



**Diseño e implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja
tensión con analizador de redes para prácticas académicas**

Desarrollo tecnológico

Luis Anderson González Sanabria
CC. 1005153067
Juan David Serrano Pérez
CC. 1005152367

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingenierías Electromecánica
Bucaramanga- 20/08/2026



**Diseño e implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja
tensión con analizador de redes para prácticas académicas**

Desarrollo tecnológico

Luis Anderson González Sanabria

CC. 1005153067

Juan David Serrano Pérez

CC. 1005152367

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electromecánico**

DIRECTOR

Jean François Rondón Gamboa

Grupo de investigación - DIMAT

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga (20/08/2026)**

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado, en modalidad de Desarrollo tecnológico, fue APROBADO en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria Tecnológica de Santander para optar por el título de Ingeniero electromecánico según el acta No. 30 del 13 de octubre del 2026 del Comité del Trabajo de Grado.



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, por brindarme salud y fortaleza en cada paso del camino, mi familia, por su apoyo incondicional, por creer en mí incluso en los momentos en que yo no lo hacía.

A mis docentes, cuyo compromiso y dedicación dejaron una huella invaluable en mi formación profesional y personal. A si mismo a todas aquellas personas que, con su motivación, palabras de aliento y compañía, fueron luz en los días difíciles e impulso en los momentos clave de este proceso.

Luis Anderson González Sanabria

Agradezco primero a Dios y a mi familia por ser mis guías en este proceso por darme fortaleza, sabiduría y paciencia por ser mi motor mi apoyo incondicional, por ser ese impulso que dio motivación para continuar y culminar de buena manera este camino. A mis docentes, cuya dedicación y conocimientos fueron importantes en mi formación profesional durante toda la carrera, así mismo a todas aquellas personas que fueron parte importante en todo mi proceso dándome palabras de motivación que me dieron un gran impulso en los momentos importantes de mi formación.

Juan David Serrano Pérez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre, por darme la fortaleza, la fe y la esperanza necesarias para superar cada desafío, y por guiar mis pasos.

A mis profesores, por su entrega, dedicación y paciencia. Gracias por compartir su conocimiento con generosidad, por inspirarme a superarme cada día y por acompañarme con compromiso a lo largo de este camino académico.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este proceso de formación y crecimiento. Cada palabra de apoyo, cada gesto de aliento y cada enseñanza recibida han contribuido de manera significativa a la persona y profesional que hoy soy.

Luis Anderson González Sanabria

Agradezco infinitamente a Dios y doy Gracias a mi familia, amigos y seres queridos que desde que inicie este proceso de formación me animaron, me sostuvieron, y me recargaban de energía y apoyo para no desistir de este camino, que no fue fácil pero no imposible por mi entrega y amor al ejercicio de promover el mercadeo y la gestión comercial en las organizaciones o de manera independiente. Nuevamente doy las gracias al cuerpo docente que me aportó conocimiento a mi preparación durante el proceso de mi carrera y en el desarrollo de mi seminario fueron fundamentales y me ayudaron a crecer en el ser, el saber y el hacer.

Juan David Serrano Pérez

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	18
2. MARCO REFERENCIAL	21
2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1. TEORÍA DEL APRENDIZAJE EXPERIENCIAL.....	21
2.1.2. TEORÍA CONSTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE.....	22
2.1.3. TEORÍA DEL APRENDIZAJE BASADO EN LA PRÁCTICA Y METODOLOGÍA LEARNING BY DOING	23
2.2. ANTECEDENTES.....	24
2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	24
2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.3. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3.1. SISTEMA TRIFÁSICO	25
2.3.2. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN.....	26
2.3.3. CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	26
2.3.4. BANCO DIDÁCTICO	27
2.4. MARCO LEGAL	28
2.5. MARCO CONTEXTUAL.....	30
2.6. MARCO TECNOLÓGICO	31
2.6.1. MODELO CDA TRIDIMENSIONAL MODULO DEL DISEÑO REALIZADO EN LA PLATAFORMA SOLIDWORKS	32
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	36

3.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	37
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA	37
3.5.	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	38
4.	<u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>39</u>
4.1.	DISEÑAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICO A BAJA TENSIÓN, INCORPORANDO CARGAS MONOFÁSICAS Y TRIFÁSICAS, A TRAVÉS DE DIAGRAMAS UNIFILAR Y TRIFILAR.....	40
4.2.	ELABORAR EL CUADRO DE CARGAS Y CALCULAR CORRIENTES PARA ASEGURAR QUE LAS FASES ESTÉN EQUILIBRADAS APROPIADAMENTE.....	40
4.3.	DIMENSIONAR LOS CONDUCTORES Y ELEGIR APARATOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA SIGUIENDO LAS PAUTAS DEL RETIE.	41
4.4.	ELABORAR UN MANUAL DE PRÁCTICAS QUE SIMPLIFIQUE SU UTILIZACIÓN PEDAGÓGICA DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO.	41
5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>42</u>
5.1.	DISEÑAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICO A BAJA TENSIÓN, INCORPORANDO CARGAS MONOFÁSICAS Y TRIFÁSICAS, A TRAVÉS DE DIAGRAMAS UNIFILAR Y TRIFILAR.....	42
5.2.	ELABORAR EL CUADRO DE CARGAS Y CALCULAR CORRIENTES PARA ASEGURAR QUE LAS FASES ESTÉN EQUILIBRADAS APROPIADAMENTE.....	50
5.3.	DIMENSIONAR LOS CONDUCTORES Y ELEGIR APARATOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA SIGUIENDO LAS PAUTAS DEL RETIE.	57
	POSTERIORMENTE, LUEGO DE HABERSE COMPROBADO QUE EL CUADRO DE CARGAS ELÉCTRICAS Y EL MONTAJE O CÁLCULO DE LAS CORRIENTES PARA ASEGURAR QUE LAS FASES ESTÉN EQUILIBRADAS APROPIADAMENTE Y QUE ESTE ES SEGURO PARA CONTINUAR CON SU DISEÑO, SE PROCEDE A REALIZAR EL DESARROLLO DEL TERCER OBJETIVO SE REALIZÓ EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y LA SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN QUE HARÁN PARTE DEL BANCO DIDÁCTICO DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICA EN BAJA TENSIÓN, TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CARGAS QUE SERÁN CONECTADAS Y LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD ESTABLECIDOS EN EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE). EMITIDOS Y ESTABLECIDOS POR EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA EN LA RESOLUCIÓN 40284 DEL 23 DE JUNIO DE 2026- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2026). ESTE REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), ESTABLECE LOS REQUISITOS TÉCNICOS Y DE SEGURIDAD QUE DEBEN CUMPLIR LAS INSTALACIONES, PRODUCTOS Y PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LOS PROCESOS RELACIONADOS CON LA GENERACIÓN, TRANSMISIÓN, TRANSFORMACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y USO FINAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, SU FINALIDAD PRINCIPAL CONSISTE EN GARANTIZAR LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS, LOS ANIMALES, EL MEDIO AMBIENTE Y LOS BIENES FRENTE A LOS RIESGOS ASOCIADOS CON LA ELECTRICIDAD, PROPORCIONÁNDOLES INFORMACIÓN PERTINENTE Y ADECUADA SOBRE LOS EQUIPOS, MATERIALES, DOTACIÓN Y CUIDADOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA JUNTO CON LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA HORA DE MANIPULAR Y TRABAJAR CON ELECTRICIDAD.	57
5.4.	ELABORAR UN MANUAL DE PRÁCTICAS QUE SIMPLIFIQUE SU UTILIZACIÓN PEDAGÓGICA DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO.	60

<u>6.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>63</u>
<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>65</u>
<u>8.</u>	<u>ANEXOS.....</u>	<u>67</u>
<u>9.</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>92</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Modelo del módulo de diseño CDA tridimensional realizado en la plataforma SOLIDWORKS</i>	32
Figura 2 <i>Diseño y vista del modelo 3D completo del banco didáctico trifásico con analizador de redes</i>	34
Figura 3 <i>Vista del modelo 3D completo del banco didáctico trifásico con analizador de redes</i>	35
Figura 4 <i>Fases del trabajo de grado</i>	39
Figura 5 <i>Banco de Prácticas de Instalaciones Eléctricas Industriales Residenciales</i>	43
Figura 6 <i>Diseño y construcción de un analizador de redes eléctricas para sistemas trifásicos de bajo voltaje</i>	44
Figura 7 <i>Evaluación del funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas</i>	45
Figura 8 <i>Diseño y prototipo del módulo para el banco de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas en la plataforma SOLIDWORKS</i>	48
Figura 9 <i>Color del banco</i>	50
Figura 10 <i>Elaboración del cuadro de cargas y medición de corrientes para el montaje del banco didáctico a través de diagramas unifilar y trifilar equilibrando las cargas adecuadamente</i>	51
Figura 11 <i>Elaboración del cuadro de cargas y medición de corrientes para el montaje del banco didáctico a través de diagramas unifilar y trifilar equilibrando las cargas adecuadamente</i>	52
Figura 12 <i>Tablero físico del banco</i>	53
Figura 13 <i>Cargas y cálculos del proyecto</i>	54
Figura 14 <i>El cuadro de cargas y el cálculo de las corrientes de las fases para el banco didáctico están perfectamente ensambladas y equilibradas apropiadamente</i>	55
Figura 15 <i>Dimensionar conductores y escoger aparatos de protección siguiendo las normas establecidas en el RETIE</i>	58
Figura 16 <i>Dimensionar conductores y escoger aparatos de protección siguiendo las normas establecidas en el RETIE</i>	59
Figura 17 <i>Manual de prácticas interactivo, fácil de entender y de usar para simplificar su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo</i>	61
Figura 18 <i>Toma corriente trifásica Industrial</i>	80
Figura 19 <i>Toma corriente Bifásica 220 VAC</i>	81
Figura 20 <i>Toma corriente monofásica Dúplex 110 VAC</i>	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Marco Legal</i>	28
Tabla 2 <i>El cuadro de cargas eléctricas y el montaje de las fases para el banco didáctico están perfectamente ensambladas y equilibradas apropiadamente.</i>	56

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto tuvo como propósito diseñar e implementar un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes, orientado al fortalecimiento de las prácticas académicas en instalaciones eléctricas. Para su desarrollo se diseñó el módulo mediante SOLIDWORKS, integrando cargas monofásicas y trifásicas, sistemas de control y elementos de medición, los resultados evidenciaron una valoración del 100 % en los criterios de funcionamiento, usabilidad, utilidad y funcionalidad del banco didáctico, así como en la elaboración del cuadro de cargas y el equilibrio de las fases, adicionalmente, se dimensionaron conductores y seleccionaron dispositivos de protección considerando los lineamientos del RETIE, finalmente se elaboró un manual de prácticas interactivo, sencillo y didáctico que facilita la utilización pedagógica del banco mediante actividades de medición, balanceo de cargas, circuitos y motores eléctricos, promoviendo un aprendizaje práctico y seguro.

PALABRAS CLAVE. Banco didáctico, distribución trifásica, baja tensión, analizador de redes, prácticas académicas

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la Electrónica de Potencia (EdeP) ha experimentado un enorme progreso tanto a nivel de nuevos convertidores como también en el desarrollo de nuevos y mejores dispositivos semiconductores. En la actualidad, la EdeP está presente en los convertidores CA - CC (rectificadores), convertidores CC - CC, CC - CA (inversores) y CA - CA (en convertidores directos de frecuencia), según (Oggier et al., 2016) en un convertidor CC- CC bidireccional de tres puertos (CTP) para sistemas eléctricos híbridos. el objetivo es el de controlar y convertir la energía eléctrica en función de los requerimientos de las cargas que se requieren alimentar para sistemas eléctricos híbridos.

Por otra parte, de acuerdo con (Martinez y Torres, 2024) un banco didáctico tiene múltiples usos educativos como por ejemplo de domótica, el cual es implementado en redes internas de baja tensión usando como ejemplo un plano arquitectónico de una vivienda para simular el entorno y cómo este puede controlar distintos tipos de equipos desde un dispositivo celular, sin embargo la investigación realizada por los autores proyecto optó por usar equipos de control diferentes (ESP-32) a los preestablecidos por la tecnología desarrollada de la domótica ya que estos por lo general presentan problemas de compatibilidad y obsolescencia por la ausencia de un sistema en común para todos los equipos. En este sentido, investigaciones como la de (Delgado, 2024) consistió en el diseño y construcción de un banco didáctico electromecánico, que permite realizar clases teóricas y prácticas de diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería y Tecnología Electromecánica. La máquina cuenta con diversos dispositivos, entre ellos un variador de velocidad que controla un motor eléctrico, el cual puede configurarse de múltiples maneras, siendo este uno de los componentes principales de la máquina.

El presente proyecto de desarrollo tecnológico se estructura en cuatro capítulos, el primer capítulo aborda la descripción de la investigación compuesta por la descripción del problema, la justificación, el objetivo general los objetivos específicos y el estado del arte. Por otra parte, el segundo capítulo se compone del marco referencial que se divide en el marco teórico, los antecedentes de la investigación nacionales e internacionales, el marco conceptual, el marco legal el marco contextual y el marco tecnológico. El tercer capítulo se compone de la metodología la cual se enmarca en un enfoque descriptivo y cualitativo, basado en la recolección y análisis de la información mediante una revisión de la literatura existente que permitirá conocer el estudios previos sobre el Diseño e implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para prácticas académicas conociendo estudios previos existentes sobre el tema que servirán como referencia para el diseño e implementación del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas. Finalmente, en el cuarto capitulo se presentarán los resultados, los cuales servirán como base y referencia para el diseño e implementación del modelo del banco didáctico de distribución trifásica.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo industrial y tecnológico actual requiere entender bien los sistemas de distribución eléctrica en baja tensión. Estos sistemas son fundamentales para la infraestructura electromecánica moderna (Prasad et al., 2021). Sin embargo, hay una creciente preocupación por la falta de habilidad técnica en la formación de estudiantes de educación media. A menudo, estos estudiantes se enfrentan a conceptos teóricos sin la práctica necesaria sobre normativas claves de seguridad y eficiencia, como el RETIE (Gielen et al., 2019) Antes de realizar cualquier montaje eléctrico, es crucial estudiar cómo balancear las fases y coordinar las protecciones. Esto ayuda a reducir el riesgo de fallas graves, mejora la confiabilidad del sistema y disminuye los costos por daños en equipos (Vashishtha et al., 2022).

En este sentido, en una investigación de (Villaraga, 2024) El banco de control electromecánico de contactores para el arranque de motores trifásicos de la Universidad Antonio Nariño, en la sede de la ciudad de Villavicencio Meta, presenta una serie de fallas debido a la falta de mantenimiento preventivo y a malas prácticas. Esto conlleva daños a los elementos mecánicos y eléctricos, impidiendo su correcto funcionamiento y la adecuada implementación de las diferentes prácticas educativas fundamentales en el aprendizaje y la formación para la vida laboral.

