de amperaje DC	A	0 a 50
Resistencia variable en las mallas	Ω	0 a 2k
Resistencia del cableado	Ω	0,137

3.3.Pruebas de funcionamiento.

Con el dispositivo construido se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento, en la figura 10 se muestra una imagen del banco construido, en la pantalla de la fuente de

voltaje se aprecia que está entregando 15,29 voltios a 0,028 A, también se puede leer la potencia que consume el circuito siendo esta de 0,428 W.

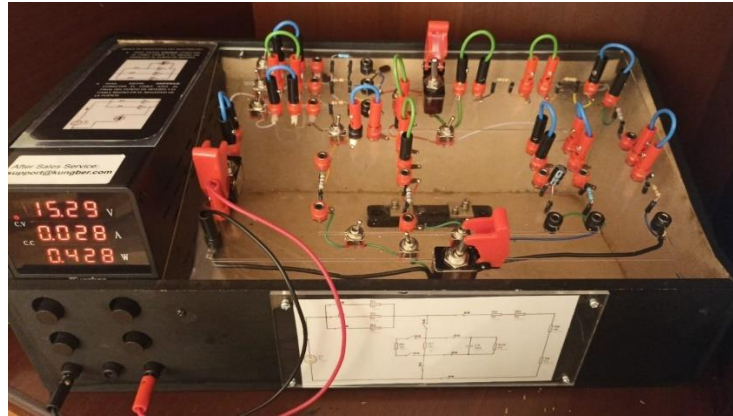


Figura 10. Banco de pruebas construido en base al diseño propuesto.

Los pulsadores de color rojo pueden ser accionados o desactivados para energizar o quitar energía a la malla derecha donde los componentes electrónicos se disponen en serie.

3.3.1. Cables sensores

En el tablero de circuitos se tienen tres cables de colores, azul y verde que son los que se encuentran conectados a los terminales de las borneras. En la figura 11 se puede apreciar que a través de estos cables se puede realizar puentes para aislar resistencias o donde se realiza las medidas del multímetro donde para medir el voltaje es necesario colocar los cables del multímetro de manera paralelo al elemento analizar y en caso del amperaje es necesario conectar en serie al elemento de interés.



Figura 11. Tablero de circuitos vista principal.

Mediante los pulsadores se puede abrir o cerrar el circuito de la malla derecha según los requerimientos del ejercicio teórico.

Todos los detalles técnicos de funcionamiento del banco de pruebas se explicarán detalladamente en el anexo 2 “Manual de funcionamiento”.

3.4. Análisis de costos

En la tabla 11 y 12 se observa un resumen de los costos tanto de los materiales para la fabricación del banco como de los quipos y la mano de obra para su construcción.

Tabla 11. Costos de los materiales para la fabricación del banco didáctico.

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Melamina 9 mm	1/4 de plancha	\$ 12,00	\$ 12,00
Borneras	50	\$ 0,12	\$ 6,00
Terminales tipo banana	20	\$ 0,20	\$ 4,00
Cable AWG 18	10	\$ 0,35	\$ 3,50
Acrílico	1/4 de plancha	\$ 56,00	\$ 56,00
Interruptores	10	\$ 1,79	\$ 17,90
Potenciómetros	6	\$ 0,90	\$ 5,40
Capacitores	5	0,5	\$ 2,50
Tornillos	24	\$ 0,15	\$ 3,60
Total de materiales			\$ 110,90

Tabla 12. Costos de los equipos y mano de obra para la fabricación del banco didáctico.

Equipos	Cantidad	Costo unitario	Costo total
multímetro	1	\$ 39,00	\$ 39,00
Total de equipos			\$ 39,00
Mano de obra	24	\$ 9,00	\$ 216,00
Horas de corte laser	2	\$ 25,00	\$ 50,00
TOTAL			\$ 415,90

Para construir el banco didáctico de circuitos se emplearon varios materiales entre ellos para el circuito principal componentes eléctricos y electrónicos como resistencias, capacitores conectores, borneras y cables, para la carcasa se utilizó melamina de 9 mm y acrílico transparente, la fuente de voltaje usada es variable en un rango de 0 a 30 voltios, además se utilizó un sensor adecuado para medir los parámetros eléctricos en cada punto del circuito.

Se toma en cuenta los materiales mencionados, la mano de obra y el costo de procesos mostrados en las tablas 11 y 12 el costo asciende a un valor de \$ 415,90.

3.5.Discusión de resultados

En el capítulo III se detallaron casos prácticos con soluciones teóricas en donde se obtuvieron valores de voltaje y corriente medidos en puntos estratégicos del circuito, casi en ningún caso se llegó a obtener los mismos valores obtenidos en la teoría, lo cual es normal debido al uso de elementos eléctricos y electrónicos.

En la tabla 13 se recopilaron los voltajes medidos en cada ejercicio y se realizó una comparativa con lo obtenido en la teoría, de este modo se puede estimar un margen de error general del banco de pruebas de circuitos que permita conocer la diferencia entre los valores medidos y los verdaderos de modo que los estudiantes que utilicen el banco didáctico puedan usar el equipo como una herramienta de aprendizaje práctica y confiable. Para el cálculo de porcentaje de error entre los valores medidos y los valores teóricos se utilizó la siguiente formula:

$$\%Error = \frac{|E-T|}{|T|} * 100 \quad Ec[3]$$

Donde:

E = Dato calculado teóricamente

T = Dato obtenido del banco didáctico

Tabla 13. Margen de error del banco didáctico de circuitos de resistencia y capacitores.

Ejercicio	Voltaje calculado (V)	Voltaje medido (V)	Máximo	Diferencia	%Error
1	15,12	14.95	15.12	0,17	1.13%
2	15.4	15.36	15.4	0,04	0.26%
3	15.6	14.86	15.6	0,74	4.79%
4	15	14.98	15	0,02	0.13%
5	10	10.01	10.01	0,01	0.99%
6	15.055	14.96	15.055	0.095	0.63%
Margen de error en las mediciones					1,32%

El margen de error en las mediciones de voltaje y amperaje del banco didáctico resulto ser del 1,32% lo cual es aceptable considerando que se usaron componentes

electrónicos comerciales, especialmente potenciómetros y capacitores que generalmente no cuentan con suficiente precisión.

En la figura 12 se presenta una gráfica de columnas agrupadas que proporciona una comparación visual entre los resultados obtenidos en la teoría y las medidas, en todos los casos se observan variaciones no significativas que en conjunto suman un error promedio del 1,32%

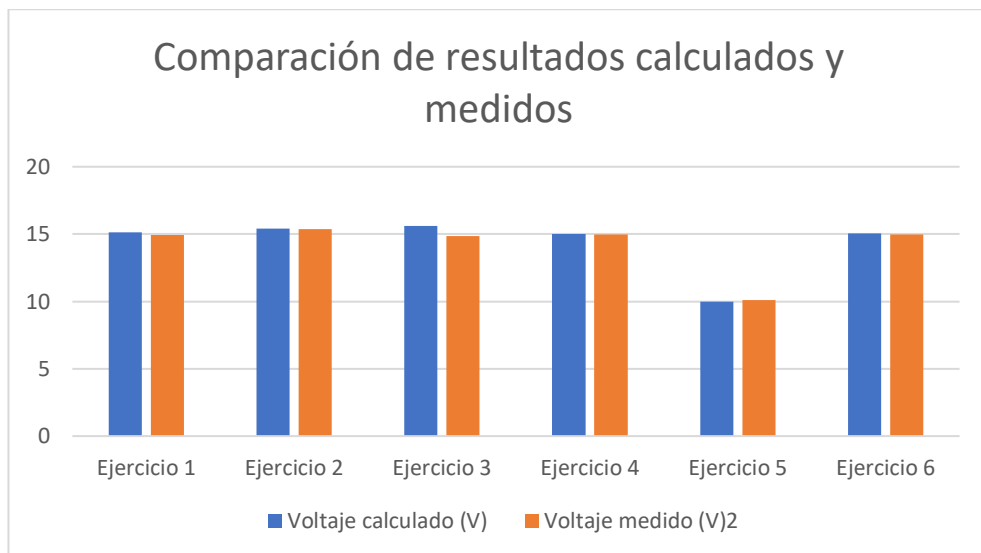


Figura 12. Comparativa entre resultados calculados y medidos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

- Para desarrollar el dispositivo de manera adecuada fue necesario realizar una revisión bibliográfica en la que se encontró información sobre la resolución de circuitos por mallas a través de las leyes de Kirchhoff, para obtener resultados tanto en la teoría como en la práctica con componentes en serie y paralelo con otras metodologías como la ley de Ohm, la resolución de circuitos por mallas se basa en la conservación de la energía y la carga permitiendo el cálculo de voltajes e intensidades en cualquier punto del circuito, el principio de cálculo es básico y asume que la suma de corrientes o voltajes que entran son iguales a los que salen.
- El circuito del banco didáctico consta de una fuente de voltaje y amperaje regulable de 0 a 30 V y de 0 a 5 amperios en corriente continua siendo estos las características fundamentales para la construcción del banco pues permiten al usuario colocar los parámetros específicos de alimentación según el ejercicio, el voltaje y amperaje que entrega cada componente del circuito es medido en las borneras ubicadas en puntos estratégicos, las mallas planteadas en el circuito combinan resistencias y capacitores, así se puede conocer si los valores calculados en la teoría tienen similitud con los resultados del sensor.
- Se construyó un banco de pruebas que permite el cálculo de los circuitos teóricos de resistencias y condensadores demostrando las leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff, el dispositivo desarrollado está dirigido a estudiantes que requieren demostrar estas leyes con fines didácticos, consta de espacios para colocar condensadores, resistencias e indicadores digitales que permiten conocer la corriente y voltaje que se entrega al circuito principal además de la potencia consumida por los componentes electrónicos.
- Los resultados obtenidos en el banco se validaron mediante cálculos teóricos que permiten cotejar los valores proporcionados por el sensor de voltaje y amperaje digital con los obtenidos en la teoría, obteniéndose un porcentaje de

error del 1.32% con esto se demuestra que el dispositivo desarrollado es confiable para la resolución ejercicios teóricos.

4.2. Recomendaciones

- Utilizar sensores adecuados que faciliten la lectura de los parámetros de funcionamiento del circuito, así como el voltaje y amperaje presentes en cada malla.
- Verificar que los componentes electrónicos sean los adecuados para voltaje y amperaje elevado en corriente continua con esto se evitan las sobrecargas y daño de los componentes.
- Verificar la polaridad de cada componente, así como sus entradas y salidas, especialmente en los capacitores que tienden a hincharse o explotar cuando se sobrecargan o se conectan en polaridad inversa.
- No realizar cortocircuitos innecesarios en el circuito especialmente en los cables de entrada de la fuente ya que sus componentes internos pueden sufrir graves daños.
- Evitar mojar el dispositivo ya que la conductividad del agua o la humedad puede corroer las terminales de los componentes o crear cortocircuitos que afectarían la vida útil del dispositivo.
- Mantener el dispositivo en lugares frescos, con esto se evita la humedad que afectaría seriamente al banco de pruebas incluso influyendo en los resultados de los sensores.
- Para entregar el voltaje y amperaje precisos utilizar los ajustes finos de la fuente regulable de este modo se puede ajustar los valores en décimas de voltio o décimas de amperio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. J. Rusnak, J. Reynes, S. J. Johnson, y P. Ye, Generalizing Kirchhoff laws for Signed Graphs *Australas. J. Comb.*, vol. 81, n.º 3, pp. 388-411, sep. 2020, doi: 10.48550/arxiv.2009.12680.
- [2] R. Kang, Y. Lin, Y. Wang, H. Wu, M. Wu, y B. Teng, A pedagogical case on active learning regarding to Kirchhoff's circuit laws <https://doi.org/10.1177/0020720918795581>, vol. 56, n.º 2, pp. 179-190, sep. 2018, doi: 10.1177/0020720918795581.
- [3] V. Ďuriš, A. G. Chertanovskiy, S. G. Chumarov, y A. V. Kartuzov, Calculation of Electric Circuits Using the Fast Kirchhoff Method *TEM J.*, vol. 11, n.º 1, pp. 75-81, 2022, doi: 10.18421/TEM111-09.
- [4] T. Zhao, Y. Min, Q. Chen, y J. H. Hao, Electrical circuit analogy for analysis and optimization of absorption energy storage systems *Energy*, vol. 104, pp. 171-183, jun. 2016, doi: 10.1016/J.ENERGY.2016.03.120.
- [5] S. Basu, Kirchhoff Paradigm over Curved Manifolds *IEEE Circuits Syst. Mag.*, vol. 18, n.º 4, pp. 58-69, oct. 2018, doi: 10.1109/MCAS.2018.2872667.
- [6] K. Thulasiraman, M. Yadav, y K. Naik, Network science meets circuit theory: Resistance distance, kirchhoff index, and foster's theorems with generalizations and unification *IEEE Trans. Circuits Syst. I Regul. Pap.*, vol. 66, n.º 3, pp. 1090-1103, 2019, doi: 10.1109/TCSI.2018.2880601.
- [7] P. Naderi y A. Shiri, Modeling of Ladder-Secondary-Linear Induction Machine Using Magnetic Equivalent Circuit *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 67, n.º 12, pp. 11411-11419, dic. 2018, doi: 10.1109/TVT.2018.2877109.
- [8] R. Dashti, S. M. Salehizadeh, H. R. Shaker, y M. Tahavori, Fault Location in Double Circuit Medium Power Distribution Networks Using an Impedance-Based Method *Appl. Sci. 2018, Vol. 8, Page 1034*, vol. 8, n.º 7, p. 1034, jun. 2018, doi: 10.3390/APP8071034.
- [9] D. Castano, NSUWorks Experiment 2 . 04 : Kirchhoff ' s Laws 2022.
- [10] Y. Wang, G. Zhang, S. Zhang, Y. Wang, y X. Xie, Analysis and Simulation of

- Multi-Loop SQUID-Based Electric Circuits with Mesh-Current Method *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 30, n.º 8, pp. 1-9, dic. 2020, doi: 10.1109/TASC.2020.3024008.
- [11] D. C. Horvath, S. D. Pekarek, y S. D. Sudhoff, A Scaled Mesh/Nodal Formulation of Magnetic Equivalent Circuits with Motion *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 34, n.º 1, pp. 58-69, mar. 2019, doi: 10.1109/TEC.2018.2855100.
- [12] C. Morales, Análisis de circuitos eléctricos *Escuela técnica Raggio*, 2018. <http://www.escuelaraggio.edu.ar/pagina-de-practicos-2021/TPS/5/ecidad-5/ana-cir-elec/GUIA-TP-2.pdf> (accedido jun. 16, 2022).
- [13] A. S. Bretas, N. G. Bretas, J. B. A. London, y B. E. B. Carvalho, Power flow in electrical systems *Cyber-Physical Power Syst. State Estim.*, pp. 31-60, 2021, doi: 10.1016/B978-0-323-90033-1.00008-1.
- [14] E. I. R. Powell, DC circuit analysis *Introd. to Electr. Circuits*, pp. 40-65, 2017, doi: 10.1016/B978-034063198-0/50005-8.
- [15] E. I. R. Powell, Nodal and mesh analysis *Introd. to Electr. Circuits*, pp. 141-171, 2018, doi: 10.1016/B978-034063198-0/50009-5.
- [16] K. M. Smith y P. Holroyd, Kirchhoff's Laws *Eng. Princ. Electr. Tech.*, pp. 283-291, ene. 2017, doi: 10.1016/B978-0-08-012985-3.50021-2.
- [17] N. Lobontiu, Electrical Systems *Syst. Dyn. Eng. Students*, vol. 1, pp. 149-211, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-804559-6.00004-X.
- [18] N. Lobontiu, System dynamics for engineering students: concepts and applications *Acad. Press*, vol. 1, n.º 1, pp. 757-790, 2018, doi: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128045596/system-dynamics-for-engineering-students#book-info>.
- [19] Khan Academy, Mesh current method (article) | Khan Academy 2020. <https://www.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-dc-circuit-analysis/a/ee-mesh-current-method> (accedido jun. 16, 2022).
- [20] Poornima, Rashmi, y J. Sundara Rajan, Effective use of nano-carbons in

- controlling the electrical conductivity of epoxy composites *Compos. Sci. Technol.*, vol. 202, p. 108554, ene. 2021, doi: 10.1016/J.COMPSCITECH.2020.108554.
- [21] S. Halder, S. Bhuyan, y R. N. P. Choudhary, Structural, dielectric and electrical characteristics of lead-free electro-ceramic:Bi(Ni₂/3Ta₁/3)O₃ *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 22, n.º 1, pp. 376-384, feb. 2019, doi: 10.1016/J.JESTCH.2018.11.007.
- [22] Y. Park *et al.*, Effect of net voltage of thermoelectric generator on performance of hybrid energy device *Energy Reports*, vol. 6, pp. 2836-2840, nov. 2020, doi: 10.1016/J.EGYR.2020.10.009.
- [23] K. Tachibana *et al.*, A new measurement method of DC corona-discharge characteristics using repetitive ramp and triangular voltages *J. Electrostat.*, vol. 108, p. 103525, nov. 2020, doi: 10.1016/J.ELSTAT.2020.103525.
- [24] Y. Kishimoto y K. Nakayama, Electric current on surface of a metal/superconductor in axion/hidden-photon background *Phys. Lett. B*, vol. 827, p. 136950, abr. 2022, doi: 10.1016/J.PHYSLETB.2022.136950.
- [25] K. Morita y B. N. Kim, Effect of electric current on high temperature flow behavior of 8Y-CSZ ceramics *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 42, n.º 5, pp. 2341-2348, may 2022, doi: 10.1016/J.JEURCERAMSOC.2022.01.018.
- [26] Rincón del técnico, Cálculo de la selección de cable en instalaciones de corriente continua 2018, Accedido: ene. 09, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.postventa.webcindario.com>.

ANEXOS

Anexo 1. Manual de usuario

Banco didáctico de Leyes de Kirchhoff

1. Partes

Las partes del banco didáctico se muestran detalladas en la figura 1.

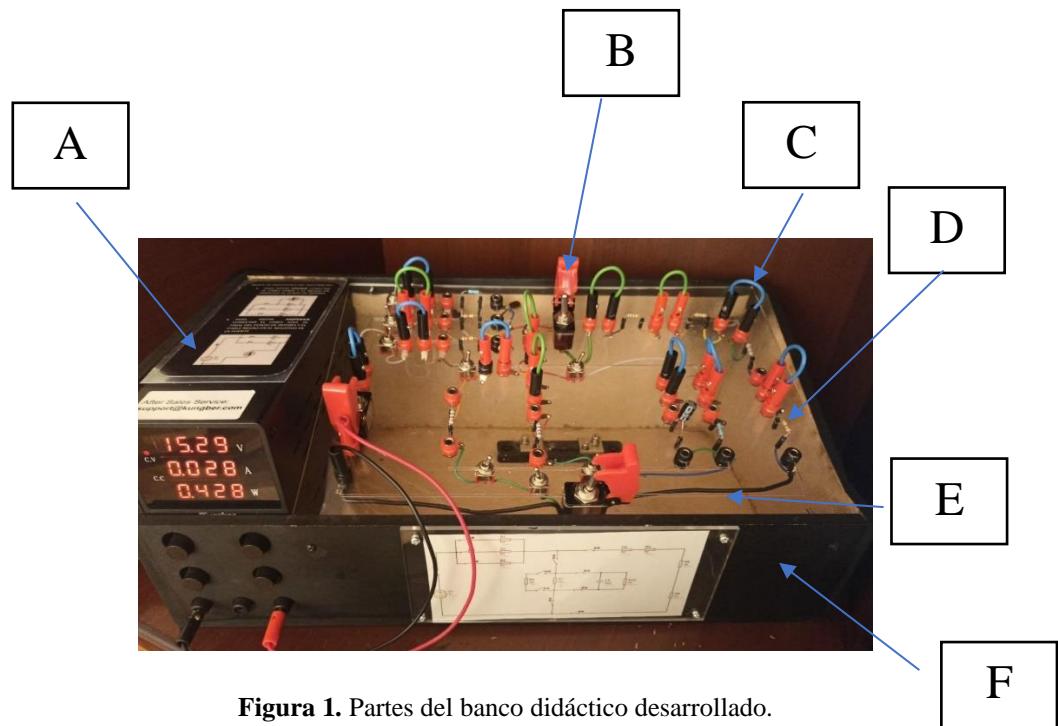


Figura 1. Partes del banco didáctico desarrollado.

- A. Fuente de voltaje y amperaje regulable
- B. Interruptor Basculante de seguridad
- C. Borneras
- D. Resistencias variables
- E. Tablero principal de control con lugares para colocar capacitores y resistencias en puntos estratégicos
- F. Carcaza

2. Alimentación y puesta en marcha

El banco didáctico se alimenta de la red eléctrica a 110 voltios mediante un cable que se enchufa en la parte posterior en el punto 3 como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Partes del circuito de alimentación del banco.

En la figura 2 se muestran las partes más importantes de la parte posterior de la fuente de alimentación, Para encender el dispositivo el usuario debe accionar el interruptor de la parte posterior (punto 2) según corresponda

Para enfriar los componentes internos de la fuente cuenta con un ventilador (punto 3) el cual siempre permanece encendido.

3. Salida de voltaje en corriente continua

La fuente cuenta con una pantalla donde muestra el voltaje DC que entrega, la corriente y la potencia que consume cada elemento, cuenta con cuatro potenciómetros para ajustar el voltaje y amperaje deseado en ajuste grueso y fino y con 3 borneras en las que se conectan los cables de salida, polo positivo, polo negativo y tierra.

En la figura 3 se muestra detalladamente cada parte del sistema de regulación de voltaje y amperaje y las salidas que alimentan el circuito.



Figura 3. Perillas de ajuste de parámetros eléctricos de la fuente de alimentación

Como se aprecia en la figura 3, en la primera fila de la pantalla se muestra el voltaje entregado por la fuente hacia el circuito, en la segunda se muestra el amperaje y en la tercera la potencia que consumen los componentes del circuito.

Regulación de parámetros

Potenciómetro A.

Regula la corriente entregada por la fuente en ajuste grueso

Potenciómetro a.

Regula la corriente de la fuente en ajuste fino

Potenciómetro V.

Regula el voltaje entregado por la fuente en ajuste grueso

Potenciómetro v.

Regula el voltaje entregado por la fuente en ajuste fino.

Conexión para la alimentación del circuito.

Bornera V+

Conecta el polo positivo de la fuente variable con la bornera positiva de entrada del circuito principal.

Bornera V-

Conecta el polo negativo de la fuente variable con la bornera negativa de entrada del circuito principal.

Bornera GND.

Diseñada para establecer una conexión a tierra en caso de ser necesario.

Para alimentar el circuito se emplean dos cables con terminales tipo banana en cada extremo que están incluidos, estos conectan la fuente de voltaje variable con las entradas del circuito, el cable rojo conecta el polo positivo y el negro el polo negativo como se muestra en la figura 4.

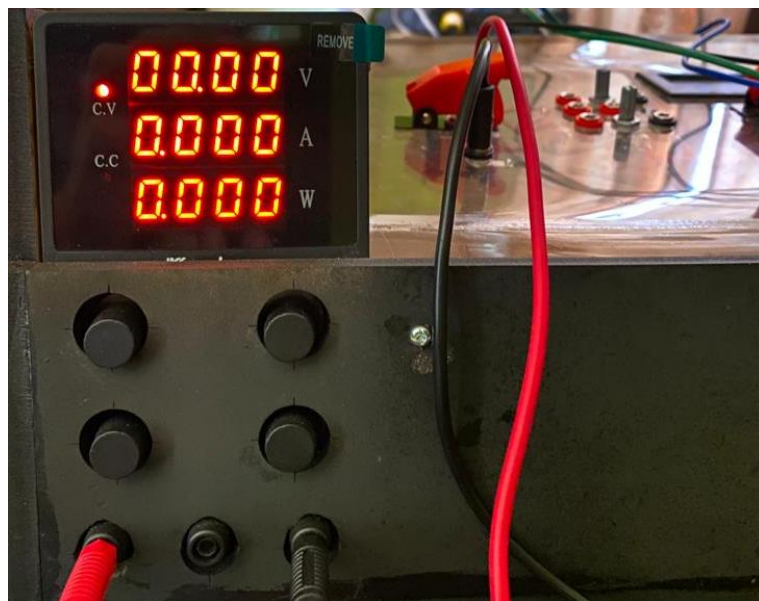


Figura 4. Borneras de alimentación del circuito

Tablero principal.

Alimentación de las mallas.

En la figura 5 se observa la conexión de las mallas en el banco didáctico.

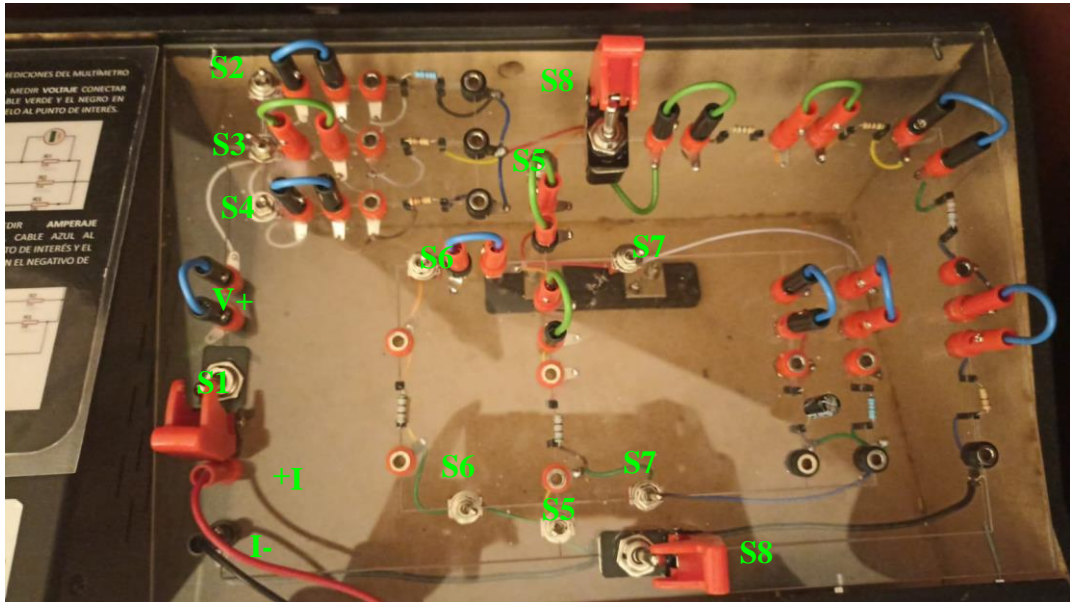


Figura 5. Partes detalladas del tablero de control principal

El circuito principal se alimenta en las borneras I+ E I- de este modo se energiza cada uno de los componentes de ambas mallas.