Debido a esto el autor propone un plan de restauración y mejora para aumentar su

eficiencia mediante un mantenimiento correctivo, que no solo se basa en la reparación y sustitución de piezas en mal estado, sino que también se enfoca en el cambio de las obsoletas o de aquellas para las que ya existen versiones mejores, con el fin de garantizar su sostenibilidad funcional y vida útil.

Por lo tanto, se nota una falta de herramientas didácticas especializadas que permitan simular cargas mixtas, tanto trifásicas como monofásicas, en el aula. Esta limitación crea una desconexión entre la academia y el sector productivo, lo que impide que los estudiantes desarrollen habilidades en la interpretación de cuadros de cargas y diagramas unifilares o trifilares, de acuerdo con estándares reales (Gutierrez, 2022) Por esto, surge la necesidad de crear un banco de distribución trifásico didáctico. Este banco serviría como un puente entre la institución educativa y la universidad, y ayudaría a mejorar las competencias técnicas a través de la experimentación segura.

Este proyecto de desarrollo tecnológico busca responder al interrogante de ¿Cómo el diseño y construcción de un banco de distribución trifásico, siguiendo la normativa RETIE, ayuda a fortalecer las competencias técnicas y aumentar la motivación hacia la ingeniería electromecánica en los estudiantes de educación media?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un banco didáctico para la distribución trifásica en baja tensión buscará satisfacer la necesidad de contar con una herramienta que conecte teoría y práctica en la universidad que potencie el aprendizaje práctico en sistemas eléctricos, facilitando la comprensión de las conexiones monofásicas y trifásicas, el balanceo de cargas, la creación de cuadros de carga y la interpretación de diagramas unifilares y trifilares, todo conforme a los lineamientos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. (Gutierrez, 2022).

Además, este proyecto permitirá establecer una estrategia de vinculación académica entre la universidad y una institución educativa de nivel medio, creando un espacio para la aproximación temprana a la Ingeniería Electromecánica. Según (Cardona, 2025) La evaluación formativa y las metodologías como el aula extendida, juntamente con el uso de tecnologías interactivas, permitirán a los estudiantes comprender la aplicabilidad de la ingeniería en problemas de la vida cotidiana asociados a esta profesión. Mediante el uso del banco didáctico, los estudiantes tendrán la oportunidad de interactuar con un sistema eléctrico real en un entorno controlado y seguro, despertando su interés en esta rama de la ingeniería y fortaleciendo su orientación vocacional.

Asimismo, la implementación de este proyecto proporcionará a la universidad una herramienta tecnológica duradera que podrá ser empleada en futuras prácticas académicas y en procesos de extensión y proyección social. Igualmente, contribuirá al fortalecimiento de las áreas de formación en instalaciones eléctricas, diseño de tableros y seguridad eléctrica, permitiendo aplicar de manera integral los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y estableciendo un precedente para el desarrollo de futuros trabajos de grado centrados en sistemas eléctricos de baja tensión.

Por otra parte, desde una perspectiva teórica y educativa en Colombia, la formación en áreas relacionadas con la electricidad y la ingeniería electromecánica requiere

fortalecer los espacios de aprendizaje práctico mediante herramientas didácticas que permitan a los estudiantes relacionar los conocimientos teóricos con situaciones reales. Entre las principales dificultades se encuentra la limitada disponibilidad de laboratorios, equipos especializados y recursos didácticos que faciliten la experimentación con sistemas eléctricos de baja tensión. Estas limitaciones pueden afectar el desarrollo de competencias técnicas relacionadas con la interpretación de circuitos, distribución de cargas, conexiones eléctricas y aplicación de la normativa vigente (Botello, 2020).

Adicionalmente, De acuerdo con (Gutierrez, 2022), la implementación de un tablero didáctico para instalaciones eléctricas constituye una alternativa para fortalecer la formación práctica de los estudiantes, permitiéndoles estudiar y experimentar aspectos relacionados con la distribución de cargas, fases, conductores y dispositivos de protección. Por lo cual, resulta importante promover el desarrollo de herramientas educativas que permitan complementar la formación teórica mediante experiencias prácticas y controladas.

Por lo anterior, Este proyecto de desarrollo tecnológico del banco didáctico para la distribución trifásica en baja tensión representa una oportunidad para fortalecer las competencias técnicas de los estudiantes, facilitar la comprensión de sistemas monofásicos y trifásicos y generar espacios de experimentación que contribuyan a una formación más cercana a las condiciones que encontrarán en el ámbito laboral y profesional.

Finalmente, la investigación posee una alta pertinencia académica e institucional, ya que proporcionará información útil para empresarios, emprendedores, gremios y estudiantes. Ya que los resultados podrán servir como información previa para el diseño e implementación del banco didáctico. De igual manera, el estudio contribuirá al desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el Diseño e implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para prácticas académicas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un banco didáctico de distribución trifásica con analizador de redes.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de distribución trifásico a baja tensión, incorporando cargas monofásicas y trifásicas, a través de diagramas unifilar y trifilar.
- Elaborar el cuadro de cargas y calcular corrientes para asegurar que las fases estén equilibradas apropiadamente
- Dimensionar los conductores y elegir aparatos de protección eléctrica siguiendo las pautas del RETIE.
- Elaborar un manual de prácticas que simplifique su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Los sistemas eléctricos trifásicos de baja tensión son fundamentales para la distribución de energía en sectores industriales, comerciales y educativos, gracias a su eficiencia en la transmisión de potencia y su capacidad para alimentar cargas tanto balanceadas como desbalanceadas (Chapman, 2012) Comprender correctamente estos sistemas es crucial en la formación de ingenieros electromecánicos, sobre todo en lo que respecta al cálculo de corrientes, la selección de protecciones y el diseño de tableros eléctricos.

En el ámbito educativo, diferentes instituciones han desarrollado bancos didácticos para la enseñanza de circuitos eléctricos y sistemas de potencia, lo que permite combinar teoría y práctica a través del aprendizaje experimental (Hernández y Pérez, 2019) Estos sistemas facilitan la visualización de conexiones, la medición de variables eléctricas y el análisis de fallas, mejorando de forma significativa la asimilación del conocimiento técnico.

No obstante, muchos de los bancos disponibles se centran únicamente en circuitos monofásicos o en simulaciones virtuales, lo que limita la experiencia real en sistemas trifásicos de baja tensión. Además, en varios casos no se cumple estrictamente con las normativas técnicas vigentes, como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, que establece los requisitos mínimos de seguridad, diseño e instalación para asegurar la protección de personas y equipos. según el (Ministerio de Minas y Energía, 2026) establece mediante el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) medidas orientadas a garantizar la seguridad de las personas y minimizar los riesgos de origen eléctrico, así como requisitos mínimos aplicables al diseño y a las instalaciones eléctricas.

Por otro lado, algunos aportes desde la literatura académica y técnica promueven iniciativas académicas las cuales se enfocan en la simulación con software especializado, sin embargo, lo que contribuye al análisis teórico, no reemplaza la experiencia práctica de realizar conexiones físicas, para equilibrar cargas y verificar la selectividad de protecciones en un entorno controlado. En este sentido, hay una necesidad clara de diseñar e implementar un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión que integre cargas monofásicas y trifásicas reales, permita la creación de cuadros de carga y diagramas eléctricos, y asegure el cumplimiento de las normativas. Esta propuesta tiene como objetivo ofrecer una herramienta formativa que mejore la enseñanza práctica y fomente el interés por la Ingeniería Electromecánica desde las primeras etapas de la formación.

En este sentido, el presente proyecto busca aportar una alternativa didáctica que complemente los desarrollos existentes mediante un banco orientado específicamente al aprendizaje de la distribución eléctrica trifásica en baja tensión. Su propósito no sería reemplazar los laboratorios existentes, sino proporcionar un recurso de aprendizaje que facilite la experimentación controlada y la relación entre conceptos teóricos y situaciones prácticas. De esta manera, el proyecto pretende contribuir al fortalecimiento de las competencias técnicas de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica y generar un recurso que pueda ser utilizado como apoyo en actividades de formación práctica.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. *Teoría del Aprendizaje experiencial*

El aprendizaje experiencial constituye una de las principales bases teóricas para el desarrollo de herramientas didácticas orientadas a la formación en ingeniería. Esta teoría plantea que el aprendizaje se fortalece cuando el estudiante tiene la posibilidad de adquirir conocimientos mediante experiencias concretas, reflexionar sobre ellas, relacionarlas con conceptos teóricos y posteriormente poner nuevamente en práctica lo aprendido. En el contexto de la ingeniería, este enfoque adquiere especial importancia debido a que gran parte de las competencias profesionales requieren la capacidad de analizar situaciones reales, experimentar, identificar problemas y plantear soluciones.

En la formación relacionada con los sistemas eléctricos, el aprendizaje experiencial permite que conceptos como tensión, corriente, potencia, distribución de cargas, balanceo de fases y funcionamiento de sistemas trifásicos dejen de ser únicamente contenidos matemáticos y puedan ser observados y comprobados mediante experiencias prácticas. De esta manera, el estudiante puede relacionar los cálculos realizados previamente con las variables que posteriormente observa en un sistema eléctrico real o didáctico.

De acuerdo con (Puerto et al., 2023) esta teoría propone que, mediante una revisión sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería desde la perspectiva del aprendizaje experiencial, se señala la importancia de incorporar estrategias pedagógicas que permitan consolidar los conocimientos mediante experiencias prácticas y procesos de reflexión. Los autores destacan que este enfoque resulta pertinente para los programas de ingeniería porque permite adaptar las estrategias de enseñanza a las características particulares de cada contexto académico.

2.1.2. Teoría constructivista del aprendizaje

La segunda base teórica para este proyecto de desarrollo tecnológico corresponde al constructivismo, perspectiva que considera al estudiante como un participante activo en la construcción de su propio conocimiento. Desde este enfoque, el aprendizaje no consiste únicamente en recibir información proporcionada por el docente, sino en interpretar, relacionar y reorganizar los conocimientos a partir de las experiencias y conocimientos previos. En el ámbito de la educación en ingeniería, esta perspectiva resulta especialmente importante porque los estudiantes deben desarrollar la capacidad de resolver problemas y aplicar conocimientos a situaciones concretas. En lugar de limitarse a memorizar procedimientos para calcular corrientes o potencias, el estudiante debe comprender por qué se realizan determinados cálculos, qué relación tienen con el comportamiento de un sistema eléctrico y cómo pueden utilizarse para tomar decisiones durante el diseño o análisis de una instalación.

El desarrollo de prácticas mediante un banco didáctico favorece este proceso constructivista, debido a que el estudiante puede formular hipótesis, realizar conexiones, efectuar mediciones, comparar los resultados obtenidos con los cálculos teóricos y establecer conclusiones a partir de la experiencia. Así, el conocimiento se construye progresivamente mediante la interacción entre los conceptos estudiados y las situaciones prácticas.

En este sentido, en investigaciones realizadas por (Saavedra y Sanchez, 2022) sobre métodos de enseñanza y aprendizaje aplicados a los sistemas de energía eléctrica plantea una metodología que integra actividades de prelaboratorio, laboratorio y postlaboratorio, incorporando aprendizaje activo y otras estrategias para relacionar los contenidos teóricos con situaciones reales del sector eléctrico. Los autores resaltan la importancia de integrar los conocimientos teóricos y prácticos para generar experiencias de aprendizaje significativas en los estudiantes de ingeniería.

2.1.3. Teoría del aprendizaje basado en la práctica y metodología Learning By Doing

Una tercera perspectiva relacionada directamente con el proyecto es el enfoque de “Learning by Doing” o aprender haciendo, el cual plantea que las habilidades técnicas pueden desarrollarse de manera más efectiva cuando el estudiante participa directamente en actividades prácticas. Este enfoque resulta especialmente pertinente en áreas como la ingeniería eléctrica y electromecánica, en las cuales existe una estrecha relación entre los conocimientos conceptuales y su aplicación mediante equipos, instrumentos y sistemas físicos.

La aplicación de este enfoque permite que los estudiantes desarrollen competencias mediante actividades como realizar mediciones, analizar circuitos, identificar comportamientos eléctricos, interpretar resultados y solucionar problemas. En este sentido, la práctica deja de ser una actividad complementaria y se convierte en un componente fundamental del proceso de formación. En investigaciones importantes como las de (De la Hoz y De Blas, 2009) marcaron un ítem importante en el ámbito de la electricidad, los autores aplicaron una metodología basada en aprender haciendo para la enseñanza práctica de máquinas eléctricas. Su propuesta buscó adaptar las actividades de laboratorio a una metodología activa y centrada en el estudiante, encontrando resultados favorables para el desarrollo de las prácticas en el área de máquinas eléctricas.

Este enfoque también se evidencia de manera específica en la enseñanza de circuitos trifásicos. (Bachiller et al., 2010) desarrollaron una propuesta de enseñanza basada en actividades de laboratorio para comprender circuitos trifásicos en estudiantes universitarios de ingeniería. La propuesta fue diseñada para facilitar la comprensión de conceptos que tradicionalmente podían ser abordados únicamente mediante teoría o simulación. Los autores plantearon actividades prácticas con equipos de medición y cargas variables, permitiendo a los estudiantes observar directamente el comportamiento de los circuitos trifásicos.

2.2. Antecedentes

2.2.1. Antecedentes internacionales

En un estudio realizado en China, desarrollado por (Zhao , 2021) titulado Análisis del efecto de añadir experimentos selectivos en un curso de electrónica de potencia para fomentar el aprendizaje activo de los estudiantes. Con el objetivo de satisfacer la necesidad de contenido experimental para estudiantes con una fuerte capacidad de aprendizaje activo y para resolver el problema de las diferentes necesidades de los estudiantes en cuanto a contenido y profundidad experimental, este estudio propone un método de enseñanza que añade experimentos selectivos a partir de los experimentos básicos. Mediante el método de enseñanza multinivel a través de una encuesta aplicada a los estudiantes de electrónica , el autor concluyo que Con la ayuda del índice de comprensión de la función del circuito, el índice de respuestas correctas a las preguntas de razonamiento y el tiempo experimental de los estudiantes que realizaron los experimentos selectivos, se demuestra que el método de enseñanza multinivel y la enseñanza experimental diferenciada son viables, y que el método de enseñanza propuesto en este estudio satisface la necesidad de aprendizaje activo de los estudiantes, mejora su interés en el curso y aumenta las oportunidades de desarrollar sus habilidades prácticas.