Para permitir el paso de corriente al circuito se acciona el interruptor basculante S1

El interruptor S8 permite o restringe el paso de corriente hacia la sección de la derecha donde se encuentran resistencias o capacitores en serie dependiendo de lo que el estudiante desee trabajar.

El interruptor S5 controla la malla central en conjunto con el S6 y S7 de este modo el usuario puede trabajar con una o dos mallas según corresponda.

En la figura 6 se muestra el diagrama esquemático del tablero principal de control en donde se visualiza la fuente de alimentación, las resistencias variables, los capacitores y los respectivos interruptores S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8.

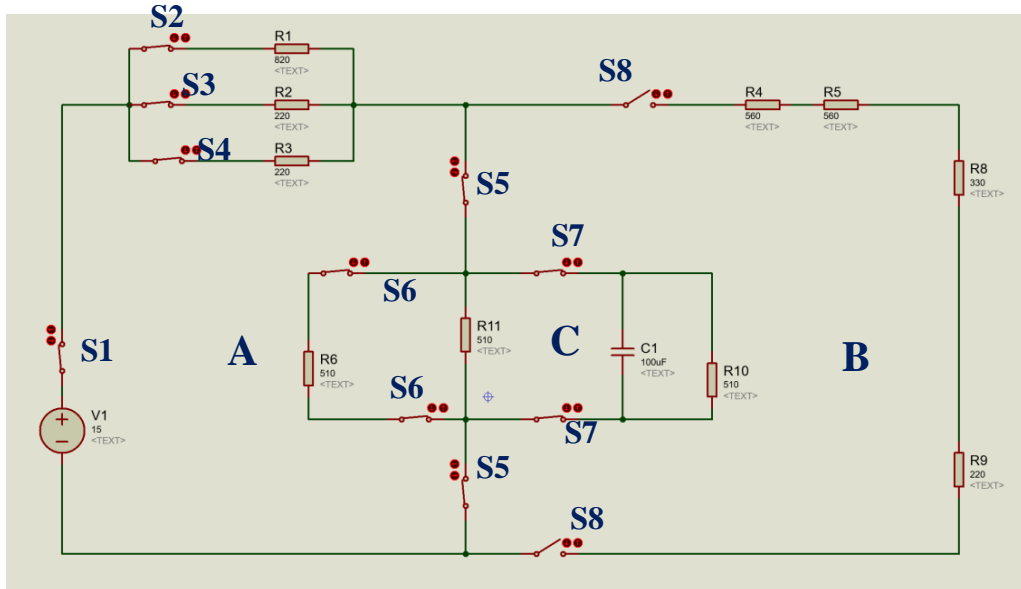


Figura 6. Diagrama esquemático del circuito principal

Multímetro

El sensor cuenta con un display en donde se visualiza el voltaje y amperaje medido en cada punto del circuito, como se puede apreciar en la figura 7.



Figura 7. multímetro.

En la figura 8 se puede observar la medición de corriente antes de la resistencia, para la medición es necesario colocar los cables del multímetro en serie al punto de interés en este caso el voltaje de entrada es de 15 V y como se puede observar la corriente de la resistencia de la primera malla con un valor de 220 Ω .

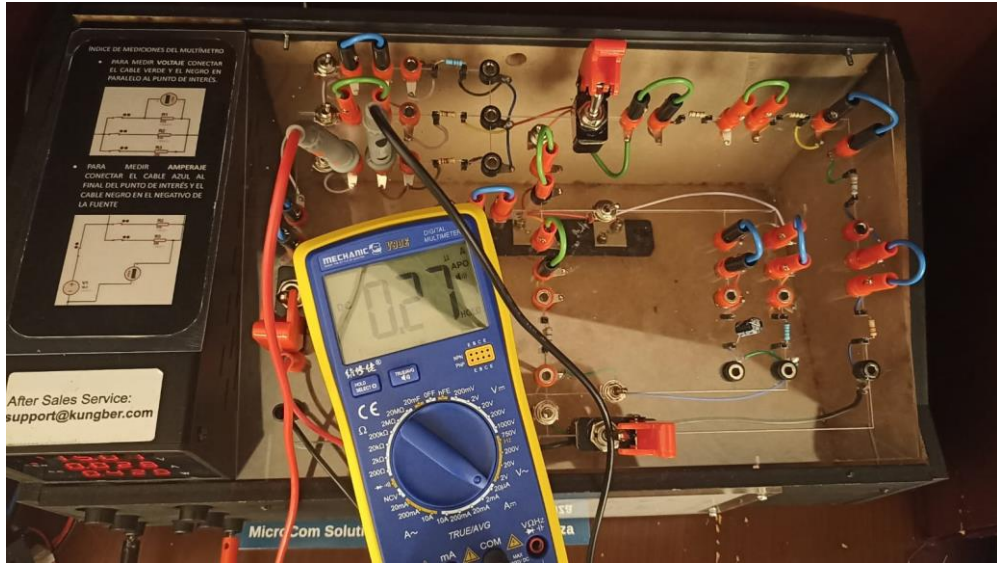


Figura 8. Medición de voltaje y amperaje

El banco didáctico permite comprobar las leyes de Kirchhoff de corriente y voltaje en diferentes tipos de malla, como podría ser mallas con resistencias y capacitores en serie, en paralelo o mixtos, como se puede apreciar desde la figura 9 hasta la figura 12:

- Resistencia en serie

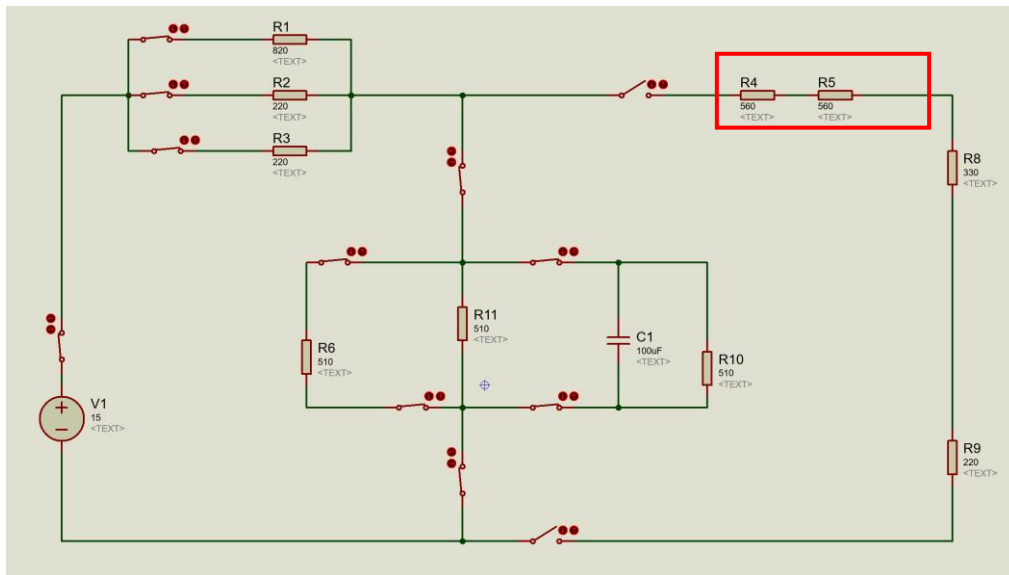


Figura 9. Resistencias en serie.

– Resistencias en paralelo

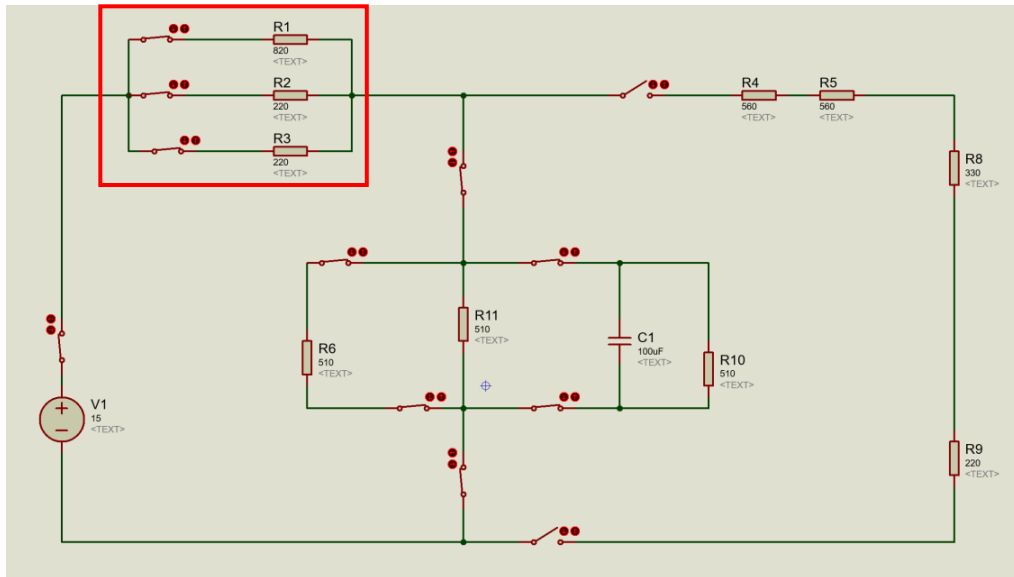


Figura 10. Resistencias en paralelo.

– Capacitores en serie

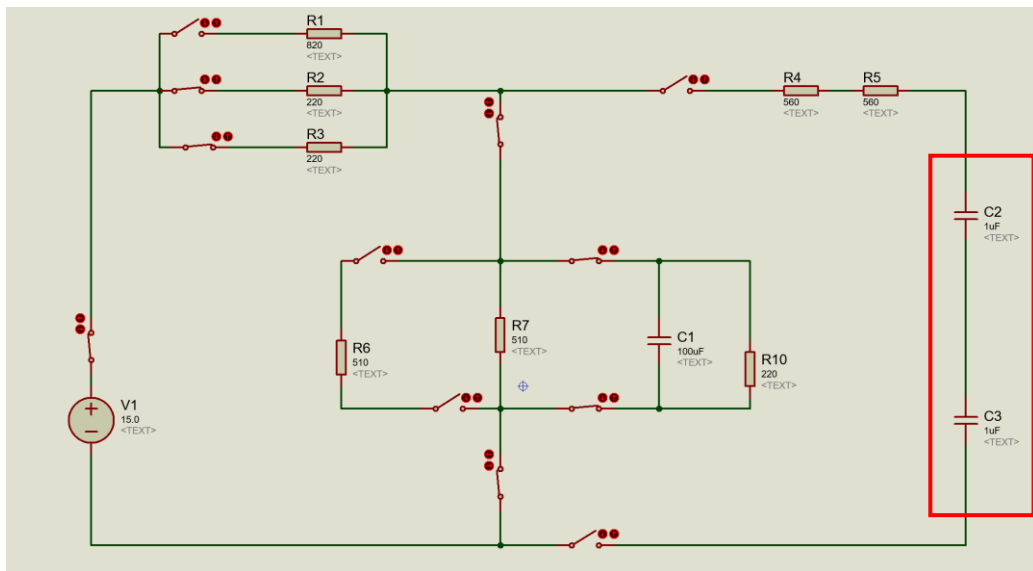


Figura 11. Capacitores en serie

– Capacitores en paralelo.

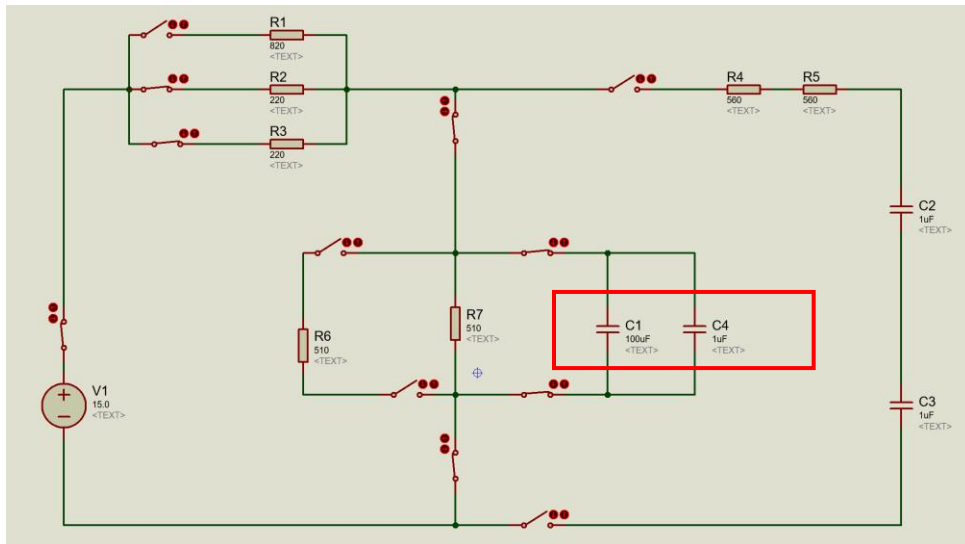


Figura 12. Capacitores en paralelo.

Anexo 2. Guías de laboratorio



GUÍA 1: CIRCUITOS EN SERIE Y PARALELO DE RESISTENCIAS Y CAPACITORES.

LABORATORIO TALLER SIMULACIÓN

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA0

ASIGNATURA:

NIVEL:

PARALELO:

ÁREA ACADÉMICA: Básicas

DOCENTE:

PERIODO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°: 1

I. TEMA:

“CÁLCULO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE CIRCUITOS EN SERIE Y PARALELO DE RESISTENCIAS Y CAPACITORES”

II. OBJETIVOS:

Objetivo General

- Calcular y verificar ejercicios prácticos de resistencias y capacitores en serie, paralelo y mallas con las leyes de Kirchoff.

Objetivos Específicos

- Seleccionar los componentes electrónicos adecuados para circuitos en serie y paralelo de resistencias y capacitores.
- Calcular el valor del voltaje y la corriente en la resistencia y/o capacitor.
- Verificar el resultado teórico a través de la práctica en un banco didáctico de circuitos.
- Obtener resultados utilizando resistencias y capacitores de diferente valor.



III. INSTRUCCIONES

ANTES DE UTILIZAR CUALQUIER MÁQUINA RECUERDE:

- Acudir al taller solamente con los materiales indispensables para su trabajo en el taller de máquinas
- Solicitar ayuda al ayudante de laboratorio o al docente tutor en caso de duda o de no conocer el correcto manejo de las máquinas
- Observar las normas de seguridad industrial y utilizar siempre los elementos de protección individual que requiera el equipo o el ambiente de trabajo



OVEROL



PROTECTOR
VISUAL



GUANTES

- Atender y cumplir con las indicaciones de los ayudantes de laboratorio y/o el docente tutor
- Planificar con anterioridad el trabajo y disponer de los elementos necesarios para su elaboración
- Limpiar las máquinas y equipos que se hayan utilizado antes de abandonar el taller de máquinas
- Recoger los materiales sobrantes y colocarlos en sitios indicados ya sea para reciclaje, reutilización o desecho
- No usar reloj, pulseras, anillos; cuando se manipule las máquinas
- Mantener las manos a una distancia prudencial, cuando la máquina se encuentre trabajando
- Desactivar la máquina en caso de escuchar ruidos extraños o se observe un mal funcionamiento e inmediatamente notificar al ayudante de laboratorio y/o al docente tutor.





IV. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

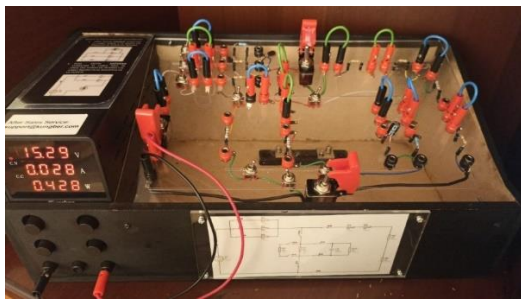
Enlistar con fotografías los diferentes equipos, materiales y recursos utilizados en la práctica como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de materiales y equipos para la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS	
Materiales	
<p>Cable.</p> 	<p>Cable de conexión de sección 16, utilizado para la realización de los cables tipo banana y las conexiones principales del tablero.</p>
<p>Condensadores (código 104)</p> 	<p>En ocasiones este tipo de condensadores se presentan en forma plana y llevan sus datos impresos en forma de bandas de color, recibiendo comúnmente el nombre de condensadores "de bandera". Su capacidad suele ser como máximo de 470 nF.</p>
<p>Condensador electrolítico 16 V de 100 μF, 10 μF, 1 μF.</p> 	<p>Es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos con relativa alta corriente y baja frecuencia.</p>



MATERIALES Y EQUIPOS	
Materiales	
Multímetro 	El multímetro tiene como función principal medir voltaje y amperaje del bando didáctico. Por lo que se recomienda
Condensadores cerámicos a 16 V (código 104,102,103) 	Los condensadores cerámicos utilizan como material dieléctrico la propia cerámica. Los dos tipos más comunes de capacitores cerámicos son la multicapa y los condensadores cerámicos de disco. La capacitancia de estos pequeños capacitores suele tomar valores de entre 1nF y 1μF, si bien puede tomar valores de hasta 100μF.

MATERIALES Y EQUIPOS	
Materiales	
Banco didáctico de circuitos de Malla para condensadores y resistencias 	El banco de circuitos del laboratorio permite la simulación de circuitos en serie, paralelo y mixtos que involucran resistencias y capacitores, se puede simular cualquier ejercicio básico y obtener resultados de corriente y voltaje en puntos específicos, a través de un multímetro digital incorporado



MATERIALES Y EQUIPOS

Herramientas

Playo



Es una herramienta manual cuyos usos van desde sujetar piezas al corte o moldeado de distintos materiales. Son comunes en todo equipo de herramientas manuales, ya que es un útil básico para el bricolaje.

Cautín



Instrumento utilizado para la soldadura de componentes electrónicos, cables y terminales

Alicates



Utilizados para pelar cables, trenzar conductores y prensar terminales de cada componente electrónico.

Destornillador Philips



Utilizado en el ajuste y remoción de tornillos de cada componente del circuito.



MATERIALES Y EQUIPOS

Equipos de protección

Mandil



Es una prenda de vestir esencial para protegerse ante cualquier manipulación de instrumentos o dispositivos mecánicos en el cual generen sustancias tóxicas o líquidos.

Guantes



Para proteger al trabajador de todos los riesgos que se generan al manipular herramientas o materiales filosos, bordes cortantes, virutas metálicas, ciertos golpes y otros tantos riesgos físicos.



V. MARCO TEÓRICO

Apartado donde el estudiante realizará una revisión bibliográfica respecto al tema de la presente guía.

VI. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- Conectar a la red eléctrica el banco de circuitos.
- Establecer los parámetros de voltaje de entrada y salida en el banco de circuitos con los reguladores de la fuente de voltaje como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Parámetros de alimentación del circuito principal.

- Energizar la malla principal colocando los cables negro y rojo que salen de la fuente principal hasta el tablero de control del banco como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Parámetros de alimentación del circuito principal.



- d) Colocar el nivel de resistencia adecuado según el ejercicio como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Ajuste del valor de resistencia mediante potenciómetros.

- e) Colocar un capacitor en las ranuras de acuerdo con el valor del ejercicio establecido como se muestra en la figura 4.

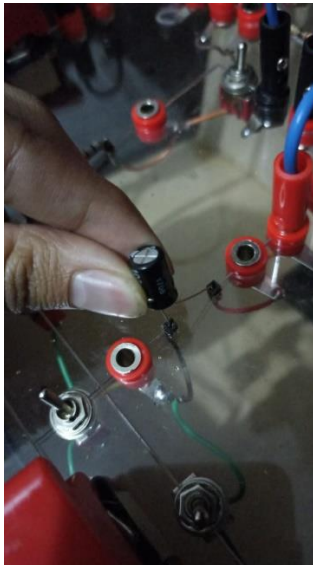


Figura 4. Capacitor colocado en el circuito.



- f) Colocar el voltaje y la corriente necesaria en la fuente según el ejercicio.
- g) Verificar que el circuito esté en funcionamiento con el multímetro como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Verificación de funcionamiento del circuito.

Se verifica midiendo el voltaje con el multímetro colocando el cable negro luego del elemento de interés y el cable rojo antes como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Regulación de resistencia mediante potenciómetros.



- h) Medir el voltaje y la corriente en los puntos señalados antes y después de la resistencia y del capacitor.
- El voltaje se mide conectando el cable común (negro) y el cable rojo en los puntos de medición antes y después de la resistencia o capacitor de forma paralela al elemento.
 - La corriente se mide usando el cable negro y rojo antes del elemento de interés conectándolo en serie.

Los cables sensores se muestran en la figura 7.



Figura 7. Cables sensores.

- i) Comparar los resultados obtenidos en los ejercicios planteados con los valores obtenidos en el banco.



VII. EJERCICIOS.

Ejercicios planteados.

Ejercicio 1. Resistencia con capacitor en serie.

- a) Calcular la resistencia equivalente del circuito mediante las siguientes fórmulas.

Resistencia del capacitor

$$1. I = \frac{V}{Z}$$

$$2. Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Valor de resistencia

$$R=200\Omega$$

Valor del capacitor

$$C=100 \mu\text{F}$$

Considerar la resistencia del cable

$$R \text{ cable: } 0,173 \Omega$$

- b) Calcular el voltaje de la resistencia y el capacitor mediante las siguientes ecuaciones.

Voltaje de la resistencia

$$1. V_r = I * R$$

Voltaje del capacitor

$$2. V_c = I * X_c$$



- c) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 8.

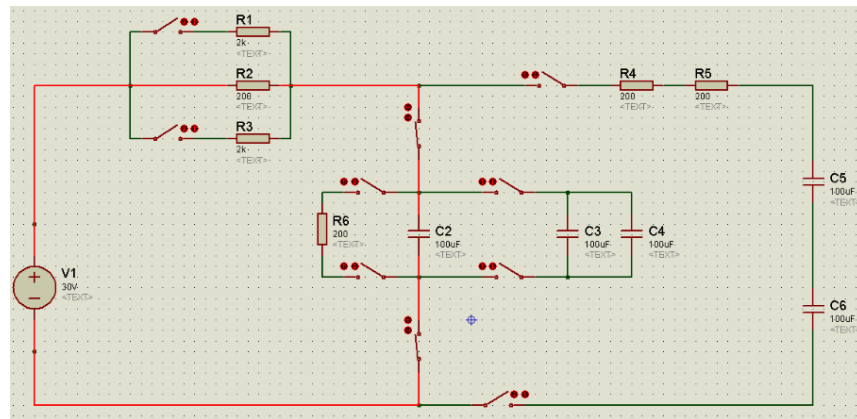


Figura 8. Diagrama esquemático para el primer ejercicio de resistencia en serie con capacitor en serie.

Ejercicio 2. Resistencias en paralelo con capacitor en serie.

Ejercicios planteados.

Ejercicio 1. Resistencia con capacitor en serie.

- d) Calcular la resistencia equivalente del circuito mediante las siguientes fórmulas.

Resistencia equivalente del arreglo en paralelo.

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Corriente en el capacitor

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Valor de resistencia

$$R=200\Omega$$

Valor del capacitor

$$C=100 \mu F$$

Considerar la resistencia del cable



R cable: 0,173 Ω

- e) Calcular el voltaje de la resistencia y el capacitor mediante las siguientes ecuaciones.

Voltaje de la resistencia

$$V_r = I * R$$

Voltaje del capacitor

$$V_c = I * X_c$$

- f) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 9.

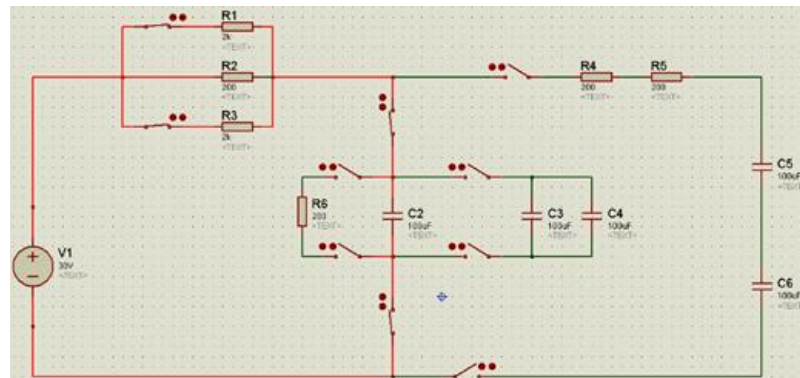


Figura 9. Diagrama esquemático para el primer ejercicio de resistencia en serie con capacitor en serie.

VIII. RESULTADOS OBTENIDOS:

- a) Describir los resultados obtenidos de la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor considerando los valores de resistencia propuestos (llenar datos en la Tabla 2).

Tabla 2. Voltajes.

Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %

Fuente: Autor.



Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 3).

Tabla 3. Amperajes

Corriente Calculada	Corriente medida	Error %

Fuente: Autor.

- b) Variando el voltaje de entrada y la resistencia calcular los ejercicios propuestos y obtener los resultados teóricos y compararlos con los obtenidos en la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 4).

Tabla 4. Voltajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.

Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 5)

Tabla 5. Amperajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	corriente Calculada	Corriente medida	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.



IX. CONCLUSIONES:

Apartado para que el estudiante desarrolle sus conclusiones, observaciones y recomendaciones sobre la práctica. Una conclusión consta de dos partes primero escriba la principal interpretación de los resultados y a continuación extienda la importancia de la práctica.

X. RECOMENDACIONES:

En las recomendaciones se debe proporcionar sugerencias orientadas al mejoramiento con base en los resultados, estas podrían ser, sugerencias para la mejora del proceso.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Referenciar en base a la Normativa IEEE especificada para la FICM.



GUÍA 2: CIRCUITOS CON RESISTENCIAS EN PARALELO, RESISTENCIAS EN SERIE Y CAPACITADORES EN PARALELO

LABORATORIO TALLER SIMULACIÓN

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

ASIGNATURA:

NIVEL:

PARALELO:

ÁREA ACADÉMICA: Básicas

DOCENTE:

PERIODO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°: 2

I. TEMA:

“CÁLCULO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE CIRCUITOS EN SERIE Y PARALELO DE RESISTENCIAS Y CAPACITORES”

II. OBJETIVOS:

Objetivo General

- Calcular y verificar ejercicios prácticos de arreglos de resistencias, en serie con arreglos de capacitores en paralelo

Objetivos Específicos

- Seleccionar los componentes electrónicos adecuados para circuitos en paralelo de resistencias y capacitores
- Calcular el valor del voltaje y la corriente en la resistencia y/o capacitor equivalente.
- Verificar el resultado teórico a través de la práctica en un banco didáctico de circuitos.
- Obtener resultados utilizando resistencias y capacitores de diferente valor.