2.2.2. Antecedentes nacionales

En otro estudio llevado a cabo en Colombia en la ciudad de Medellin, titulado Diseño e implementación de un prototipo didáctico para la enseñanza de instalaciones eléctricas

Residenciales. Realizado por (Betancurt et al., 2017) este estudio se realizó Con el propósito de tener una herramienta didáctica donde los estudiantes de ingeniería electromecánica del instituto tecnológico metropolitano puedan sintetizar los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso de instalaciones eléctricas

residenciales se ha diseñado un simulador de instalaciones eléctricas residenciales, Con esta herramienta Los alumnos tienen la facilidad de conectar una instalación eléctrica residencial típica, previamente diseñada en un plano, con fundamento en las normas y reglamentos técnicos vigentes en Colombia. El simulador de instalaciones eléctricas fue construido haciendo uso del programa de diseño vectorial ILUSTRATOR y el módulo guía, con el programa de diseño INDESIGN. El proyecto consta de dos componentes, “un módulo guía nombrado como (MG) y el (SIER). Los autores concluyeron que el MG hace referencia a la conexión de aparatos más usados en una instalación eléctrica residencial, explica su funcionamiento y el rol que desempeñan dentro de la misma. Este módulo de guía muestra la forma de incluir el elemento dentro de un circuito ramal, de acuerdo a un esquema de una instalación eléctrica previamente diseñada.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Sistema trifásico

El sistema trifásico es una configuración de corriente alterna constituida por tres magnitudes eléctricas sinusoidales de igual frecuencia y amplitud, pero desfasadas entre sí. Este tipo de sistema es ampliamente utilizado en las redes eléctricas debido a su capacidad para suministrar energía de manera eficiente tanto a cargas trifásicas como a cargas monofásicas. Dentro de su configuración pueden emplearse conexiones en estrella y en delta, dependiendo de las características de la instalación y de los requerimientos de las cargas.

Según (Kasikci, 2022) explica que los sistemas de corriente alternan trifásica pueden configurarse mediante sistemas de tres o cuatro conductores y que las conexiones estrella y delta constituyen las principales formas de conexión de generadores y consumidores trifásicos. Asimismo, el análisis de estos sistemas requiere considerar magnitudes como tensión, corriente y potencia para determinar

su comportamiento eléctrico. Adicionalmente La energía se genera en las centrales eléctricas mediante el uso de enormes generadores síncronos accionados mecánicamente por una turbina impulsada por vapor de agua; la energía de accionamiento mecánico finalmente se disipa en el generador a alta velocidad y eficiencia en energía eléctrica.

2.3.2. Distribución eléctrica en baja tensión

La distribución eléctrica en baja tensión corresponde a la etapa de un sistema eléctrico destinada a suministrar energía a los usuarios finales mediante redes que operan en niveles de tensión relativamente bajos. Estas redes pueden alimentar diferentes tipos de consumidores y cargas, por lo que su diseño y operación requieren considerar aspectos como las características de las cargas, las tensiones de operación, las corrientes, el equilibrio entre fases y las condiciones de funcionamiento de la red.

De acuerdo con (Dovgun, 2020) la distribución eléctrica de baja tensión se presenta un novedoso procedimiento de diseño de filtro híbrido basado en la optimización de las características de frecuencia del filtro en los parámetros de las partes pasivas y activas. Considerando que un sistema digital de cálculo de señales de control para filtros activos basado en el uso de métodos modernos de análisis espectral. Permite la compensación selectiva de componentes fundamentales y armónicos.

2.3.3. Calidad de energía eléctrica

La calidad de energía eléctrica hace referencia a las condiciones en las cuales se suministra y utiliza la energía eléctrica, considerando que las variables del sistema deben mantenerse dentro de condiciones adecuadas para garantizar el funcionamiento correcto de los equipos y las instalaciones. Entre los aspectos que pueden analizarse se encuentran las variaciones de tensión, corriente, potencia, factor de potencia, desequilibrios y determinadas perturbaciones eléctricas.

Por lo anterior, es por eso que autores como (Polo et al., 2017) sostienen que la calidad de la energía depende de las condiciones normales de operación de los sistemas eléctricos en cuanto a estabilidad (voltaje y frecuencia), distorsión de las señales y la continuidad del servicio. Asegurar altos niveles de calidad requiere del estudio de la influencia del conexionado adecuado de los sistemas de puesta a tierra, a lo largo de toda la cadena de valor (generación, transmisión, distribución), bajo la perspectiva de su contribución en la estabilidad, disminución de perturbaciones e interrupciones del servicio eléctrico.

2.3.4. Banco didáctico

Un banco didáctico se entiende como una herramienta física diseñada para reproducir, de manera controlada, determinadas condiciones o procesos relacionados con un área de conocimiento, permitiendo que los estudiantes desarrollen actividades prácticas y experimentales. En el campo de la ingeniería eléctrica, este tipo de recursos puede integrar fuentes, cargas, elementos de conexión, instrumentos de medición y sistemas de protección para facilitar el desarrollo de prácticas académicas.

De acuerdo con (Jimenez, 2021) el desarrollo de pruebas de un banco didáctico permite la asimilación de conocimientos y competencias de los estudiantes de ingenierías en temas como: instalación del gestor de administración, operación y mantenimiento de los equipos y configuración de diferentes tipos de servicios, convirtiéndose en una herramienta de laboratorio practica para que los estudiantes pongan a prueba lo aprendido durante su carrera o formación profesional. De igual manera, (Rahman y Johari, 2022) analizaron el aprendizaje de los estudiantes en la medición de tensión y corriente mediante prácticas de laboratorio y software de simulación. Su investigación evidencia la importancia de las actividades prácticas para desarrollar la comprensión y las habilidades asociadas con la medición de variables eléctricas.

2.4. Marco Legal

El marco legal es una parte fundamental para todo proyecto de grado, ya que se rige y regula bajos normas muy importantes tanto internacionales como nacionales todo tipo de trabajo para no incurrir en ninguna falla grave para este caso de Diseño e implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para prácticas académicas. Se deben tener en cuenta las buenas prácticas, junto con unas normas legales vigentes específicas a continuación. En la siguiente tabla se presentan algunas de las principales disposiciones legales relevantes para este proyecto (**Tabla 1**):

Tabla 1

Marco Legal

Elemento	Descripción
Normas internacionales	
Norma IEC 60364-1:2025 Instalaciones eléctricas de baja tensión	Esta normativa define el alcance y el objetivo de la serie IEC 60364 y especifica los requisitos fundamentales de seguridad que se deben tener en cuenta para una adecuada manipulación de una instalación eléctrica. Esta norma aborda los principios fundamentales, la evaluación de las características generales y las definiciones de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Esta sexta edición cancela y reemplaza de una forma más actualizada la quinta edición publicada en 2005. Esta edición constituye una revisión técnica más actualizada y

adecuada. (International Electrotechnical Commission, 2025)

Norma IEC 60364- Esta normativa vigente internacional establece y define
4:2023-Instalaciones requisitos claves para la protección de conductores
eléctricas de baja activos, conductores PEN, conductores PEM y
tensión - Parte 4-43: conductores PEL contra los efectos nocivos causados por
Protección para la sobre corriente; esta normativa es fundamental porque
seguridad - aborda elementos clave para la manipulación de
Protección contra instalación de redes eléctricas de baja tensión y los
sobre corriente cuidados que se deben tener ya sea como practica en el
banco didáctico o en la implementación y instalación.
(International Electrotechnical Commission, 2023)

Normas nacionales

Resolución 40284 del Este reglamento colombiano establece los requisitos
23 de junio de 2026- técnicos y de seguridad que deben cumplir las
Ministerio de Minas y instalaciones, productos y personas que intervienen en
Energía. (2026). los procesos relacionados con la generación, transmisión,
Reglamento Técnico transformación, distribución y uso final de la energía
de Instalaciones eléctrica. Su finalidad principal consiste en garantizar la
Eléctricas (RETIE). protección de las personas, los animales, el medio

ambiente y los bienes frente a los riesgos asociados con la electricidad. (Ministerio de Minas y Energía, 2026)

NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano (segunda actualización). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2024). La segunda actualización de la NTC 2050 establece y conserva la estructura general del Código Eléctrico Colombiano e incorpora aspectos asociados con los desarrollos tecnológicos del sector eléctrico, incluyendo metodologías relacionadas con eficiencia energética y nuevas tecnologías, técnicas y materiales aplicables a la construcción de instalaciones eléctricas. ICONTEC señala que esta versión se encuentra vigente y fue elaborada mediante el trabajo del Comité Técnico 128 de Instalaciones Eléctricas. (Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion, 2024)

2.5. Marco contextual

El presente proyecto de desarrollo tecnológico se enmarca geográficamente en Colombia específicamente en la ciudad de Bucaramanga, llevado a cabo en las Unidades Tecnológicas de Santander. Realizado por dos estudiantes en formación de la carrera de ingeniería electromecánica, para su correcta realización se requiere una articulación permanente entre los conocimientos teóricos y las experiencias prácticas. Los sistemas eléctricos comprenden fenómenos que, debido a su naturaleza técnica, requieren que el estudiante no solamente conozca los fundamentos matemáticos y conceptuales, sino que también tenga la posibilidad de observar, medir, analizar y comprobar su comportamiento mediante experiencias controladas. En este sentido, los laboratorios y recursos didácticos constituyen

espacios fundamentales para el desarrollo de competencias técnicas y profesionales.

En este sentido, es por eso que en los últimos años las instituciones de educación superior han buscado fortalecer sus estrategias de enseñanza mediante la incorporación de metodologías activas, recursos tecnológicos y ambientes experimentales. Esta necesidad adquirió mayor relevancia durante la pandemia de COVID-19, cuando las instituciones tuvieron que buscar alternativas para mantener las actividades prácticas de los programas de ingeniería. Es por eso que (El Ministerio de Educación Nacional, 2020) reconoció la importancia de los de los bancos didácticos para los laboratorios prácticos y de investigación dentro de la formación de educación superior de los estudiantes, por ello estableció orientaciones e indicaciones para garantizar la continuidad de este tipo de actividades académicas bajo condiciones controladas.

2.6. Marco tecnológico

Actualmente, el avance tecnológico avanza a pasos agigantados, es por eso que este proyecto se alinea y se adapta a esa época actual de la adopción de herramientas tecnológicas con el diseño y la implementación de un banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas una de las características principales de este proyecto será la integración de diferentes áreas tecnológicas. El diseño mecánico desarrollado mediante SOLIDWORKS proporcionará la estructura física; los componentes eléctricos permitirán representar la distribución trifásica; los sistemas de control posibilitarán la interacción con las cargas; los instrumentos de medición permitirán analizar las variables eléctricas y, finalmente, las prácticas académicas permitirán utilizar todo el conjunto como herramienta de aprendizaje.

En este contexto, esta integración es coherente con experiencias desarrolladas en instituciones de educación superior, donde los bancos de laboratorio se han

utilizado para acercar a los estudiantes a condiciones prácticas relacionadas con los sistemas eléctricos. En el caso de la Universidad Antonio Nariño, el desarrollo de un banco para motores trifásicos permitió complementar la formación académica mediante prácticas de conexión, medición y análisis del comportamiento de los motores (Rubio, 2021).

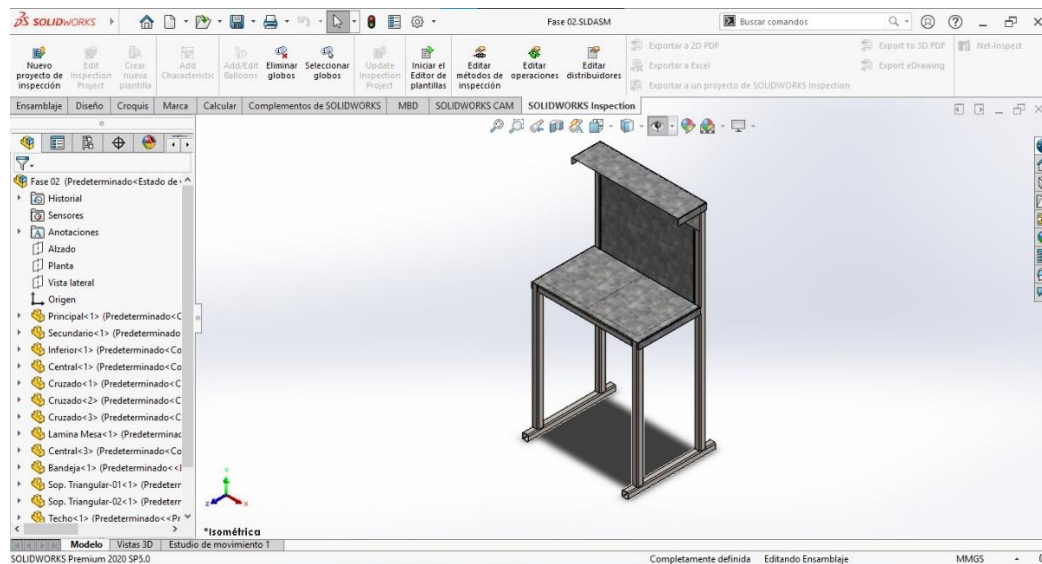
2.6.1. Modelo CDA tridimensional modulo del diseño realizado en la plataforma SOLIDWORKS

El componente tecnológico del proyecto estará sustentado en la integración de diseño CAD tridimensional, estructura modular, motores eléctricos trifásicos, sistemas de control, instrumentación, elementos de protección y conexiones eléctricas. El modelo elaborado en SOLIDWORKS permitirá definir previamente la configuración física del banco y establecer la ubicación de los componentes antes de su fabricación. La herramienta permite trabajar con ensamblajes y modificar la disposición de sus componentes durante el proceso de diseño, facilitando la evaluación del modelo.

Figura 1. Modelo del módulo de diseño CDA tridimensional realizado en la plataforma SOLIDWORKS

Figura 1

Modelo del módulo de diseño CDA tridimensional realizado en la plataforma SOLIDWORKS



Nota. La figura anterior ilustra gráficamente la herramienta tecnológica SOLIDWORKS que se va a utilizar para el diseño e implementación del modelo del módulo del banco didáctico. Elaboración propia en la plataforma.

Figura 2. Diseño y vista del modelo 3D completo del banco didactico trifásico con analizador de redes

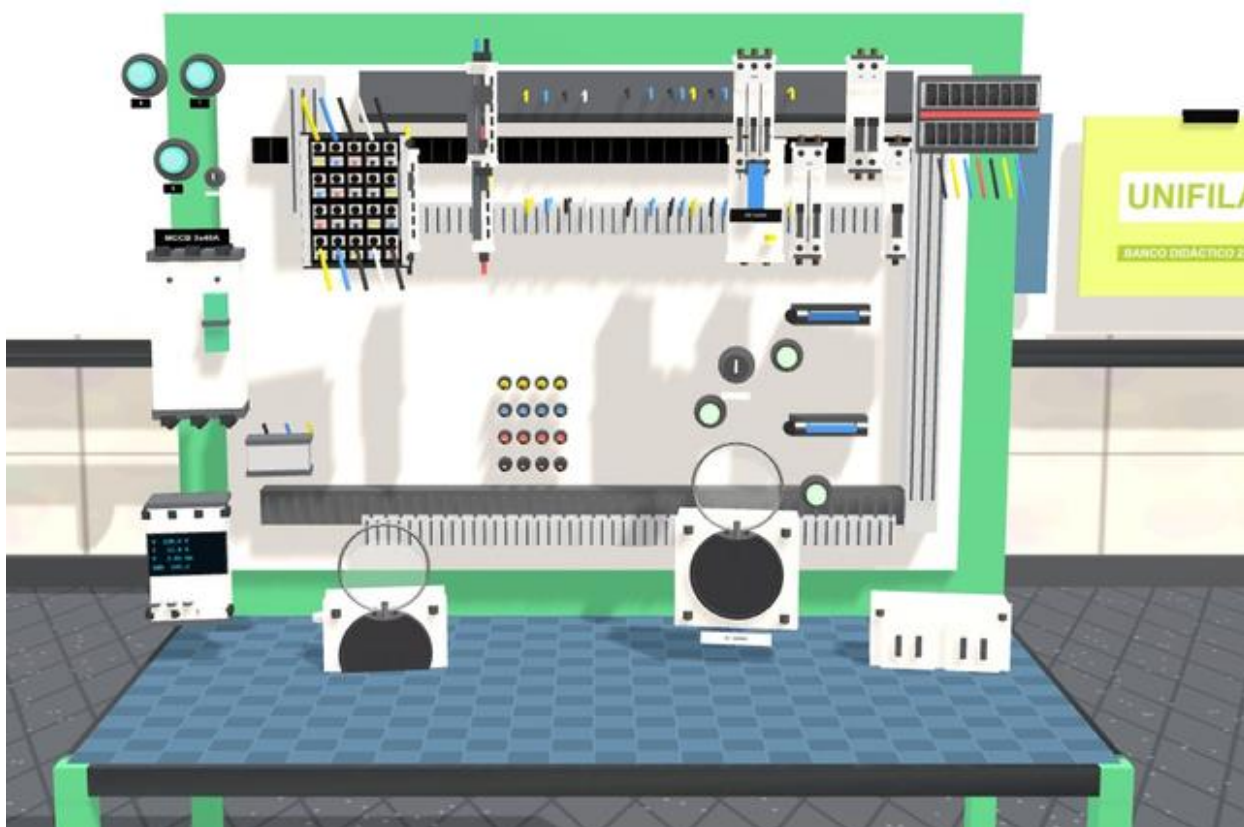
Figura 2

Diseño y vista del modelo 3D completo del banco didáctico trifásico con analizador de redes.



Figura 3

Vista del modelo 3D completo del banco didáctico trifásico con analizador de redes.



Nota. la imagen anterior ilustra gráficamente el diseño y la vista del modelo 3D completo y terminado del banco didáctico trifásico en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas desarrollado.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Este proyecto empleará un tipo de investigación descriptiva con diseño preexperimental, debido a que pretende caracterizar las condiciones actuales relacionadas con la formación práctica en sistemas de distribución trifásica en baja tensión y posteriormente, diseñar, implementar y evaluar un banco didáctico como herramienta para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes. La investigación descriptiva permite identificar, analizar y caracterizar las condiciones, necesidades y comportamientos presentes en una determinada situación, proporcionando información que sirve como base para el desarrollo de propuestas estratégicas y de solución (Stewart, 2024).

3.2. Enfoque de la investigación

Esta investigación tendrá un enfoque cualitativo, orientado a la recopilación y análisis de información de la literatura existente relacionada con las necesidades de formación práctica en sistemas de distribución trifásica en baja tensión y con la evaluación, diseño e implementación del banco didáctico propuesto tomando los fenómenos desde la perspectiva de los participantes explorándolos tal y como ocurren en su ambiente natural sin manipular variables (Sampieri y Mendoza, 2018). Este enfoque permitirá obtener datos medibles sobre el nivel de comprensión de los estudiantes frente a conceptos como conexiones monofásicas y trifásicas, distribución y balanceo de cargas, interpretación de cuadros de carga y diagramas eléctricos, así como sobre la utilidad del banco didáctico como herramienta para fortalecer el aprendizaje práctico.

El enfoque cualitativo resulta pertinente debido a que permitirá medir y comparar los resultados obtenidos durante el proceso de implementación del banco, utilizando instrumentos como cuestionarios, pruebas de conocimiento y escalas de valoración aplicadas a los estudiantes. A partir de los datos recopilados, será posible establecer tendencias y determinar el nivel de aceptación, comprensión y utilidad percibida del recurso didáctico.

3.3. Método de investigación

El método de investigación utilizado fue de análisis, ya que se recurrió a fuentes de información secundarias de la literatura o bibliografía existente sobre el tema. El estudio permitió examinar cómo han sido aplicadas estos diseños e implementaciones de un banco didáctico distribución trifásica en baja tensión en investigaciones previas y cuál ha sido el impacto del uso de estas tecnologías para con analizador de redes para practicas académicas.

3.4. Población y muestra

La población de esta investigación estará constituida por el conjunto de documentos académicos, científicos, técnicos y normativos relacionados con la formación práctica de los bancos didácticos para la enseñanza de sistemas eléctricos, la distribución trifásica en baja tensión, los motores eléctricos, los sistemas de medición y los analizadores de redes. Para la identificación de esta muestra documental se tendrán en cuenta dos estudios o artículos previos, relacionados con el tema trabajos de grado, tesis y documentos institucionales publicados principalmente entre 2020 y 2026, con el propósito de disponer de información actualizada y relacionada directamente con el objeto de estudio.

3.5. Instrumento de recolección de información

Para el desarrollo del estudio se realizará una revisión bibliográfica de la literatura existente relacionada con el diseño e implementación de bancos didácticos para la enseñanza de sistemas eléctricos, específicamente aquellos relacionados con la distribución trifásica en baja tensión, conexiones monofásicas y trifásicas, balanceo de cargas, motores eléctricos, sistemas de protección, instrumentación y analizadores de redes. Este instrumento permitirá recopilar y organizar información proveniente de artículos científicos, trabajos de grado, tesis, documentos académicos institucionales publicadas principalmente entre 2020 y 2026.

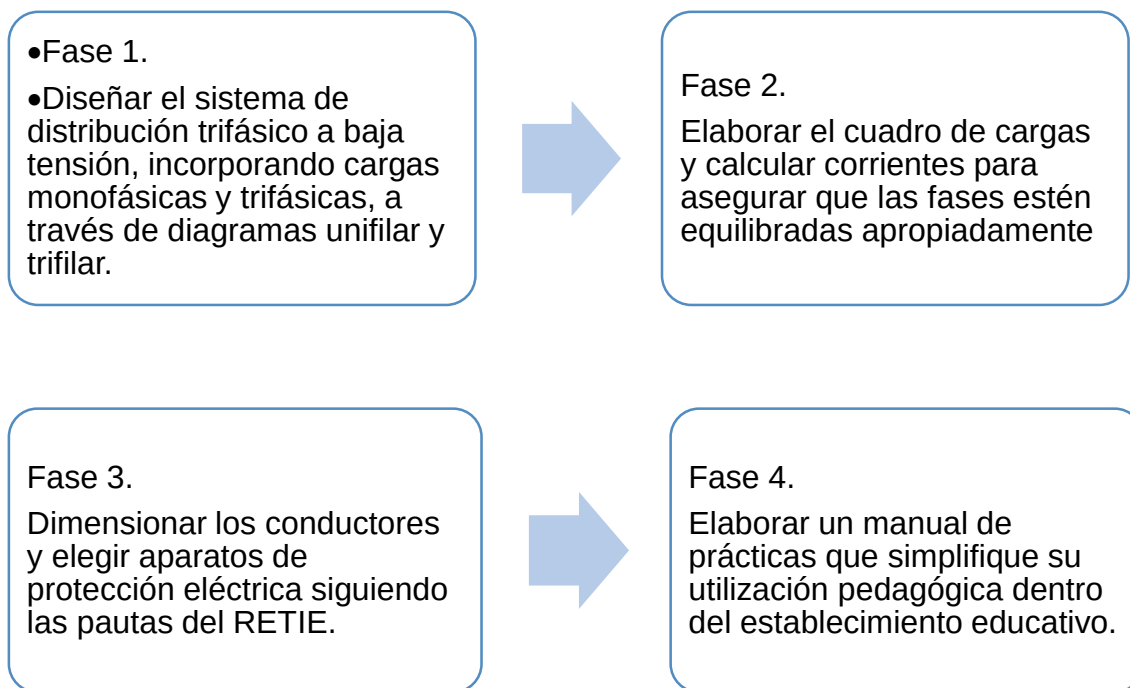
La revisión bibliográfica permitirá identificar los principales antecedentes, características técnicas, metodologías de diseño, componentes eléctricos y estrategias de enseñanza utilizadas en investigaciones relacionadas con bancos didácticos y laboratorios de sistemas eléctricos. Asimismo, permitirá reconocer las diferentes alternativas tecnológicas empleadas para facilitar el aprendizaje práctico y establecer los elementos que pueden ser considerados para el diseño del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión propuesto en este proyecto.

4. Desarrollo del trabajo de grado

De acuerdo con la metodología planteada se desarrollan cuatro fases metodológicas:

Figura 4

Fases del trabajo de grado.



Nota. La figura anterior ilustra gráficamente las fases del trabajo de grado para desarrollar este proyecto de desarrollo tecnológico. Elaboración propia.

4.1. Diseñar el sistema de distribución trifásico a baja tensión, incorporando cargas monofásicas y trifásicas, a través de diagramas unifilar y trifilar.

Para el desarrollo del primer objetivo se procede a realizar el diseño del sistema del módulo del banco didáctico con distribución trifásica de baja tensión, realizando una revisión de la literatura existente con estudios previos sobre el tema para verificar y conocer el funcionamiento del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, posteriormente se van a ir incorporando las cargas monofásicas y trifásicas, a través de diagramas unifilar y trifilar para esto se procede a elaborar el diseño del módulo utilizando la herramienta o plataforma tecnológica SOLIDWORKS. Este software proporcionará el diseño para el montaje de la estructura física; dividiéndose de la siguiente manera: en el caso de los componentes eléctricos estos permitirán representar la distribución trifásica, por otra parte los sistemas de control posibilitarán la interacción con las cargas; adicionalmente los instrumentos de medición en baja tensión con analizador de redes permitirán analizar las variables eléctricas y finalmente, las prácticas académicas permitirán utilizar todo el conjunto como herramienta de aprendizaje.

4.2. Elaborar el cuadro de cargas y calcular corrientes para asegurar que las fases estén equilibradas apropiadamente

Para desarrollar el segundo objetivo después de que previamente se haya realizado el diseño del módulo del banco didáctico, se procede al montaje físico para elaborar y calcular corrientes eléctricas y asegurarse de que todas las cargas estén correctamente para asegurarse de que todo este equilibrado para hacer el montaje y que quede todo perfecto para equilibrar todo apropiadamente. Para evitar que haya accidentes o errores en la estructuración o elaboración y que esta se pueda llevar a cabo de la mejor manera, para posteriormente proceder a realizar el tercer objetivo de este proyecto.

4.3. Dimensionar los conductores y elegir aparatos de protección eléctrica siguiendo las pautas del RETIE.

Posteriormente, para el desarrollo del tercer objetivo se realizó el dimensionamiento de los conductores eléctricos y la selección de los dispositivos de protección que harán parte del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, teniendo en cuenta las características eléctricas de las cargas que serán conectadas y los criterios de seguridad establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Emitidos y establecidos por el ministerio de minas y energía en la Resolución 40284 del 23 de junio de 2026- Ministerio de Minas y Energía. (2026). Este Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). establece los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir las instalaciones, productos y personas que intervienen en los procesos relacionados con la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica. Su finalidad principal consiste en garantizar la protección de las personas, los animales, el medio ambiente y los bienes frente a los riesgos asociados con la electricidad. Proporcionándoles información pertinente y adecuada sobre los equipos, materiales, dotación y cuidados que se deben tener muy en cuenta los riesgos asociados a la hora de manipular y trabajar con electricidad (Ministerio de Minas y Energía, 2026).

4.4. Elaborar un manual de prácticas que simplifique su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo.

Para el desarrollo del cuarto objetivo se procedió a elaborar un manual de prácticas para el banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, diseñado como una herramienta de apoyo para facilitar su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo. El manual fue elaborado y estructurado de manera clara y sencilla, con el propósito de orientar a los estudiantes y docentes de carreras de

ingenierías de las UTS durante el desarrollo de las diferentes actividades de laboratorios de electricidad de prácticas académicas. El contenido del manual contempla una descripción general del banco didáctico, recomendaciones de seguridad basadas en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, identificación de los principales componentes eléctricos, procedimientos de conexión y funcionamiento, así como las instrucciones para realizar las prácticas relacionadas con circuitos monofásicos y trifásicos, distribución y balanceo de cargas, funcionamiento de motores eléctricos y medición de variables mediante el analizador de redes para practicas académicas.

5. Resultados

5.1. Diseñar el sistema de distribución trifásico a baja tensión, incorporando cargas monofásicas y trifásicas, a través de diagramas unifilar y trifilar.

Para el desarrollo del primer objetivo se procede a realizar el diseño del sistema del módulo del banco didáctico con distribución trifásica de baja tensión, con el objetivo de realizar una revisión de la literatura existente con dos estudios previos sobre el tema en Colombia, para verificar y conocer el funcionamiento del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, posteriormente se van a ir incorporando las cargas monofásicas y trifásicas, a través de diagramas unifilar y trifilar para esto se procede a elaborar el diseño del módulo utilizando la herramienta o plataforma tecnológica SOLIDWORKS, este software proporcionará el diseño para el montaje de la estructura física; dividiéndose de la siguiente manera: en el caso de los componentes eléctricos estos permitirán representar la distribución trifásica, por otra parte los sistemas de control posibilitarán la interacción con las cargas; adicionalmente los instrumentos de medición en baja tensión con analizador de redes permitirán analizar las variables eléctricas y finalmente, las prácticas académicas permitirán utilizar todo el conjunto como herramienta de aprendizaje.

Esta revisión de la literatura existente, se realizó para verificar su funcionamiento y usabilidad previa del banco didáctico de distribución trifásica, lo que facilitó tener información precisa sobre su efectividad y uso para las prácticas académicas, para su evaluación se establecieron cuatro criterios determinados por los autores con una escala de medición del uno al cinco, una vez que se comprobó su funcionamiento se procedió a realizar el diseño propio en la plataforma SOLIDWORKS, incorporando todos los elementos necesarios para su desarrollo, este diseño permitió saber cuál es útil y eficaz esta propuesta para facilitar a los estudiantes de las UTS, más específicamente a estudiantes de ingeniería en sus actividades de laboratorios de electricidad, un espacio o herramienta adecuada y diferente en la institución para complementar de mejor manera las instalaciones que ya tiene la universidad para sus prácticas académicas.