III. INSTRUCCIONES

ANTES DE UTILIZAR CUALQUIER MÁQUINA RECUERDE:

- Acudir al taller solamente con los materiales indispensables para su trabajo en el taller de máquinas
- Solicitar ayuda al ayudante de laboratorio o al docente tutor en caso de duda o de no conocer el correcto manejo de las máquinas
- Observar las normas de seguridad industrial y utilizar siempre los elementos de protección individual que requiera el equipo o el ambiente de trabajo



OVEROL



PROTECTOR
VISUAL



GUANTES

- Atender y cumplir con las indicaciones de los ayudantes de laboratorio y/o el docente tutor
- Planificar con anterioridad el trabajo y disponer de los elementos necesarios para su elaboración
- Limpiar las máquinas y equipos que se hayan utilizado antes de abandonar el taller de máquinas
- Recoger los materiales sobrantes y colocarlos en sitios indicados ya sea para reciclaje, reutilización o desecho
- No usar reloj, pulseras, anillos; cuando se manipule las máquinas
- Mantener las manos a una distancia prudencial, cuando la máquina se encuentre trabajando
- Desactivar la máquina en caso de escuchar ruidos extraños o se observe un mal funcionamiento e inmediatamente notificar al ayudante de laboratorio y/o al docente tutor.



IV. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

Enlistar con fotografías los diferentes equipos, materiales y recursos utilizados en la práctica como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de materiales y equipos para la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS	
Materiales	
<p>Cable.</p> 	<p>Cable de conexión de sección 16, utilizado para la realización de los cables tipo banana y las conexiones principales del tablero.</p>
<p>Condensadores (código 104)</p> 	<p>En ocasiones este tipo de condensadores se presentan en forma plana y llevan sus datos impresos en forma de bandas de color, recibiendo comúnmente el nombre de condensadores "de bandera". Su capacidad suele ser como máximo de 470 nF.</p>
<p>Condensador electrolítico 16 V de 100 μF, 10 μF, 1 μF.</p> 	<p>Es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos con relativa alta corriente y baja frecuencia.</p>



MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

Multímetro



El multímetro tiene como función principal medir voltaje y amperaje del bando didáctico. Por lo que se recomienda

Condensadores cerámicos a 16 V (código 104,102,103)



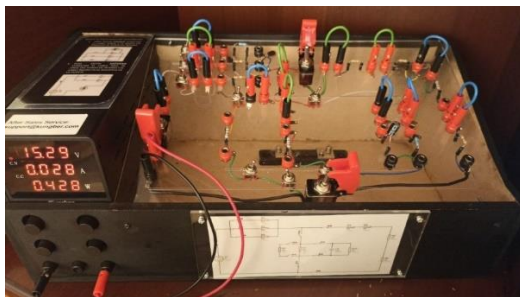
Los condensadores cerámicos utilizan como material dieléctrico la propia cerámica.

Los dos tipos más comunes de capacitores cerámicos son la multicapa y los condensadores cerámicos de disco. La capacitancia de estos pequeños capacitores suele tomar valores de entre 1nF y 1 μ F, si bien puede tomar valores de hasta 100 μ F.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

Banco didáctico de circuitos de Malla para condensadores y resistencias



El banco de circuitos del laboratorio permite la simulación de circuitos en serie, paralelo y mixtos que involucran resistencias y capacitores, se puede simular cualquier ejercicio básico y obtener resultados de corriente y voltaje en puntos específicos, a través de un multímetro digital incorporado



MATERIALES Y EQUIPOS

Herramientas

Playo



Es una herramienta manual cuyos usos van desde sujetar piezas al corte o moldeado de distintos materiales. Son comunes en todo equipo de herramientas manuales, ya que es un útil básico para el bricolaje.

Cautín



Instrumento utilizado para la soldadura de componentes electrónicos, cables y terminales

Alicates



Utilizados para pelar cables, trenzar conductores y prensar terminales de cada componente electrónico.

Destornillador Philips



Utilizado en el ajuste y remoción de tornillos de cada componente del circuito.



MATERIALES Y EQUIPOS

Equipos de protección

Mandil



Es una prenda de vestir esencial para protegerse ante cualquier manipulación de instrumentos o dispositivos mecánicos en el cual generen sustancias tóxicas o líquidos.

Guantes



Para proteger al trabajador de todos los riesgos que se generan al manipular herramientas o materiales filosos, bordes cortantes, virutas metálicas, ciertos golpes y otros tantos riesgos físicos.



XII. MARCO TEÓRICO

Apartado donde el estudiante realizará una revisión bibliográfica respecto al tema de la presente guía.

XIII. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- j) Conectar a la red eléctrica el banco de circuitos.
- k) Establecer los parámetros de voltaje de entrada y salida en el banco de circuitos con los reguladores de la fuente de voltaje como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Parámetros de alimentación del circuito principal.

- l) Energizar la malla principal colocando los cables negro y rojo que salen de la fuente principal hasta el tablero de control del banco como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Parámetros de alimentación del circuito principal.



- m) Colocar el nivel de resistencia adecuado según el ejercicio como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Ajuste del valor de resistencia mediante potenciómetros.

- n) Colocar un capacitor en las ranuras de acuerdo con el valor del ejercicio establecido como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Capacitor colocado en el circuito.



- o) Colocar el voltaje y la corriente necesaria en la fuente según el ejercicio.
- p) Verificar que el circuito esté en funcionamiento con el multímetro como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Verificación de funcionamiento del circuito.

Se verifica midiendo el voltaje con el multímetro colocando el cable negro luego del elemento de interés y el cable rojo antes como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Regulación de resistencia mediante potenciómetros.



- q) Medir el voltaje y la corriente en los puntos señalados antes y después de la resistencia y del capacitor.
- El voltaje se mide conectando el cable común (negro) y el cable rojo en los puntos de medición antes y después de la resistencia o capacitor de forma paralela al elemento.
 - La corriente se mide usando el cable negro y rojo antes del elemento de interés conectándolo en serie.

Los cables sensores se muestran en la figura 7.



Figura 7. Cables sensores.

- r) Comparar los resultados obtenidos en los ejercicios planteados con los valores obtenidos en el banco.



V. EJERCICIOS.

Ejercicios planteados.

Ejercicio 1. Arreglo de resistencias en paralelo, en serie con circuito de resistencia y capacitor.

- a) Calcular la corriente del circuito resistencia capacitor.

Corriente del capacitor

$$1. I = \frac{V}{Z}$$

$$3. Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Corriente de la resistencia

$$I = \frac{V}{R}$$

- b) Calcular el voltaje del arreglo de resistencias en paralelo.

Valor de resistencias

$$R=200\Omega$$

Valor capacitores

$$C=100 \mu\text{F}$$

Considerar la resistencia del cable

$$R \text{ cable: } 0,173 \Omega$$

- c) Calcular el voltaje del arreglo de resistencias

Resistencia equivalente en paralelo

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Voltaje de la resistencia

$$V_r = I * R$$

Voltaje del capacitor

$$V_c = I * X_c$$

d) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 8.

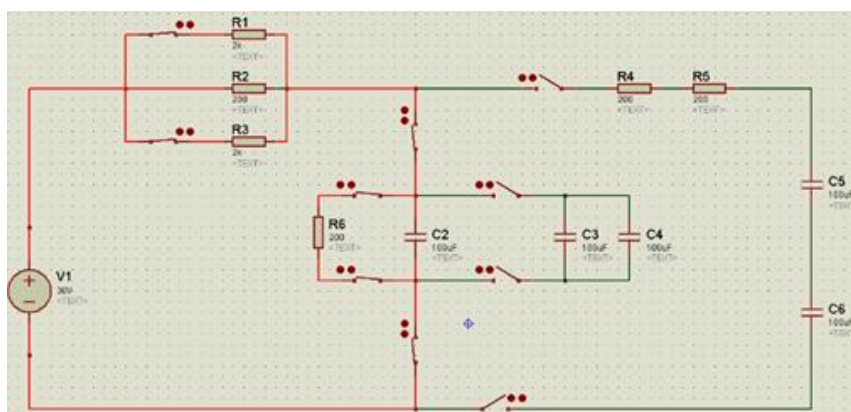


Figura 8. Diagrama esquemático para el primer ejercicio de arreglos en paralelo
Ejercicio 2. Resistencias en paralelo con capacitor en serie.

Ejercicios planteados.

Ejercicio 1. Resistencia con capacitor en serie.

e) Calcular la resistencia equivalente del circuito mediante las siguientes fórmulas.

Capacitancia equivalente del arreglo en paralelo.

$$C_{Eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Corriente en el capacitor

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Valor de resistencia

$$R = 200\Omega$$



Valor de los capacitores

$$C=100 \mu\text{F}$$

Considerar la resistencia del cable

$$R \text{ cable: } 0,173 \Omega$$

f) Calcular el voltaje de la resistencia y el capacitor mediante las siguientes ecuaciones.

Voltaje de la resistencia

$$V_r = I * R$$

Voltaje del capacitor equivalente

$$V_c = I * X_c$$

g) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 9.

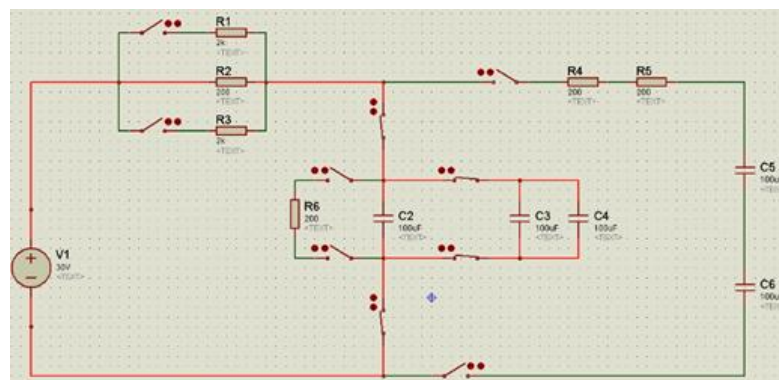


Figura 9. Diagrama esquemático para el segundo ejercicio de resistencia con capacitores en paralelo



VI. RESULTADOS OBTENIDOS:

- a) Describir los resultados obtenidos de la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor considerando los valores de resistencia propuestos (llenar datos en la Tabla 2).

Tabla 2. Voltajes.

Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %

Fuente: Autor.

Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 3).

Tabla 3. Amperajes

Corriente Calculada	Corriente medida	Error %

Fuente: Autor.

- a) Variando el voltaje de entrada y la resistencia calcular los ejercicios propuestos y obtener los resultados teóricos y compararlos con los obtenidos en la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 4).

Tabla 4. Voltajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.



Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 5)

Tabla 5. Amperajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	corriente Calculada	Corriente medida	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.

VII. CONCLUSIONES:

Apartado para que el estudiante desarrolle sus conclusiones, observaciones y recomendaciones sobre la práctica. Una conclusión consta de dos partes primero escriba la principal interpretación de los resultados y a continuación extienda la importancia de la práctica.

VIII. RECOMENDACIONES:

En las recomendaciones se debe proporcionar sugerencias orientadas al mejoramiento con base en los resultados, estas podrían ser, sugerencias para la mejora del proceso.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Referenciar en base a la Normativa IEEE especificada para la FICM.



GUÍA 3: MALLAS CON RESISTENCIAS Y CAPACITORES EN SERIE Y PARALELO

LABORATORIO TALLER SIMULACIÓN

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

ASIGNATURA:

NIVEL:

PARALELO:

ÁREA ACADÉMICA: Básicas

DOCENTE:

PERIODO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°: 3

I. TEMA:

“CÁLCULO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE MALLAS CON RESISTENCIAS EN SERIE Y PARALELO”

II. OBJETIVOS:

Objetivo General

- Calcular y verificar ejercicios prácticos de mallas de resistencias y capacitores a través las leyes de Kirchoff.

Objetivos Específicos

- Seleccionar los componentes electrónicos adecuados para circuitos de mallas con resistencias y capacitores.
- Calcular el valor del voltaje y la corriente en la resistencia y/o capacitor.
- Aplicar las leyes de Kirchoff para obtener los voltajes en los componentes electrónicos.
- Verificar el resultado teórico a través de la práctica en un banco didáctico de circuitos.



- Obtener resultados utilizando resistencias y capacitores de diferente valor.

III. INSTRUCCIONES

ANTES DE UTILIZAR CUALQUIER MÁQUINA RECUERDE:

- Acudir al taller solamente con los materiales indispensables para su trabajo en el taller de máquinas
- Solicitar ayuda al ayudante de laboratorio o al docente tutor en caso de duda o de no conocer el correcto manejo de las máquinas
- Observar las normas de seguridad industrial y utilizar siempre los elementos de protección individual que requiera el equipo o el ambiente de trabajo



OVEROL



PROTECTOR VISUAL



GUANTES




- Atender y cumplir con las indicaciones de los ayudantes de laboratorio y/o el docente tutor
- Planificar con anterioridad el trabajo y disponer de los elementos necesarios para su elaboración
- Limpiar las máquinas y equipos que se hayan utilizado antes de abandonar el taller de máquinas
- Recoger los materiales sobrantes y colocarlos en sitios indicados ya sea para reciclaje, reutilización o desecho
- No usar reloj, pulseras, anillos; cuando se manipule las máquinas
- Mantener las manos a una distancia prudencial, cuando la máquina se encuentre trabajando
- Desactivar la máquina en caso de escuchar ruidos extraños o se observe un mal funcionamiento e inmediatamente notificar al ayudante de laboratorio y/o al docente tutor.