Figura 5

Banco de Prácticas de Instalaciones Eléctricas Industriales Residenciales

Repositorio Institucional RI-UTS

🏠 Repositorio / TRABAJOS DE GRADO / FCNI / Electricidad y Electrónica Industrial (Regional Barranca) / Práctica / Ver ítem

Banco de Prácticas de Instalaciones Eléctricas Industriales Residenciales



Ver/

📄 F-DC-128 Informe Final Trabajo Grado
Modalidad Práctica.pdf (2.486Mb)

📄 Informe de Similitud_Turnitin.pdf (16.33Mb)

📄 F-IN-13 Licencia y Autorización Publicación

Obras en el RI-UTS V1 (1).pdf (152.1Kb)



Citación en APA

N/A

Autor

Mahecha Vera, Anyi Lizeth
Calderón Gonzales, Yorlenis
Castro Luna, Rodrigo

Descripción

Electricidad, Investigación, Energía Renovable, Sistemas de Control.

Resumen

A modo de práctica empresarial se va a realizar como proyecto de grado la implementación de un banco de pruebas multifuncional, el cual les permitirá como estudiantes, demostrar mediante medidas de prueba la impedancia, la comprobación del paso de corriente y el nivel de tensión para determinar la potencia instalada y la energía consumida; adicionalmente las mismas prácticas les darán seguridad y confianza al momento de realizar un montaje, sus pruebas, las maniobras, el mantenimiento preventivo, logrando con ello adquirir habilidades técnicas para prestar un servicio oportuno con calidad y eficiencia. La importancia de la construcción de un banco multifuncional que les conlleve a apropiar criterios eléctricos y electromecánicos los cuales quedaran afianzados en la práctica, de dicha necesidad surge la implementación de herramientas didácticas que engloben los principios, las leyes y los conceptos en el desarrollo de las prácticas, esto los lleva al fortalecimiento de conocimientos y teorías. La utilización continua del banco multifuncional por parte de los estudiantes y docentes les brindará confianza en el sector eléctrico, con ello serán competitivos, analíticos, observadores y con conocimientos previos afianzados a la hora de presentarnos a un proceso de selección laboral. También se hace de vital importancia el banco multifuncional para que los estudiantes puedan practicar los conocimientos recibidos en clase consolidándose una formación teórica práctica.

URI

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13977>

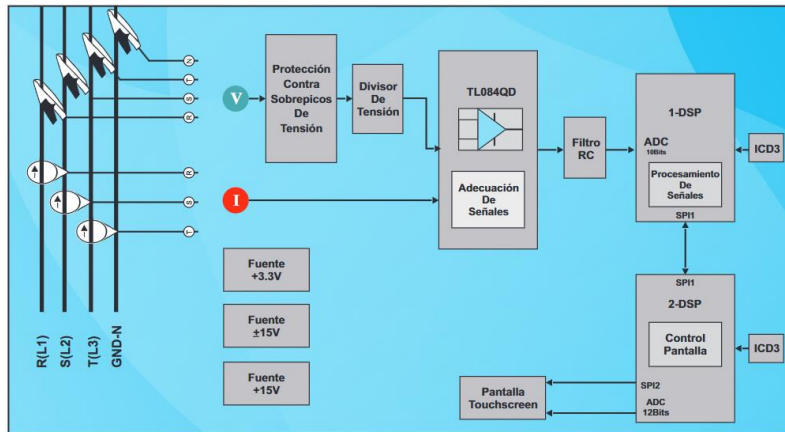
Colecciones

Práctica

Nota. la imagen anterior muestra el primer estudio previo que se tuvo en cuenta para verificar el funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas. Tomado de repositorio.uts.edu.co.

Figura 6

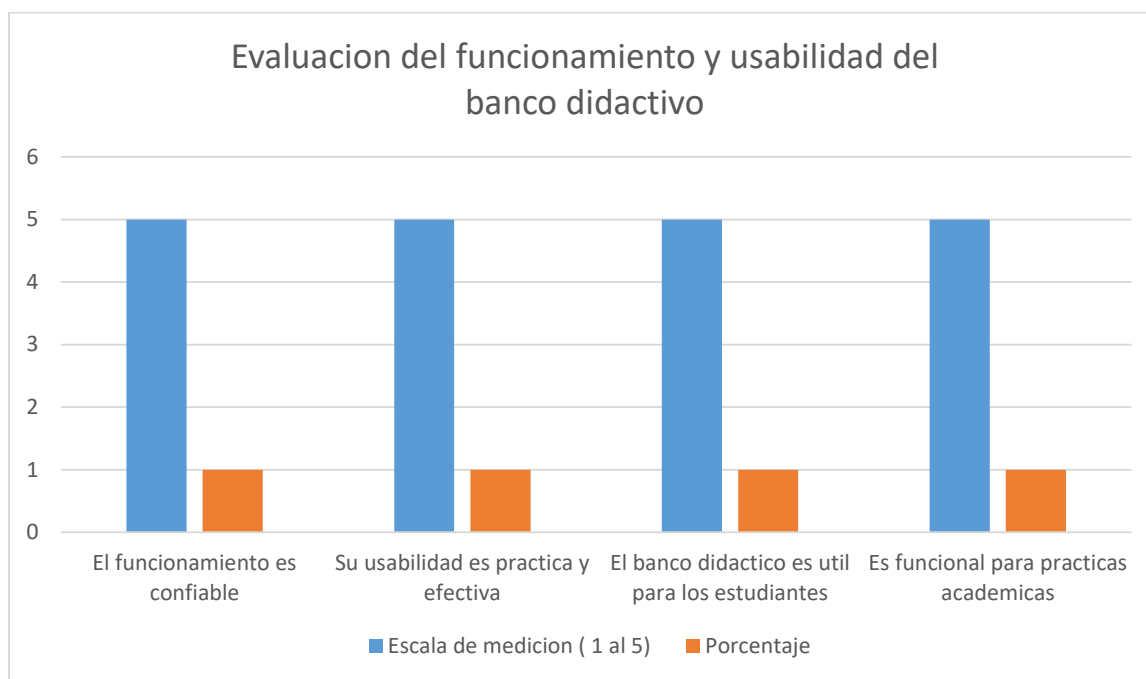
Diseño y construcción de un analizador de redes eléctricas para sistemas trifásicos de bajo voltaje.



Nota. la imagen anterior ilustra gráficamente el segundo estudio previo que se tuvo en cuenta para verificar el funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas. Tomado de sievi.udi.edu.co.

Figura 7

Evaluación del funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas.



Nota. la imagen anterior ilustra gráficamente la comprobación del funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión de los dos estudios previos sobre el tema que se tuvieron en cuenta con los criterios establecidos. Elaboración propia en base a la información recolectada durante la revisión de la literatura.

Tabla 2

Evaluación del funcionamiento y usabilidad del banco didáctico

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Criterios de evaluación	Escala de medición	Porcentaje
El funcionamiento es confiable	5.0	100%
Su usabilidad es practica y efectiva	5.0	100%
El banco didáctico es útil para los estudiantes	5.0	100%
Es funcional para practicas académicas	5.0	100%

Nota. la tabla anterior muestra la evaluación del funcionamiento y usabilidad del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas junto con su distribución porcentual. Elaboración propia en base a la revisión realizada.

La información anterior refleja los resultados de la revisión de la literatura realizada, evidenciando el funcionamiento y usabilidad que tiene el banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión en otros estudios previos relacionados con el tema, con el objetivo de evaluar y medir su practicidad y efectividad para su diseño, los porcentajes se sacaron del valor de medición de la escala de uno al cinco sobre su totalidad para este caso sobre cinco, concluyendo que el cinco en la escala de medición refleja el 100% de la evaluación la cual fue positiva ya que el banco didáctico demostró ser muy efectivo en los dos estudios que se tomaron en cuenta para la revisión y evaluación para su posterior diseño e implementación, equilibrando bien las cargas eléctricas, cumpliendo con todas las medidas o recomendaciones del RETIE.

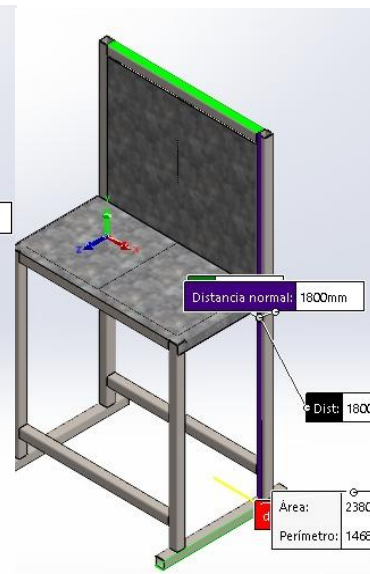
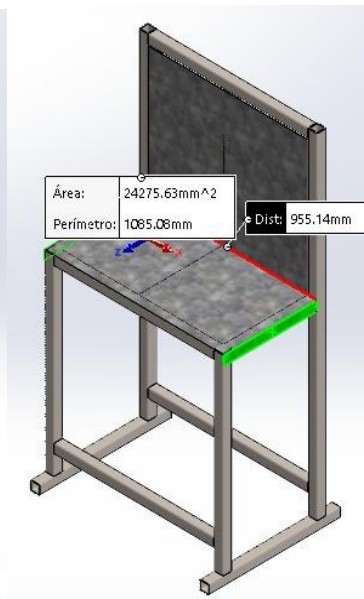
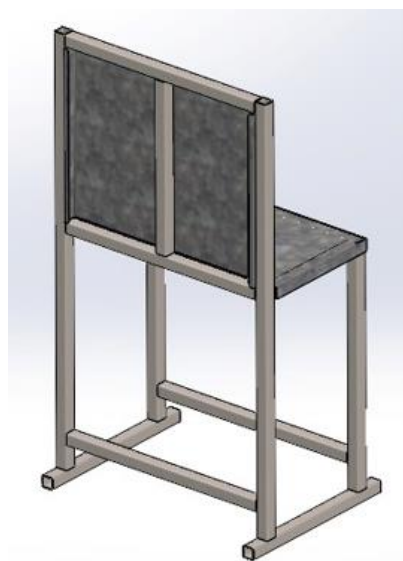
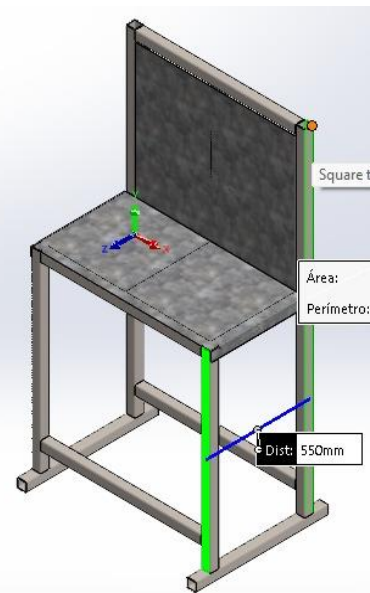
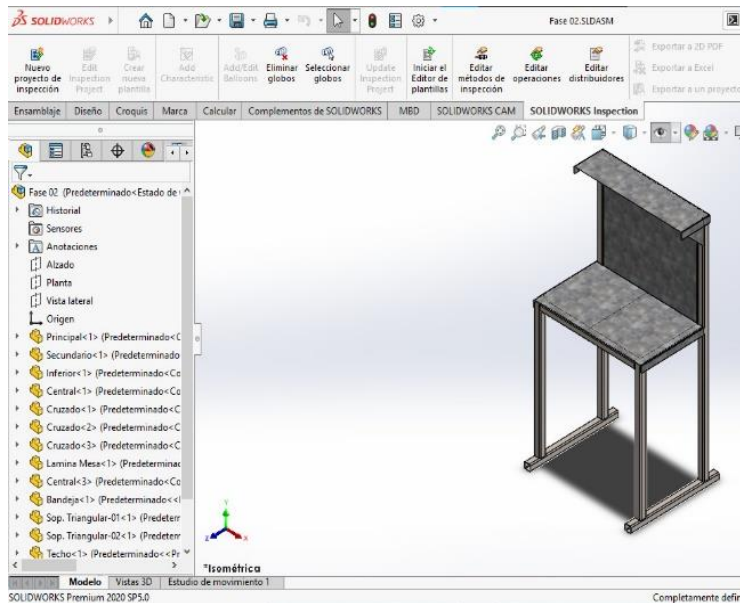
Figura 8

Diseño y prototipo del módulo para el banco de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas en la plataforma SOLIDWORKS.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0



ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Figura 9

Color del banco.



Nota. las imágenes anteriores muestran gráficamente el diseño del módulo del prototipo que se usara para el banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas en la plataforma SOLIDWORKS que se usara para el montaje terminado y completo del banco didáctico. Elaboración propia en la plataforma SOLIDWORKS.

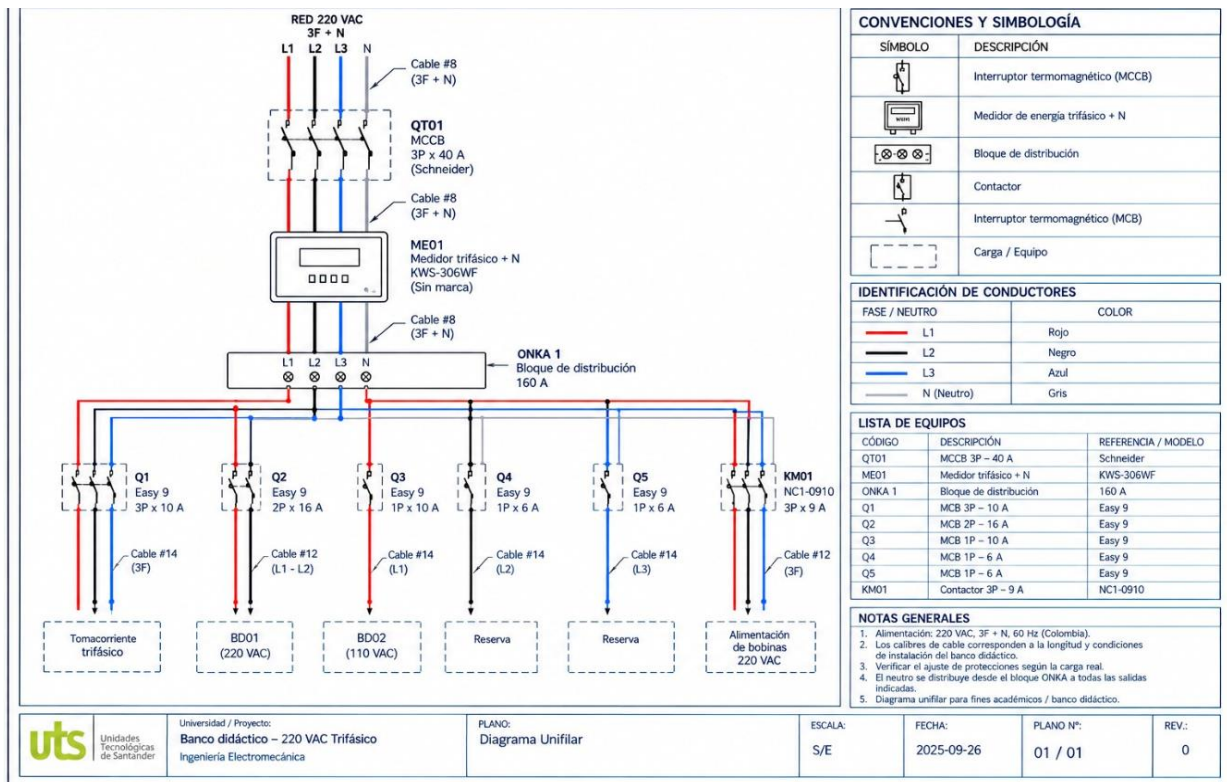
5.2. Elaborar el cuadro de cargas y calcular corrientes para asegurar que las fases estén equilibradas apropiadamente

Para desarrollar el segundo objetivo después de que previamente se haya realizado el diseño del módulo del banco didáctico en la plataforma SOLIDWORKS, se procede al montaje físico para elaborar y calcular corrientes eléctricas y asegurarse de que todas las cargas estén correctamente para asegurarse de que todo este equilibrado para de esta manera realizar el respectivo calculo y montaje del bando

didáctico de distribución trifásica en baja tensión, verificando que quede todo perfecto para equilibrar las fases apropiadamente, con el objetivo de evitar que hayan accidentes o errores en la estructuración o elaboración y que el ensamblaje de manera física se pueda llevar a cabo de la mejor manera, para este cuadro de cargas y cálculo de las fases, para esto se establecieron cuatro criterios para comprobar que las cargas y el montaje de las fases estén equilibradas perfectamente y este sea seguro para seguir con su diseño completo y terminado, para posteriormente proceder a realizar el tercer objetivo de este proyecto que es presentar el banco didáctico completamente terminado y completo para su uso por parte de los estudiantes para sus prácticas académicas.

Figura 10

Elaboración del cuadro de cargas y medición de corrientes para el montaje del banco didáctico a través de diagramas unifilar y trifilar equilibrando las cargas adecuadamente



ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Figura 11

Elaboración del cuadro de cargas y medición de corrientes para el montaje del banco didáctico a través de diagramas unifilar y trifilar equilibrando las cargas adecuadamente

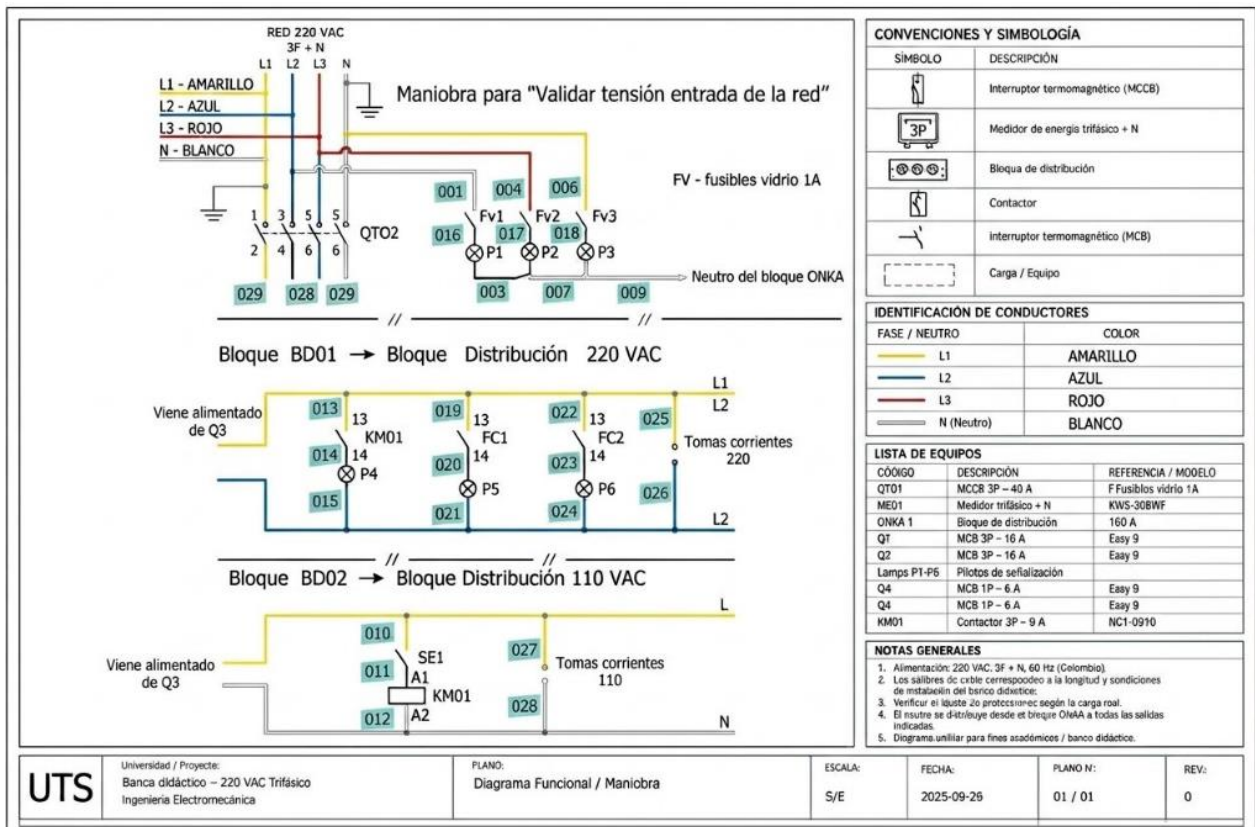


Figura 12

Tablero físico del banco.

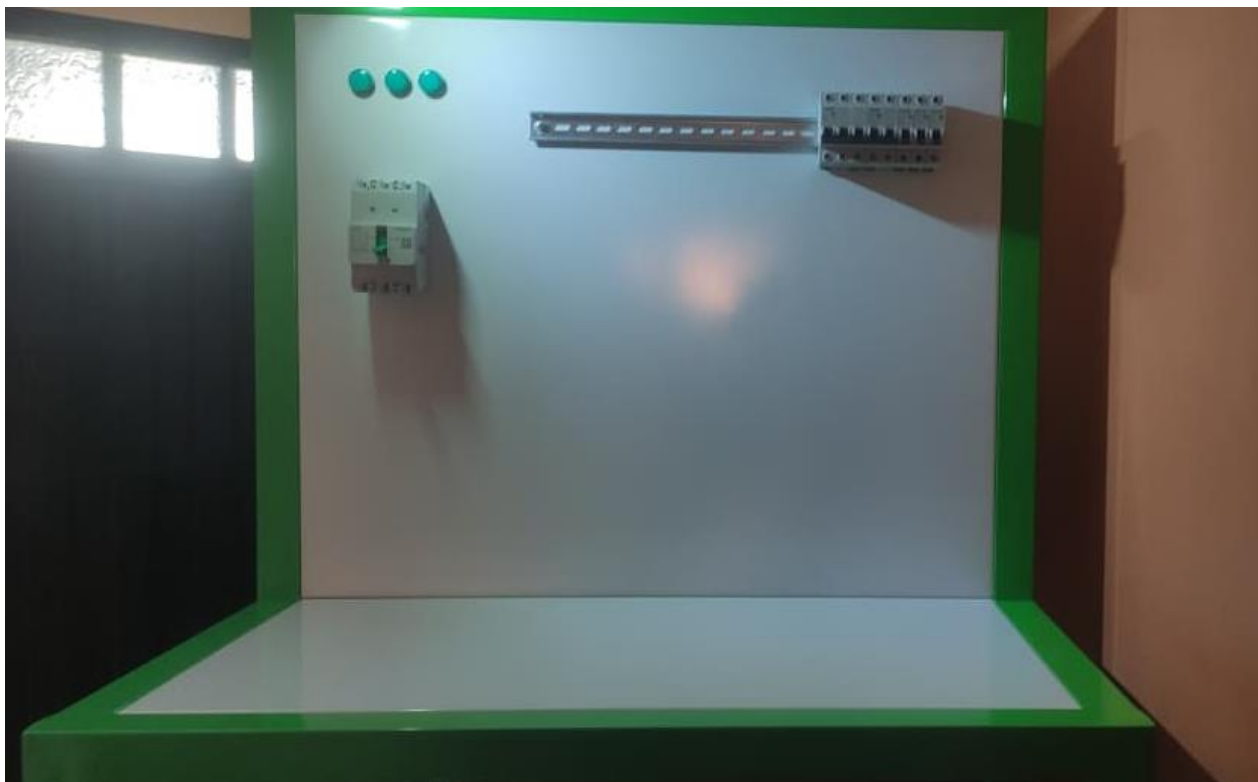
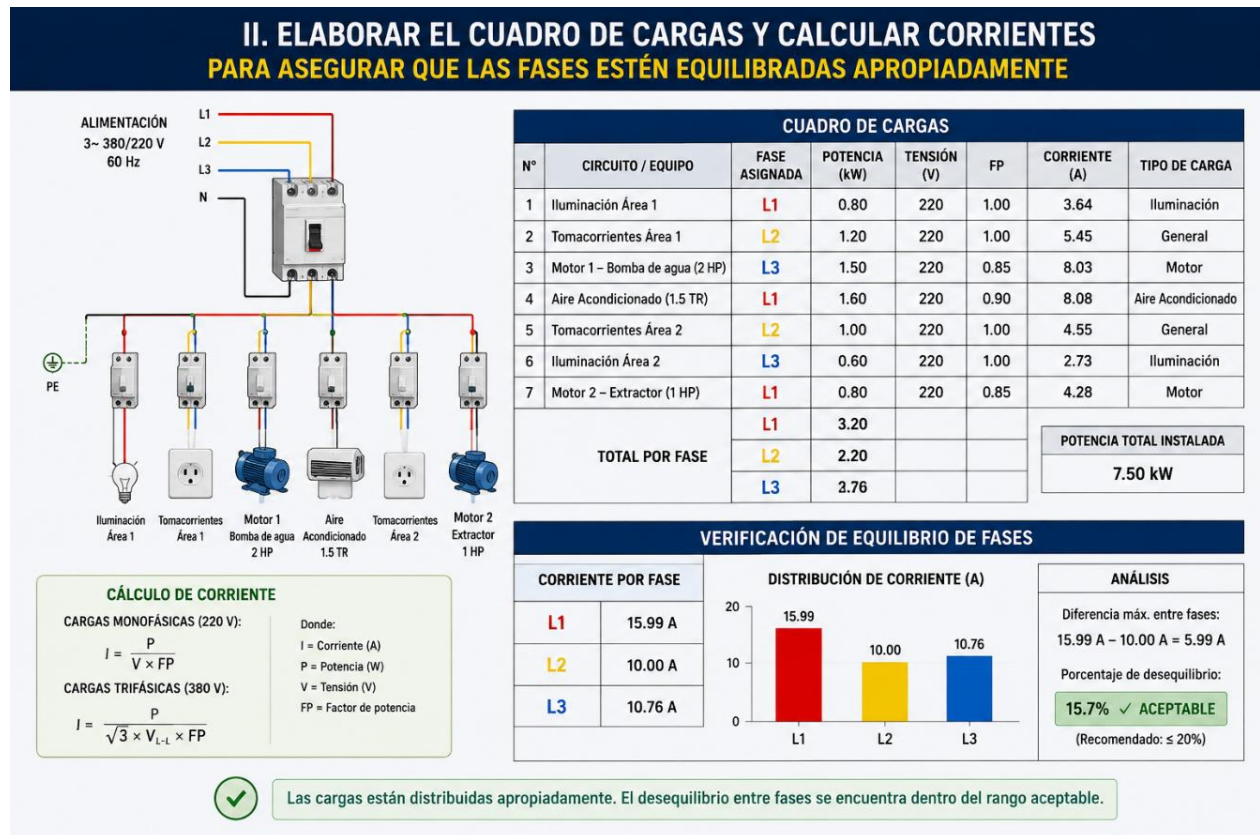


Figura 13

Cargas y cálculos del proyecto.

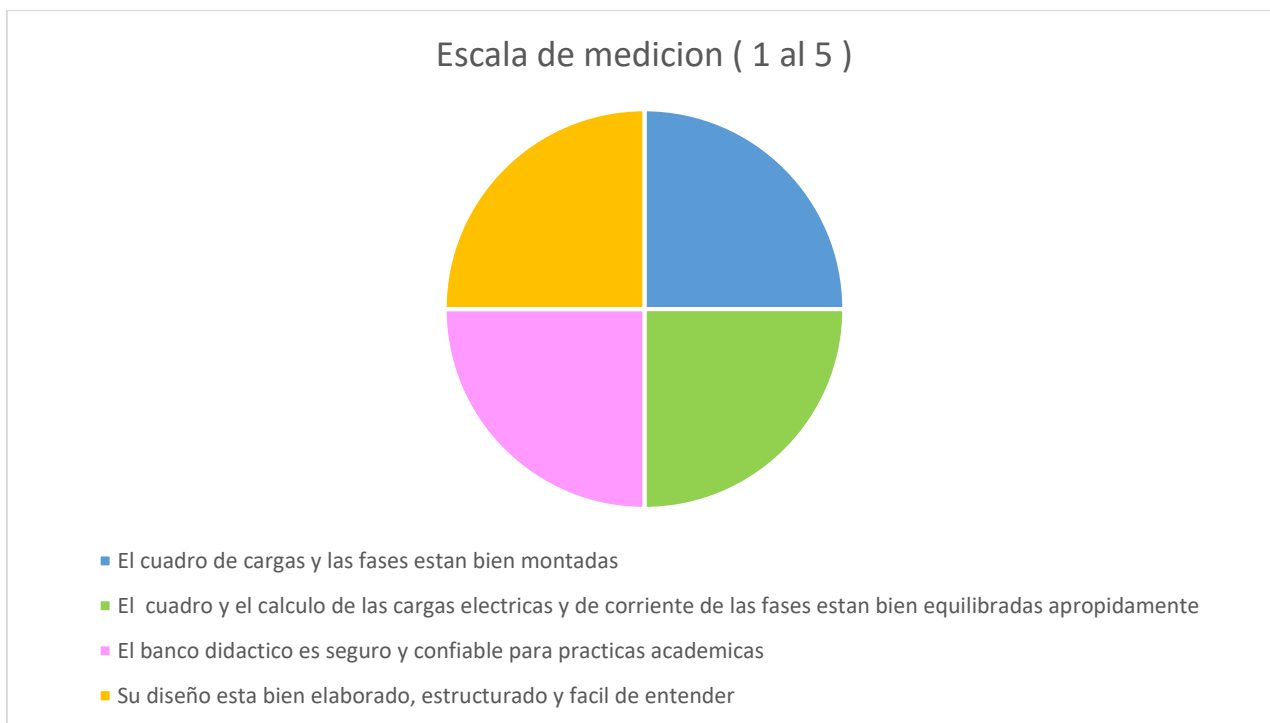


Nota. las imágenes anteriores muestran el diagrama unifilar y trifilar, el espacio del diseño del módulo del banco didáctico y la elaboración del cuadro de cargas, junto con el montaje del cálculo de las cargas equilibradas apropiadamente para su usabilidad de manera segura. Elaboración propia.