IV. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

Enlistar con fotografías los diferentes equipos, materiales y recursos utilizados en la práctica como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de materiales y equipos para la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS	
Materiales	
<p>Cable.</p> 	<p>Cable de conexión de sección 16, utilizado para la realización de los cables tipo banana y las conexiones principales del tablero.</p>
<p>Condensadores (código 104)</p> 	<p>En ocasiones este tipo de condensadores se presentan en forma plana y llevan sus datos impresos en forma de bandas de color, recibiendo comúnmente el nombre de condensadores "de bandera". Su capacidad suele ser como máximo de 470 nF.</p>
<p>Condensador electrolítico 16 V de 100 μF, 10 μF, 1 μF.</p> 	<p>Es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos con relativa alta corriente y baja frecuencia.</p>



MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

Multímetro



El multímetro tiene como función principal medir voltaje y amperaje del bando didáctico. Por lo que se recomienda

Condensadores cerámicos a 16 V
(código 104,102,103)



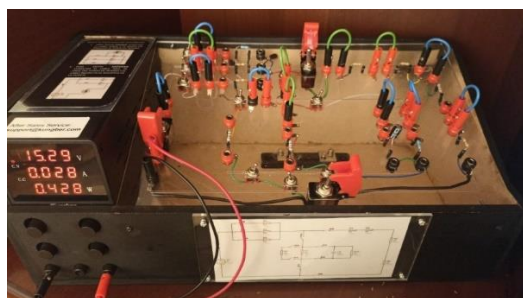
Los condensadores cerámicos utilizan como material dieléctrico la propia cerámica.

Los dos tipos más comunes de capacitores cerámicos son la multicapa y los condensadores cerámicos de disco. La capacitancia de estos pequeños capacitores suele tomar valores de entre 1nF y 1 μ F, si bien puede tomar valores de hasta 100 μ F.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

Banco didáctico de circuitos de Malla para condensadores y resistencias



El banco de circuitos del laboratorio permite la simulación de circuitos en serie, paralelo y mixtos que involucran resistencias y capacitores, se puede simular cualquier ejercicio básico y obtener resultados de corriente y voltaje en puntos específicos, a través de un multímetro digital incorporado



MATERIALES Y EQUIPOS

Herramientas

Playo



Es una herramienta manual cuyos usos van desde sujetar piezas al corte o moldeado de distintos materiales. Son comunes en todo equipo de herramientas manuales, ya que es un útil básico para el bricolaje.

Cautín



Instrumento utilizado para la soldadura de componentes electrónicos, cables y terminales

Alicates



Utilizados para pelar cables, trenzar conductores y prensar terminales de cada componente electrónico.

Destornillador Philips



Utilizado en el ajuste y remoción de tornillos de cada componente del circuito.



MATERIALES Y EQUIPOS

Equipos de protección

Mandil



Es una prenda de vestir esencial para protegerse ante cualquier manipulación de instrumentos o dispositivos mecánicos en el cual generen sustancias tóxicas o líquidos.

Guantes



Para proteger al trabajador de todos los riesgos que se generan al manipular herramientas o materiales filosos, bordes cortantes, virutas metálicas, ciertos golpes y otros tantos riesgos físicos.



XIV. MARCO TEÓRICO

Apartado donde el estudiante realizará una revisión bibliográfica respecto al tema de la presente guía.

XV. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- a) Conectar a la red eléctrica el banco de circuitos.
- b) Establecer los parámetros de voltaje de entrada y salida en el banco de circuitos con los reguladores de la fuente de voltaje como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Parámetros de alimentación del circuito principal.

- c) Energizar la malla principal colocando los cables negro y rojo que salen de la fuente principal hasta el tablero de control del banco como se muestra en la figura 2.

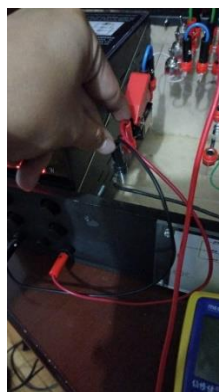


Figura 2. Parámetros de alimentación del circuito principal.



- d) Colocar el nivel de resistencia adecuado según el ejercicio como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Ajuste del valor de resistencia mediante potenciómetros.

- e) Colocar un capacitor en las ranuras de acuerdo con el valor del ejercicio establecido como se muestra en la figura 4.

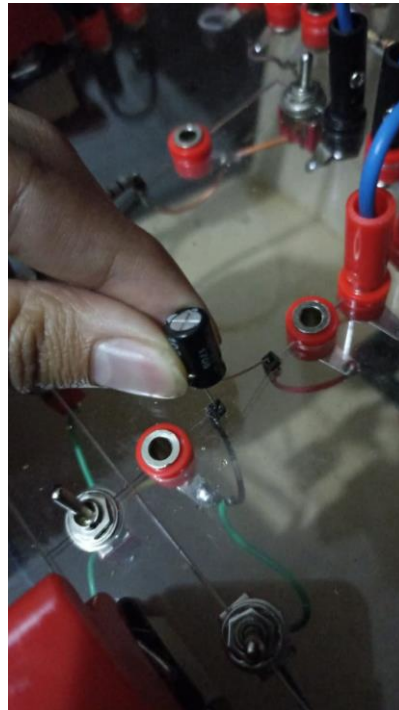


Figura 4. Capacitor colocado en el circuito.



- f) Colocar el voltaje y la corriente necesaria en la fuente según el ejercicio.
- g) Verificar que el circuito esté en funcionamiento con el multímetro como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Verificación de funcionamiento del circuito.

Se verifica midiendo el voltaje con el multímetro colocando el cable negro luego del elemento de interés y el cable rojo antes como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Regulación de resistencia mediante potenciómetros.



- h) Medir el voltaje y la corriente en los puntos señalados antes y después de la resistencia y del capacitor.
- El voltaje se mide conectando el cable común (negro) y el cable rojo en los puntos de medición antes y después de la resistencia o capacitor de forma paralela al elemento.
 - La corriente se mide usando el cable negro y rojo antes del elemento de interés conectándolo en serie.

Los cables sensores se muestran en la figura 7.



Figura 7. Cables sensores.

- i) Comparar los resultados obtenidos en los ejercicios planteados con los valores obtenidos en el banco.



V. EJERCICIOS.

Ejercicios planteados.

Ejercicio 1. Malla de resistencias en serie.

- a) Calcular la resistencia equivalente del circuito mediante las siguientes fórmulas.

Resistencia del capacitor

$$1. I = \frac{V}{Z}$$

$$2. Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

Valor de resistencia

$$R=200\Omega$$

Valor de los capacitores

$$C=100 \mu\text{F}$$

Considerar la resistencia del cable

$$R \text{ cable: } 0,173 \Omega$$

- b) Calcular la corriente y resistencia equivalente ambas mallas

Voltaje del capacitor

$$Xc = \frac{1}{2\pi * 60 * C}$$

Corriente del capacitor

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

Resistencias en serie.

$$REq = R1 + R2 + R3 + \dots Rn$$



c) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 8.

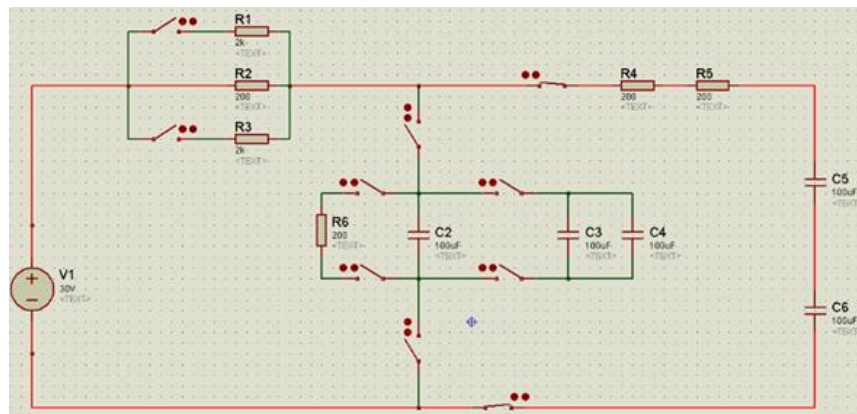


Figura 8. Diagrama esquemático para el primer ejercicio de mallas de componentes en serie.

Ejercicio 2. Mallas de componentes en paralelo.

a) Calcular la resistencia equivalente del circuito mediante las siguientes fórmulas.

Resistencia equivalente del arreglo en paralelo.

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Capacitancia equivalente en paralelo

$$C_{Eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Corriente del Capacitor

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Valor de referencia de resistencias

$$R=200\Omega$$

Valor de referencia de los capacitores

$$C=100\ \mu\text{F}$$

Considerar la resistencia del cable



R cable: $0,173 \Omega$

- b) Calcular el voltaje de la resistencia y el capacitor mediante las siguientes ecuaciones.

Voltaje de la resistencia

$$V_r = I * R$$

Voltaje del capacitor

$$V_c = I * X_c$$

Se debe considerar el principio de conservación de energía de las leyes de corriente Kirchoff, que establece que la corriente que sale del circuito es igual a la sumatoria de las corrientes que entran en cada nodo de la malla.

El principio es el mismo para calcular voltajes como se muestra en la figura 9.

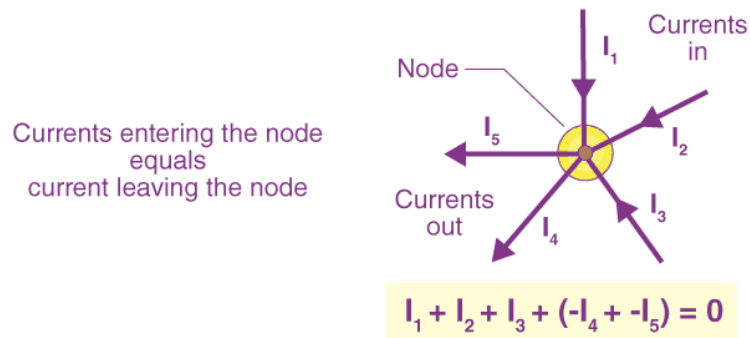


Figura 13. Primera ley de Kirchoff.

- c) Representar el circuito en el banco didáctico como se muestra en la figura 10.

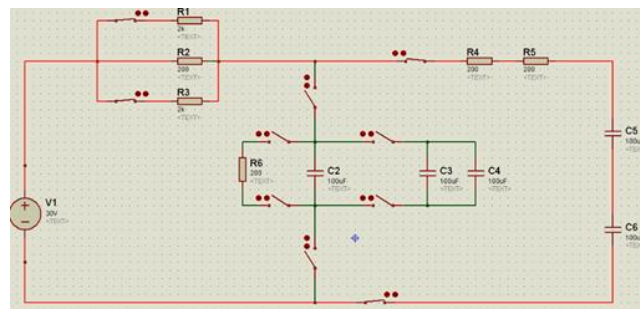


Figura 10. Diagrama esquemático para el primer ejercicio de resistencia en serie con capacitor en serie.



VI. RESULTADOS OBTENIDOS:

- b) Describir los resultados obtenidos de la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor considerando los valores de resistencia propuestos (llenar datos en la Tabla 2).

Tabla 2. Voltajes.

Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %

Fuente: Autor.

Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 3).

Tabla 3. Amperajes

Corriente Calculada	Corriente medida	Error %

Fuente: Autor.

- b) Variando el voltaje de entrada y la resistencia calcular los ejercicios propuestos y obtener los resultados teóricos y compararlos con los obtenidos en la práctica.

Voltaje de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 4).

Tabla 4. Voltajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	Voltaje Calculado	Voltaje medido	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.



Corriente de la resistencia y el capacitor (llenar tabla 5)

Tabla 5. Amperajes obtenidos de la variación de resistencia.

N°	Resistencia regulada	Capacitancia establecida	corriente Calculada	Corriente medida	Error %
1					
2					
3					

Fuente: Autor.