Figura 8. El cuadro de cargas y el cálculo de las corrientes de las fases para el banco didáctico están perfectamente ensambladas y equilibradas apropiadamente

Figura 14

El cuadro de cargas y el cálculo de las corrientes de las fases para el banco didáctico están perfectamente ensambladas y equilibradas apropiadamente.



Nota. la imagen anterior ilustra gráficamente el resultado de la revisión y comprobación del cuadro de cargas eléctricas y el cálculo de las corrientes de las fases para el banco didáctico, están equilibradas apropiadamente con los criterios establecidos para seguir con el diseño del banco didáctico. Elaboración propia.

Tabla 3.

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Tabla 2

El cuadro de cargas eléctricas y el montaje de las fases para el banco didáctico están perfectamente ensambladas y equilibradas apropiadamente.

Criterios de evaluación	Escala de medición (1 al 5)	Porcentaje
El cuadro de cargas y las fases están bien montadas	5,0	100%
El montaje de las cargas eléctricas y las fases están bien equilibradas apropiadamente	5,0	100%
El banco didáctico es seguro y confiable para practicas académicas	5,0	100%
Su diseño está bien elaborado, estructurado y fácil de entender	5,0	100%

Nota. la tabla anterior muestra la confiabilidad y comprobación de la elaboración del cuadro de cargas eléctricas y el montaje de las fases equilibradas apropiadamente y que el banco didáctico tiene todas las garantías de seguridad para seguir con su diseño junto con su distribución porcentual. Elaboración propia en base a la comprobación del módulo y de las cargas eléctricas para su ensamblamiento completo.

La información anterior, refleja que la elaboración del cuadro de cargas eléctricas y el cálculo de las corrientes para las fases están equilibrados apropiadamente y este

prototipo de diseño para el banco didáctico es seguro para usarse, para este cálculo se montaron los diseños del cuadro de cargas y se establecieron cuatro criterios determinados por los autores con una escala de medición del uno al cinco para comprobar y evaluar que las cargas de las corrientes para su montaje o ensamblaje estén bien equilibradas, reflejando que el 100% de la evaluación realizada para el cumplimiento de este objetivo esta realizada de manera adecuada, garantizando la seguridad y el uso de este prototipo del banco didáctico para proceder con su diseño completo.

5.3. Dimensionar los conductores y elegir aparatos de protección eléctrica siguiendo las pautas del RETIE.

Posteriormente, luego de haberse comprobado que el cuadro de cargas eléctricas y el montaje o cálculo de las corrientes para asegurar que las fases estén equilibradas apropiadamente y que este es seguro para continuar con su diseño, se procede a realizar el desarrollo del tercer objetivo se realizó el dimensionamiento de los conductores eléctricos y la selección de los dispositivos de protección que harán parte del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, teniendo en cuenta las características eléctricas de las cargas que serán conectadas y los criterios de seguridad establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Emitidos y establecidos por el ministerio de minas y energía en la Resolución 40284 del 23 de junio de 2026- Ministerio de Minas y Energía. (2026). Este Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), establece los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir las instalaciones, productos y personas que intervienen en los procesos relacionados con la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica, su finalidad principal consiste en garantizar la protección de las personas, los animales, el medio ambiente y los bienes frente a los riesgos asociados con la electricidad, proporcionándoles información pertinente y adecuada sobre los equipos,

materiales, dotación y cuidados que se deben tener en cuenta junto con los riesgos asociados a la hora de manipular y trabajar con electricidad.

Figura 15

Dimensionar conductores y escoger aparatos de protección siguiendo las normas establecidas en el RETIE

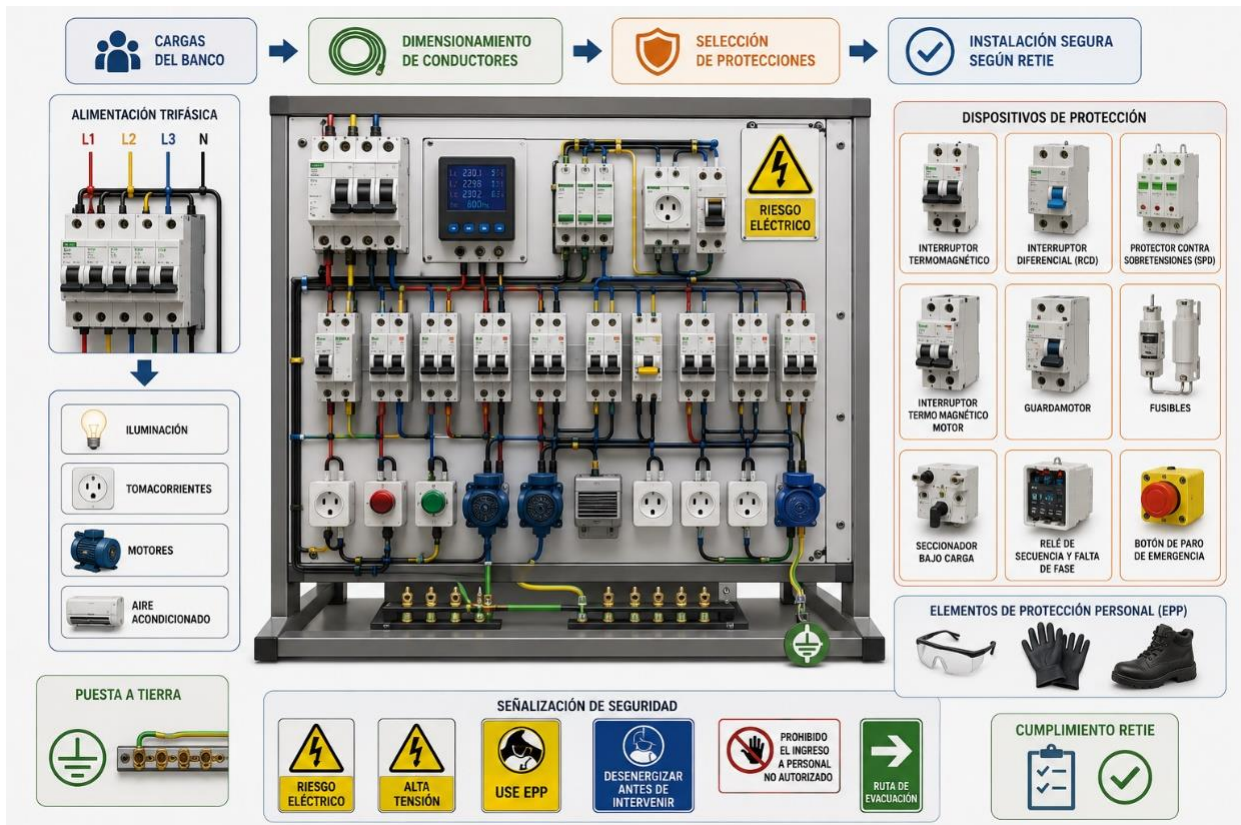
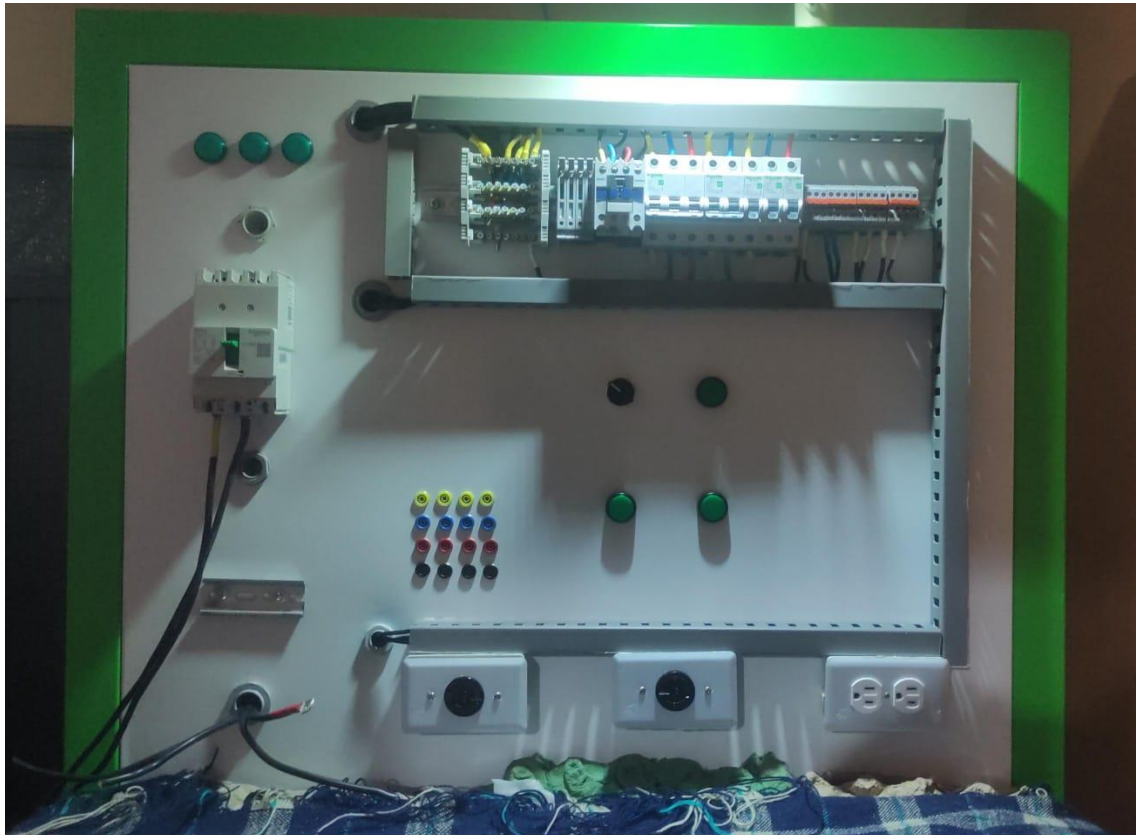


Figura 16

Dimensionar conductores y escoger aparatos de protección siguiendo las normas establecidas en el RETIE



Nota. las imágenes anteriores muestran el dimensionamiento de los conductores y los aparatos, dispositivos, elementos, dotación, recomendaciones y señales de seguridad que se deben tener en cuenta para una adecuada protección cuando se manipula o se trabaja con electricidad y en la segunda imagen se muestra el prototipo del módulo para el banco didáctico donde se va llevar a cabo. Elaboración propia.

La información anterior, refleja el dimensionamiento de los conductores junto con los elementos, aparatos, dispositivos y recomendaciones de seguridad importantes

basadas en los lineamientos establecidos por el ministerio de minas y energía colombiano a tener en cuenta, para evitar accidentes sobre todo para las personas que manipulen y trabajen en electricidad, por otra parte también se mostró el diseño del prototipo físico donde ya ensamblado el banco didáctico prácticamente terminado, una vez que verifiqué y se comprobó que el modelo cumplía con las recomendaciones de seguridad del RETIE establecidas se procedió a terminar con el diseño completo del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, para posteriormente proceder con el cuarto objetivo que consistirá en la elaboración de un manual de prácticas interactivo, fácil de entender y de usar que simplifique su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo.

5.4. Elaborar un manual de prácticas que simplifique su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo.

Para el desarrollo del cuarto objetivo se procedió a elaborar un manual de prácticas para el banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, diseñado como una herramienta de apoyo para facilitar su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo, el manual fue elaborado y estructurado de manera clara y sencilla, con el propósito de orientar a los estudiantes y docentes de carreras de ingenierías de las UTS durante el desarrollo de las diferentes actividades de laboratorios de electricidad de prácticas académicas, el contenido del manual contempla una descripción general del banco didáctico, identificación de los principales componentes eléctricos, procedimientos de conexión y funcionamiento, así como las instrucciones para realizar las prácticas relacionadas con circuitos monofásicos y trifásicos, distribución y balanceo de cargas, funcionamiento de motores eléctricos y medición de variables mediante el analizador de redes para prácticas académicas.

Figura 17

Manual de prácticas interactivo, fácil de entender y de usar para simplificar su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo



Nota. la imagen anterior muestra la distribución del manual interactivo lo que contiene explicado y detallado, fácil de entender y de usar para facilitar su utilización pedagógica por parte de los estudiantes para sus prácticas académicas.

Para el desarrollo del cuarto objetivo, se elaboró un manual de prácticas interactivo con el fin de proporcionar una herramienta fácil y práctica, se elaboró un manual de prácticas de carácter interactivo, sencillo y didáctico, orientado a facilitar el uso del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión dentro del establecimiento educativo, el manual incluye instrucciones claras sobre el funcionamiento de los componentes, normas básicas de seguridad, procedimientos para el desarrollo de las prácticas o actividades de medición y verificación, permitiendo que tanto los

estudiantes como los docentes comprendan de manera práctica el funcionamiento del sistema y desarrollen las actividades de forma segura y organizada. El manual completo se encuentra anexado en la sección de anexos como el anexo 7 de este trabajo de grado.

6. Conclusiones

El diseño del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión permitió establecer una estructura organizada para integrar cargas monofásicas y trifásicas mediante diagramas unifilares y trifilares, incorporando componentes eléctricos, sistemas de control e instrumentos de medición con analizador de redes, la revisión de estudios previos permitió comprobar la funcionalidad y utilidad de este tipo de herramientas para complementar las prácticas académicas de los estudiantes de ingeniería, además la evaluación realizada presentó una valoración del 100 % en los criterios relacionados con confiabilidad, practicidad, utilidad y funcionalidad del banco didáctico, la elaboración del cuadro de cargas y el cálculo de las corrientes permitieron comprobar que las cargas eléctricas y las fases del banco se encontraban adecuadamente distribuidas y equilibradas. Los cuatro criterios establecidos para evaluar el montaje obtuvieron una valoración de 5 sobre 5, equivalente al 100 %, evidenciando que el cuadro de cargas, el montaje de las fases, la seguridad del banco y la estructura del diseño cumplían con las condiciones planteadas para continuar con la implementación del prototipo, el dimensionamiento de los conductores y la selección de los dispositivos de protección permitieron establecer los elementos necesarios para conformar un banco didáctico seguro para el desarrollo de prácticas eléctricas, para eso se consideraron las características de las cargas y los criterios establecidos en el RETIE, incorporando elementos, dispositivos, recomendaciones y señalización orientados a reducir los riesgos relacionados con la manipulación y el trabajo con electricidad, la elaboración del manual de prácticas permitió complementar el banco didáctico mediante una herramienta pedagógica clara, sencilla e interactiva, orientada a facilitar su utilización por parte de estudiantes y docentes. El manual incorpora información sobre los componentes, recomendaciones de seguridad, procedimientos de conexión y funcionamiento, además de prácticas relacionadas con circuitos monofásicos y trifásicos, balanceo de cargas, motores eléctricos y

medición de variables mediante el analizador de redes, de manera general, los resultados obtenidos permitieron cumplir con los objetivos planteados para el desarrollo del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión, integrando diseño, distribución y equilibrio de cargas, selección de conductores y protecciones, así como una herramienta pedagógica para orientar las prácticas académicas, el conjunto de estos elementos proporciona una alternativa para fortalecer el aprendizaje práctico de los estudiantes mediante la interacción directa con los componentes y variables de un sistema eléctrico trifásico.