VII. CONCLUSIONES:

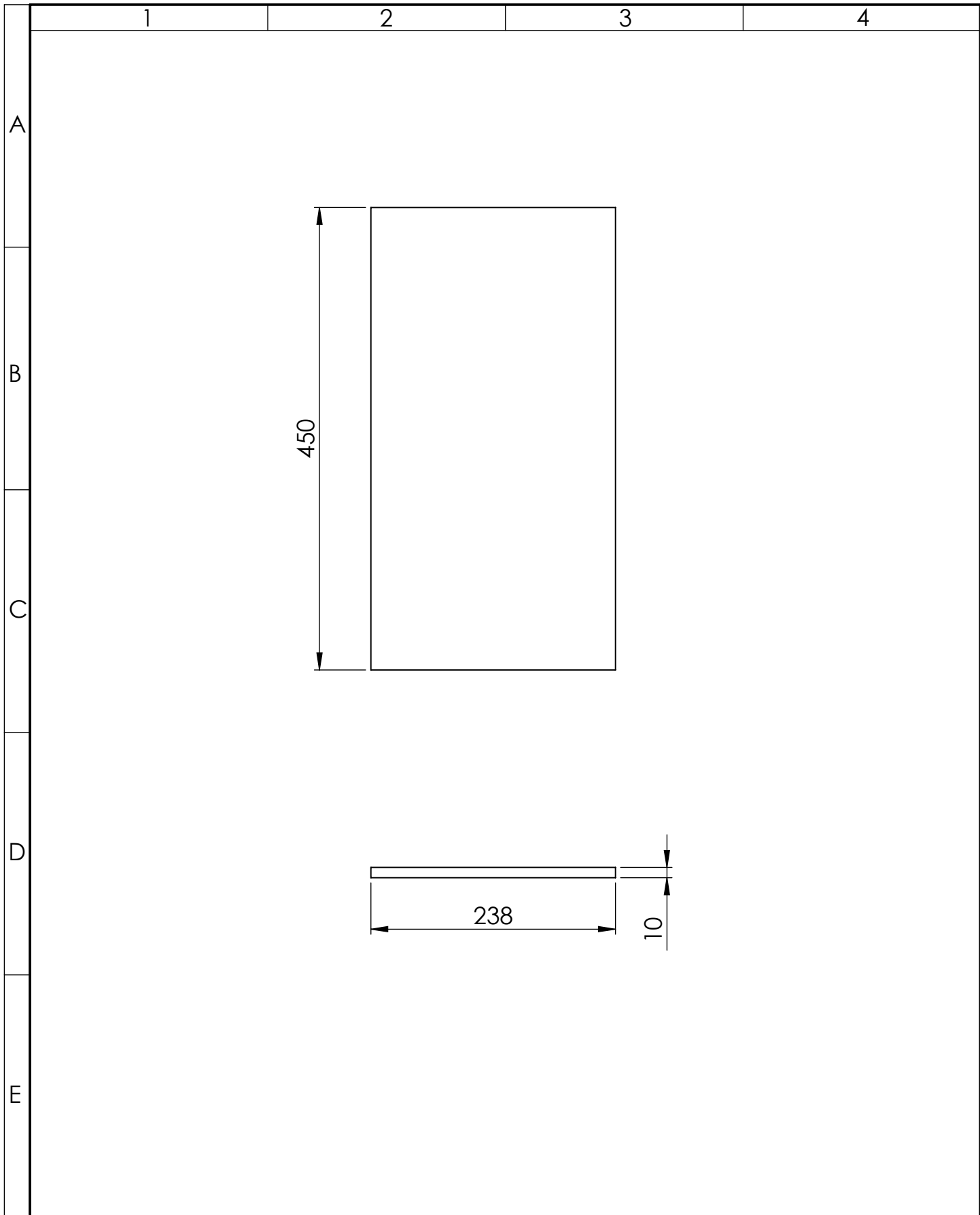
Apartado para que el estudiante desarrolle sus conclusiones, observaciones y recomendaciones sobre la práctica. Una conclusión consta de dos partes primero escriba la principal interpretación de los resultados y a continuación extienda la importancia de la práctica.

VIII. RECOMENDACIONES:

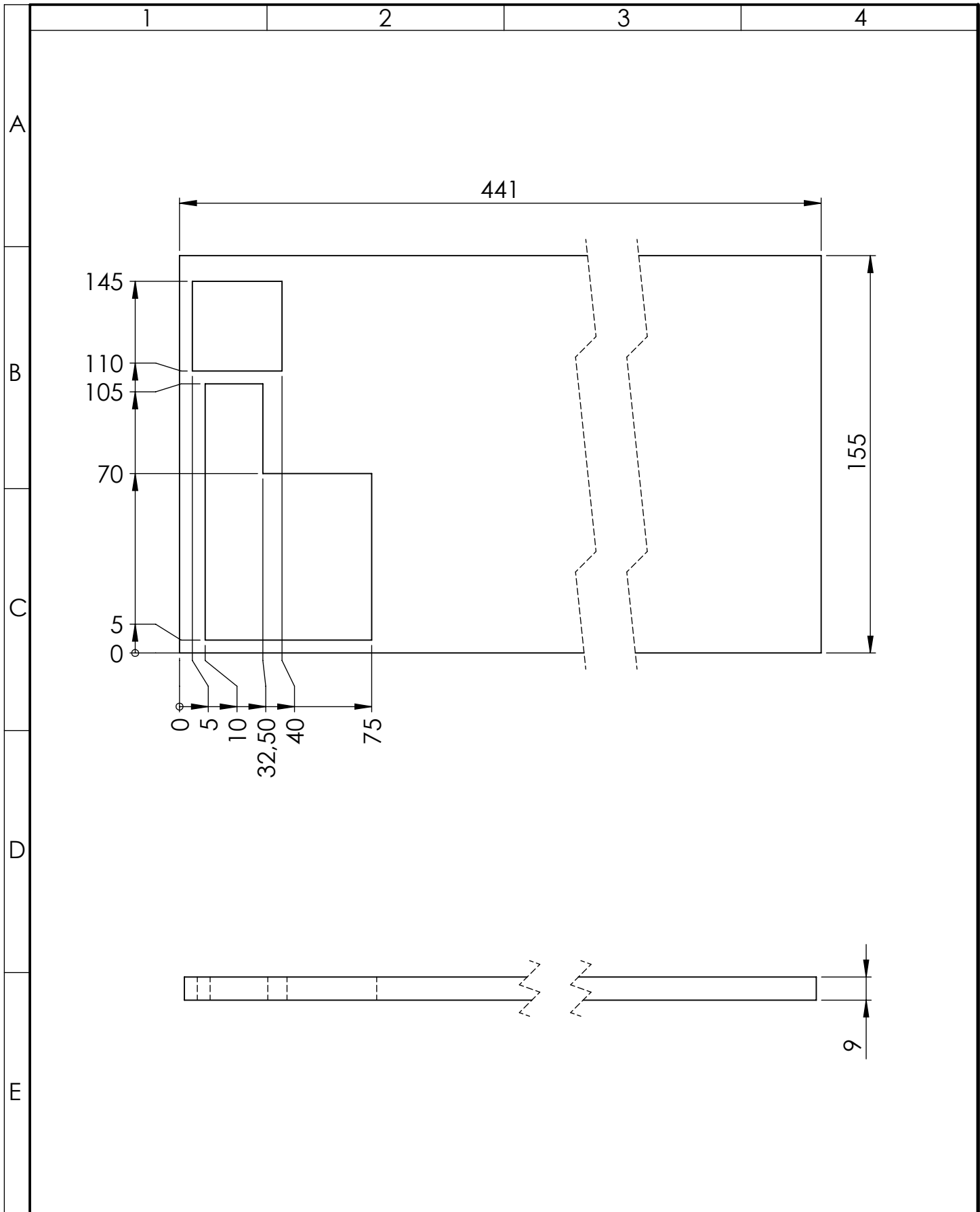
En las recomendaciones se debe proporcionar sugerencias orientadas al mejoramiento con base en los resultados, estas podrían ser, sugerencias para la mejora del proceso.

IX. BIBLIOGRAFÍA

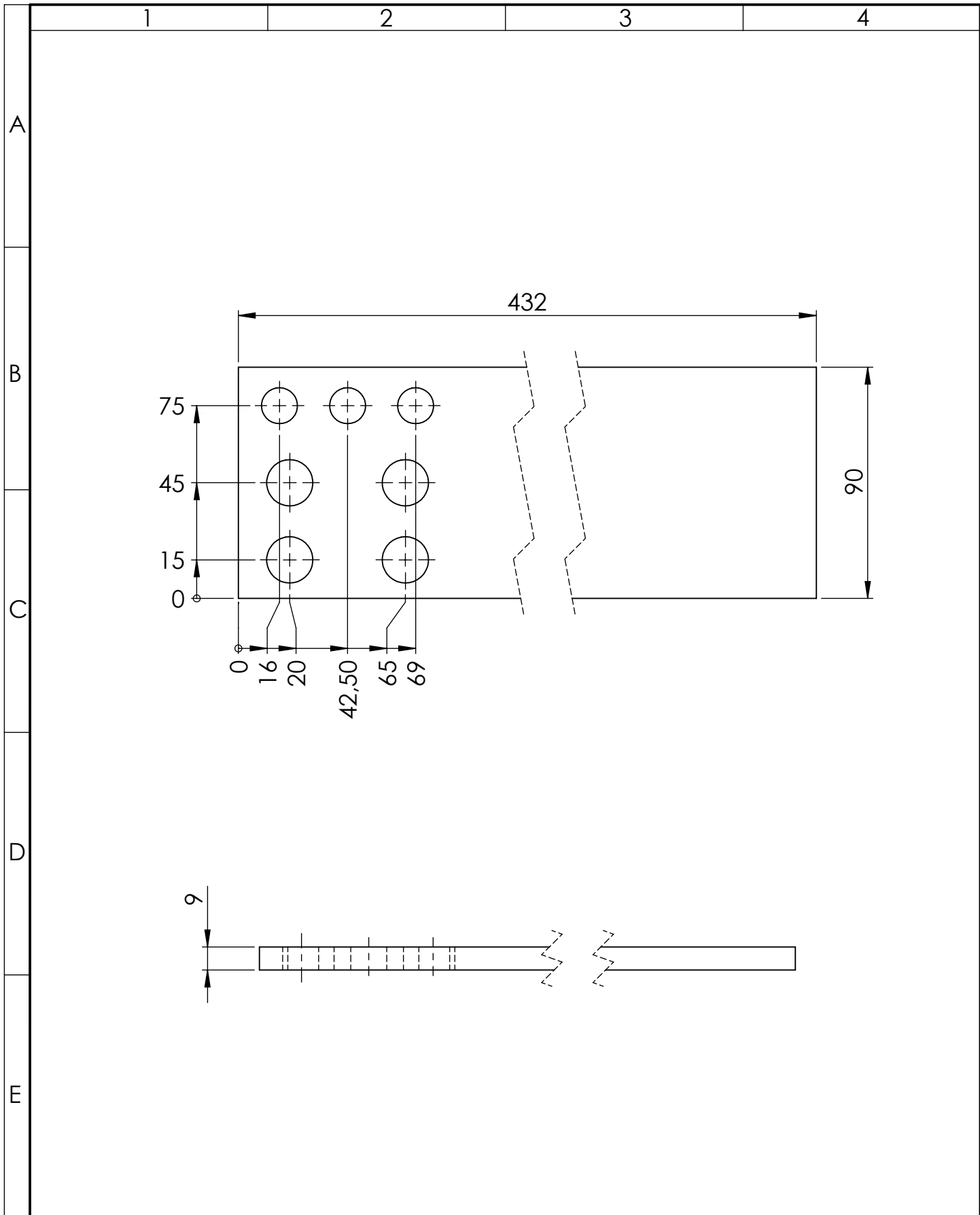
Referenciar en base a la Normativa IEEE especificada para la FICM.



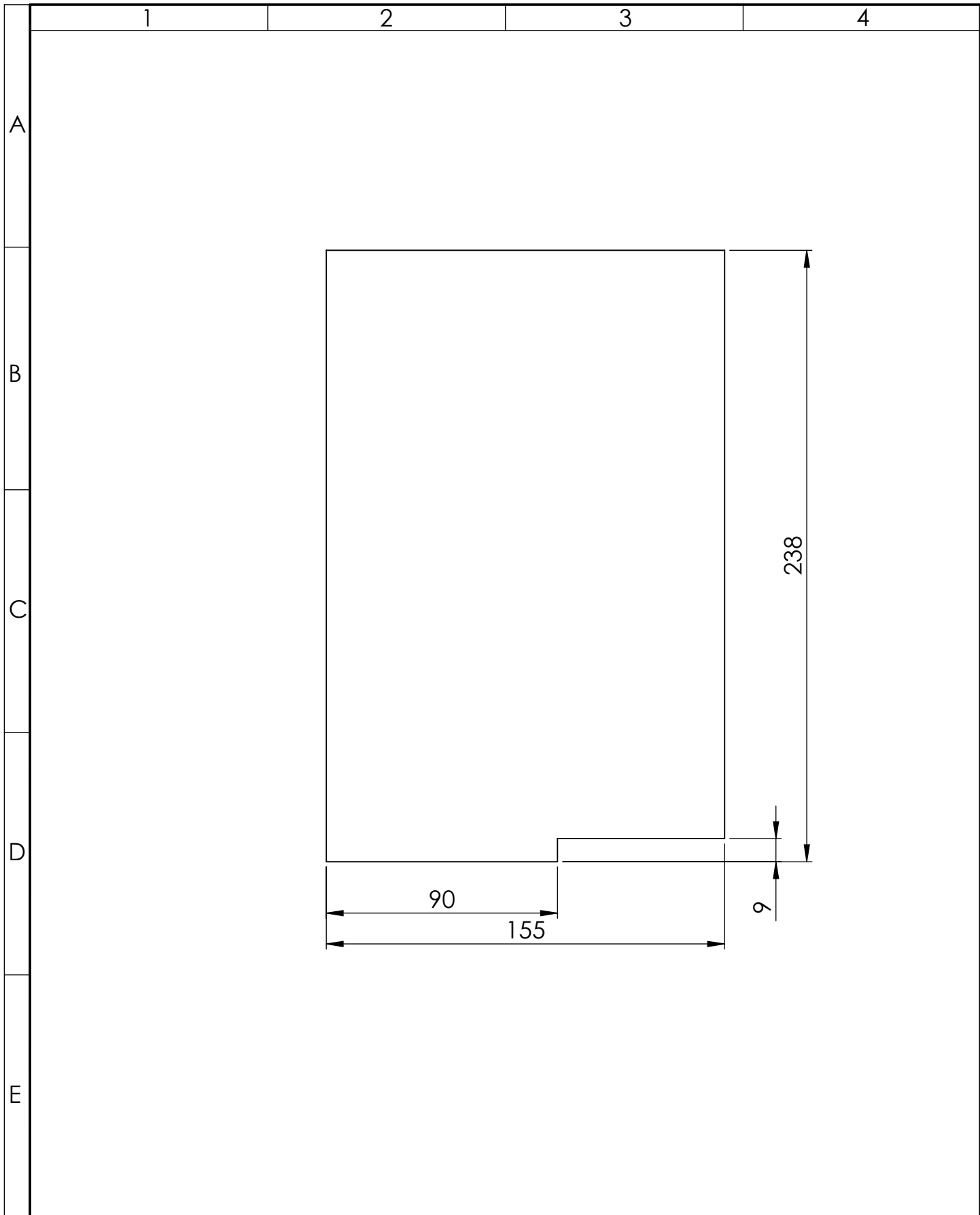
				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 364.140 g	Material: Melamina 9 mm	
				Fecha	Nombre	Denominación: Placa Base	Escala: 1:1
				Dibujó: 29/1/2023	Wagner Pineda		
				Revisó: 30/01/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 30/01/2023	Ing. Mauricio Carrillo	No. de lámina: 2 de 8	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	FICM U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			



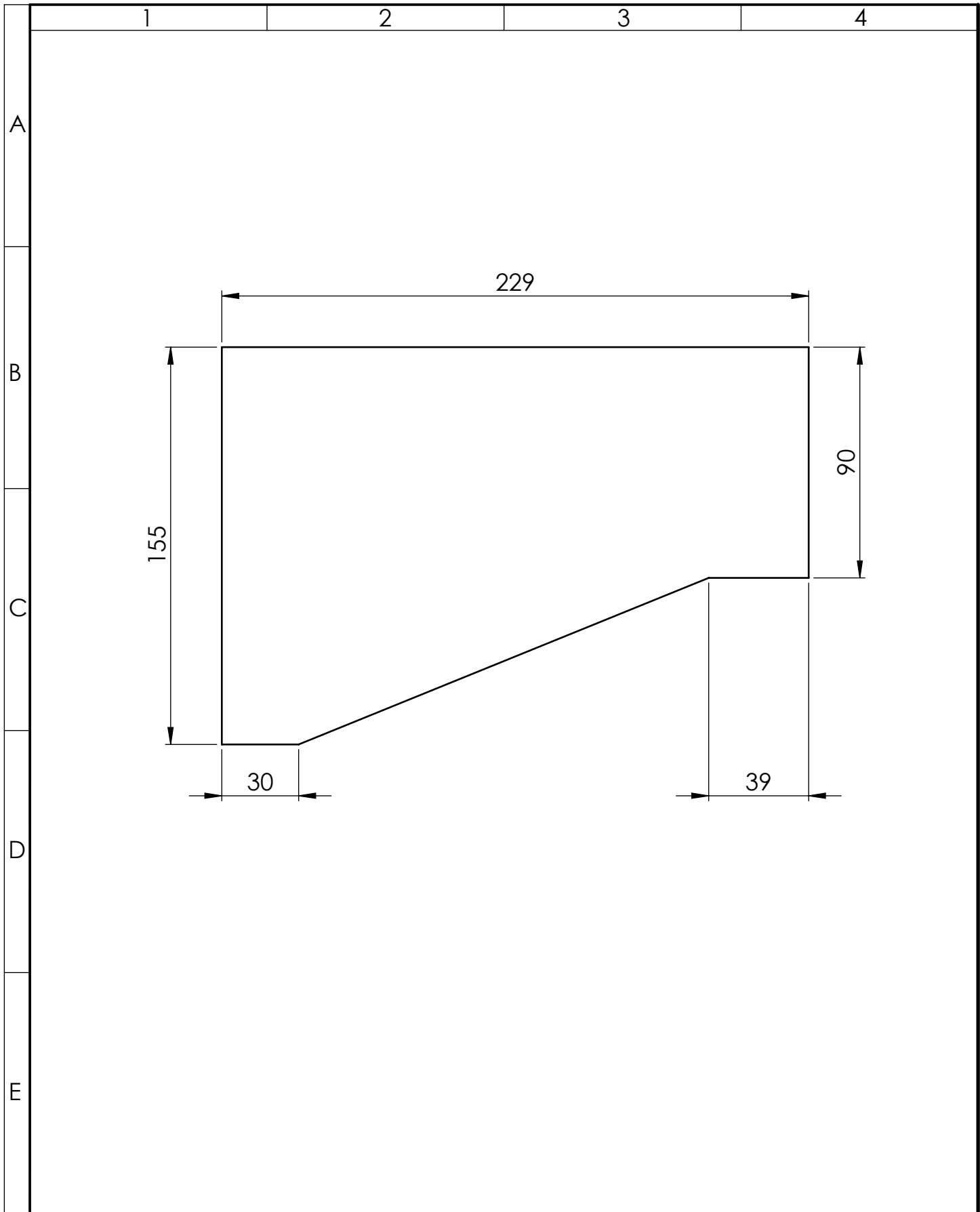
				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 190.080 g	Material: Melamina	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 30/1/2023	Wagner Pineda	Placa Posterior	1:1
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		3 de 8	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



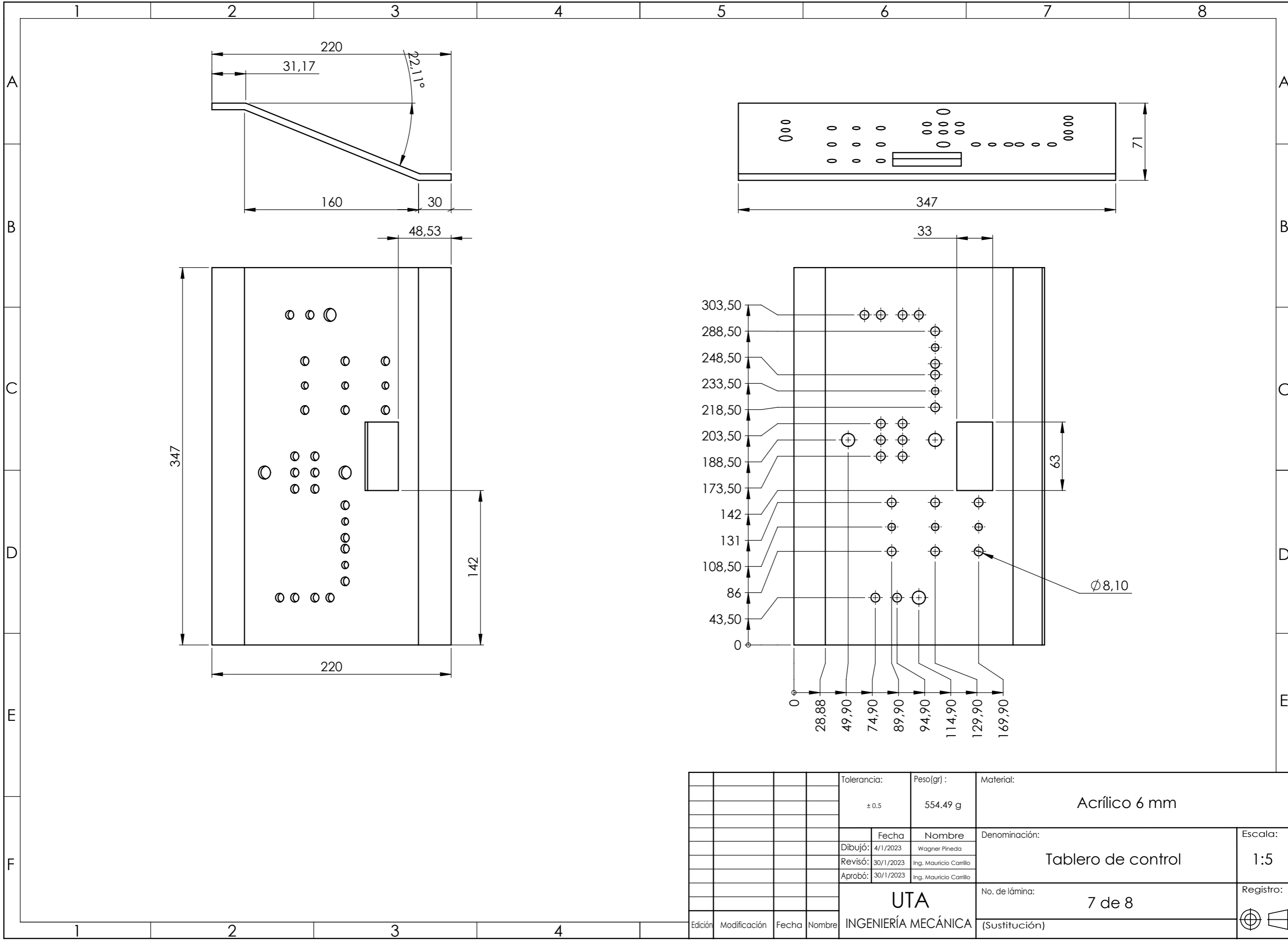
				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 114.445 g	Material: Melamina	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 30/1/2023	Wagner Pineda	Placa Frontal	1:1
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		4 de 8	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



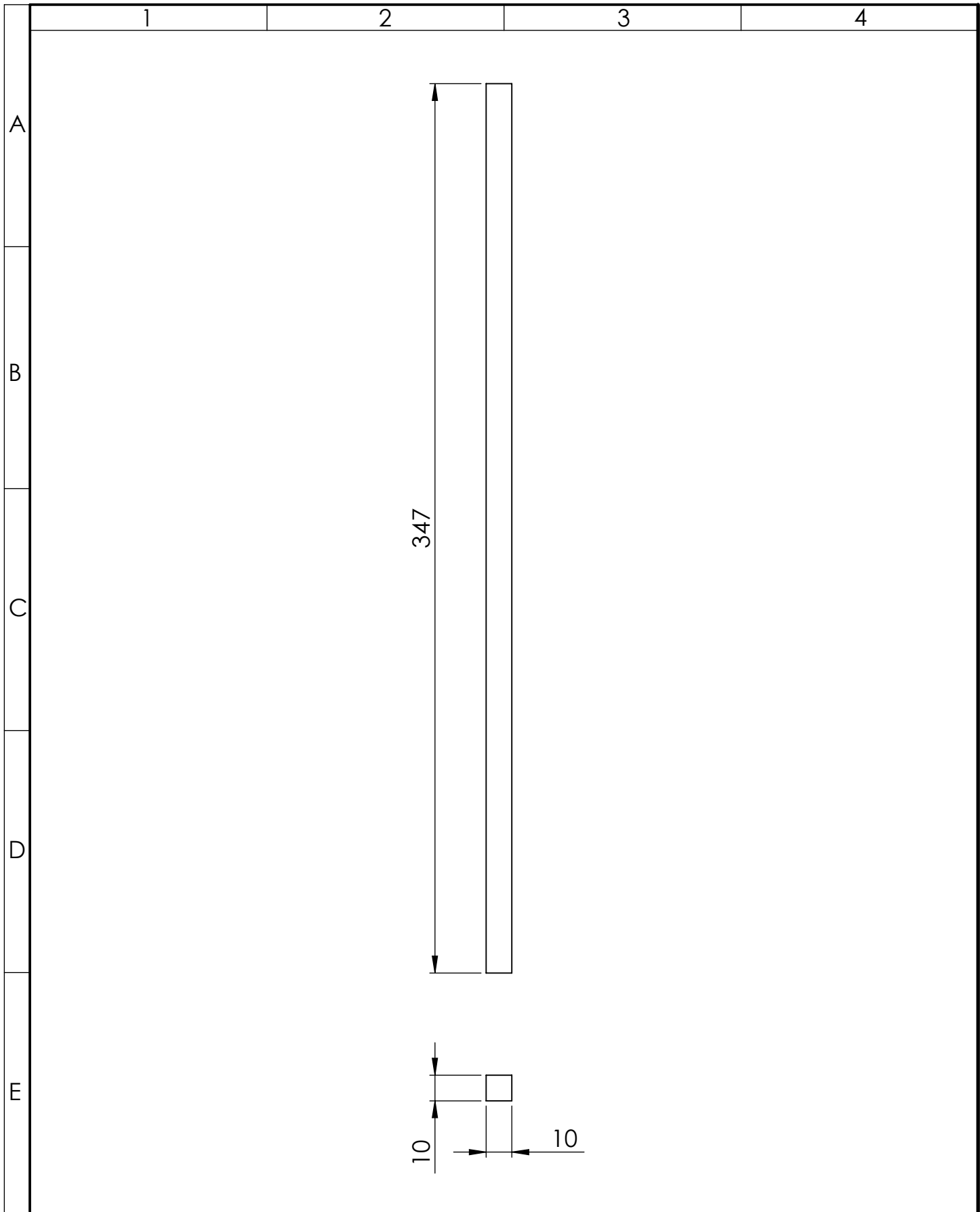
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				± 0.5	111.093 g	Melamina 9 mm		
						Denominación:		Escala:
				Fecha	Nombre	Lateral izquierdo		1:1
				Dibujó: 30/1/2023	Wagner Pineda	No. de lámina:		Registro:
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				FICM U.T.A.		5 de 8		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)		



				Tolerancia: ± '0.5	Peso: 84.946 g	Material: Melamina 9 mm	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 30/1/2023	Wagner Pineda	Lateral derecho	1:1
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				FICM U.T.A.		No. de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		6 de 8	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia:	Peso(gr) :	Material:		
				± 0.5	554.49 g	Acrílico 6 mm		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 4/1/2023	Wagner Pineda	Tablero de control		1:5
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo			
				UTA		No. de lámina:		Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		7 de 8		⊕
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 19.432 g	Material: Melamina 10 mm	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tope interno	Escala: 1:1
				Dibujó: 4/1/2023	Wagner Pineda		
				Revisó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 30/1/2023	Ing. Mauricio Carrillo		
				FICM U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		No. de lámina: 8 de 8	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	