7. Recomendaciones

- Se recomienda realizar periódicamente la revisión del banco didáctico, verificando el estado de los conductores, conexiones, dispositivos de protección, sistemas de puesta a tierra, elementos de control y demás componentes antes de cada jornada de prácticas, con el propósito de conservar las condiciones de seguridad y funcionamiento establecidas durante su diseño.
- Se recomienda mantener actualizado el cuadro de cargas cada vez que se incorporen, retiren o modifiquen cargas eléctricas en el banco, realizando nuevamente los cálculos de corriente y la distribución entre las fases para conservar un adecuado equilibrio del sistema y evitar modificaciones que puedan afectar su funcionamiento.
- Se recomienda que las prácticas sean desarrolladas bajo la orientación y supervisión del docente o responsable del laboratorio, especialmente durante las actividades que involucren energización, medición de variables eléctricas, funcionamiento de motores y manipulación de dispositivos de protección, aplicando las medidas de seguridad establecidas para el trabajo con instalaciones eléctricas.
- Se recomienda utilizar el manual de prácticas como documento guía durante las actividades académicas, siguiendo de manera ordenada las instrucciones de conexión, medición, funcionamiento y verificación. Asimismo, se recomienda actualizar su contenido cuando se incorporen nuevos componentes, prácticas o modificaciones al banco didáctico, con el propósito de conservar su utilidad pedagógica.

- Se recomienda aprovechar el analizador de redes como herramienta de aprendizaje durante las prácticas, permitiendo que los estudiantes relacionen los conceptos teóricos con la medición de variables eléctricas y comprendan de manera práctica el comportamiento de las cargas monofásicas y trifásicas, el equilibrio de las fases y las condiciones de operación del sistema.
- Finalmente, se recomienda continuar fortaleciendo el uso del banco didáctico como recurso para la formación práctica, promoviendo actividades académicas orientadas al reconocimiento de componentes, montaje de circuitos, distribución y balanceo de cargas, medición eléctrica, identificación de condiciones anormales y aplicación de medidas de protección, siempre bajo condiciones controladas y seguras.

8. Anexos

Anexo 1

Banco de Prácticas de Instalaciones Eléctricas Industriales Residenciales.

Repositorio Institucional RI-UTS

[Repositorio](#) / [TRABAJOS DE GRADO](#) / [FCNI](#) / [Electricidad y Electrónica Industrial \(Regional Barranca\)](#) / [Práctica](#) / [Ver Item](#)

Banco de Prácticas de Instalaciones Eléctricas Industriales Residenciales



Descripción
Electricidad, Investigación, Energía Renovable, Sistemas de Control.

Resumen
A modo de práctica empresarial se va a realizar como proyecto de grado la implementación de un banco de pruebas multifuncional, el cual les permitirá como estudiantes, demostrar mediante medidas de prueba la impedancia, la comprobación del paso de corriente y el nivel de tensión para determinar la potencia instalada y la energía consumida; adicionalmente las mismas prácticas les darán seguridad y confianza al momento de realizar un montaje, sus pruebas, las maniobras, el mantenimiento preventivo, logrando con ello adquirir habilidades técnicas para prestar un servicio oportuno con calidad y eficiencia. La importancia de la construcción de un banco multifuncional que les conlleve a apropiarse criterios eléctricos y electromecánicos los cuales quedaran afianzados en la práctica, de dicha necesidad surge la implementación de herramientas didácticas que engloben los principios, las leyes y los conceptos en el desarrollo de las prácticas, esto los lleva al fortalecimiento de conocimientos y teorías. La utilización continua del banco multifuncional por parte de los estudiantes y docentes les brindará confianza en el sector eléctrico, con ello serán competitivos, analíticos, observadores y con conocimientos previos afianzados a la hora de presentarnos a un proceso de selección laboral. También se hace de vital importancia el banco multifuncional para que los estudiantes puedan practicar los conocimientos recibidos en clase consolidándose una formación teórica práctica.

Citación en APA
N/A

Autor
Mahecha Vera, Anyi Lizeth
Calderón Gonzales, Yorienis
Castro Luna, Rodrigo

URI
<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/13977>

Colecciones
[Práctica](#)

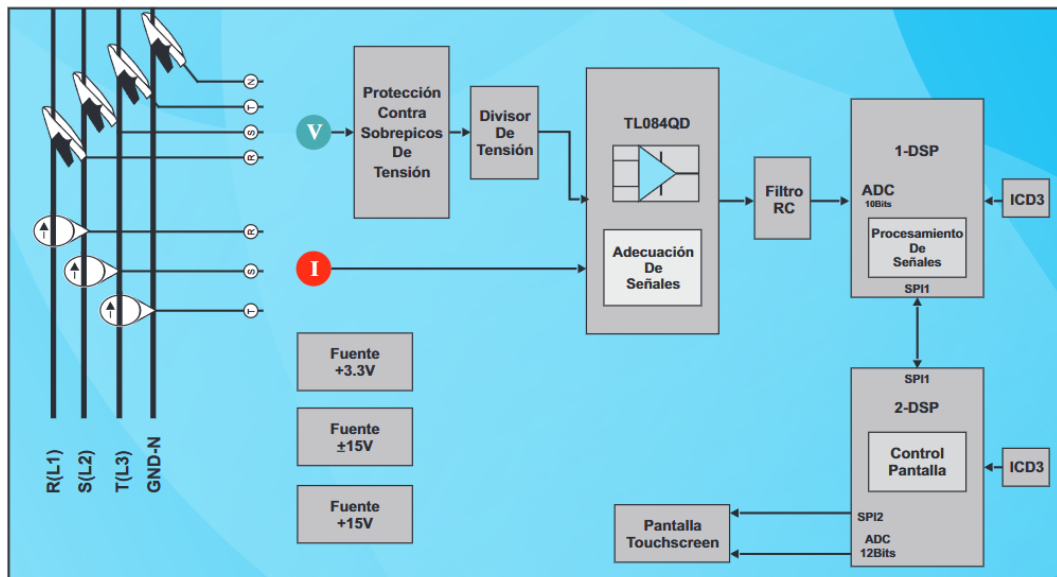
Ver/

 [F-DC-128 Informe Final Trabajo Grado Modalidad Práctica.pdf \(2.486Mb\)](#)
 [Informe de Similitud_Turnitin.pdf \(16.33Mb\)](#)
 [F-IN-13 Licencia y Autorización Publicación Obras en el RI-UTS V1 \(1\).pdf \(152.1Kb\)](#)



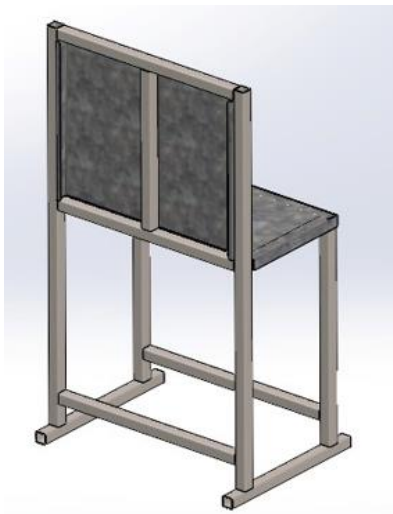
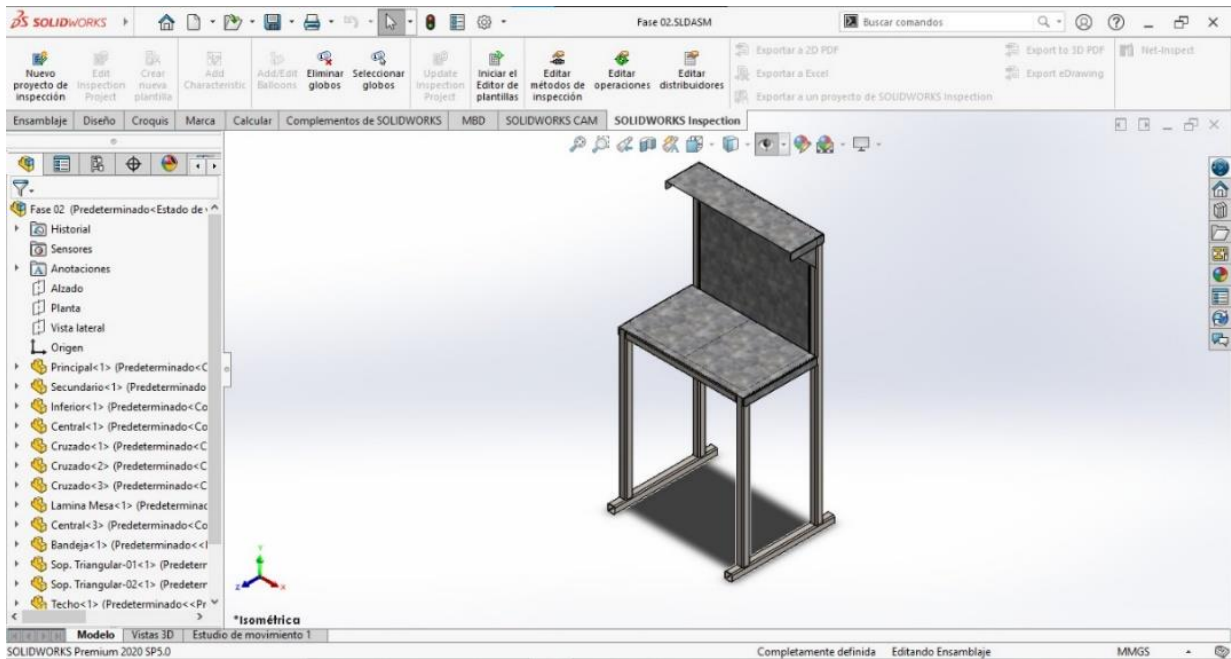
Anexo 2

Diseño y construcción de un analizador de redes eléctricas para sistemas trifásicos de bajo voltaje



Anexo 3

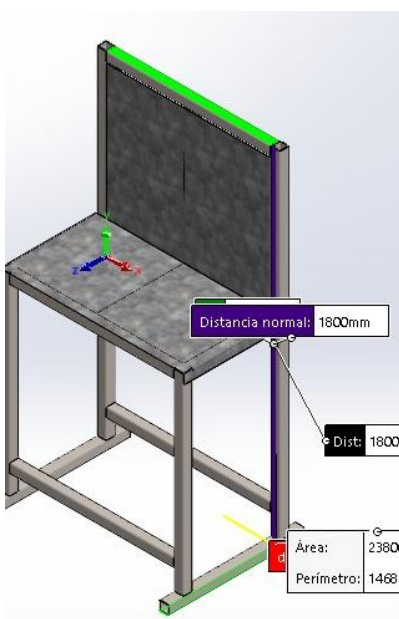
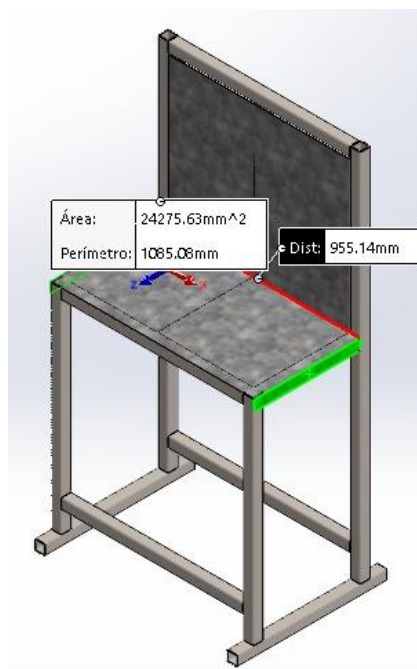
Modelo del módulo de diseño CDA tridimensional realizado en la plataforma
SOLIDWORKS



ELABORADO POR:
Docencia

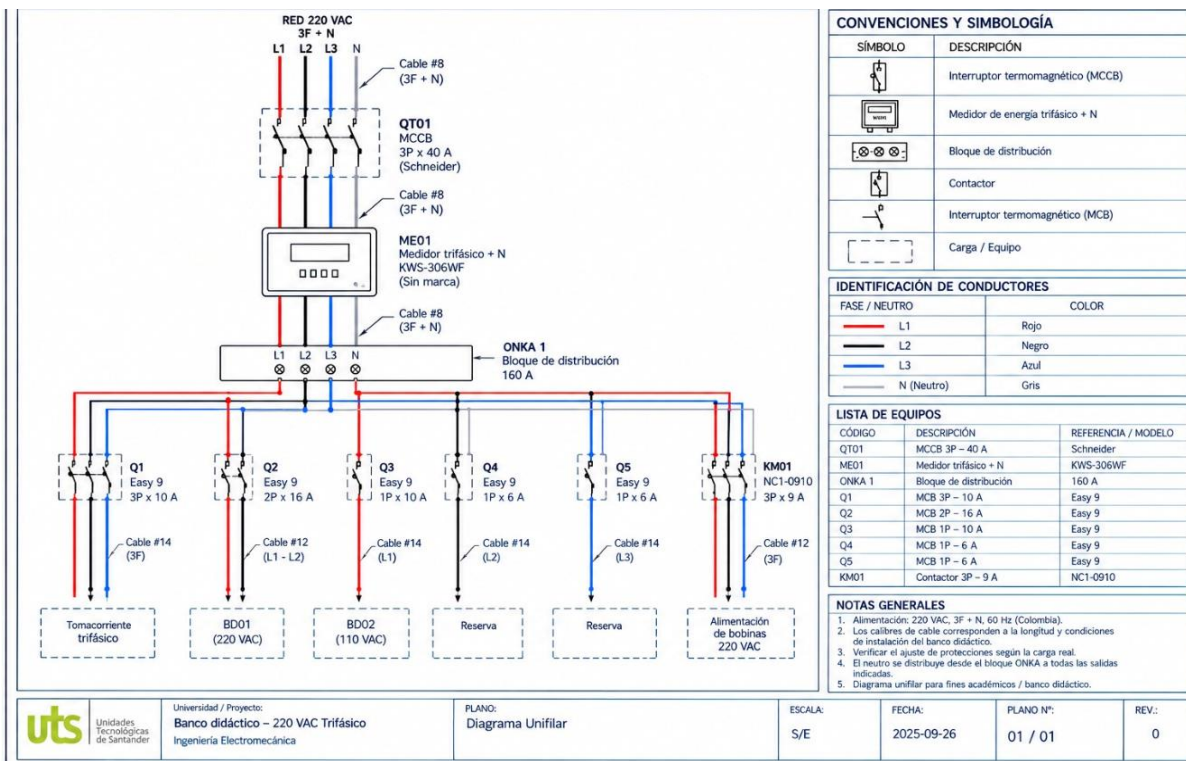
REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



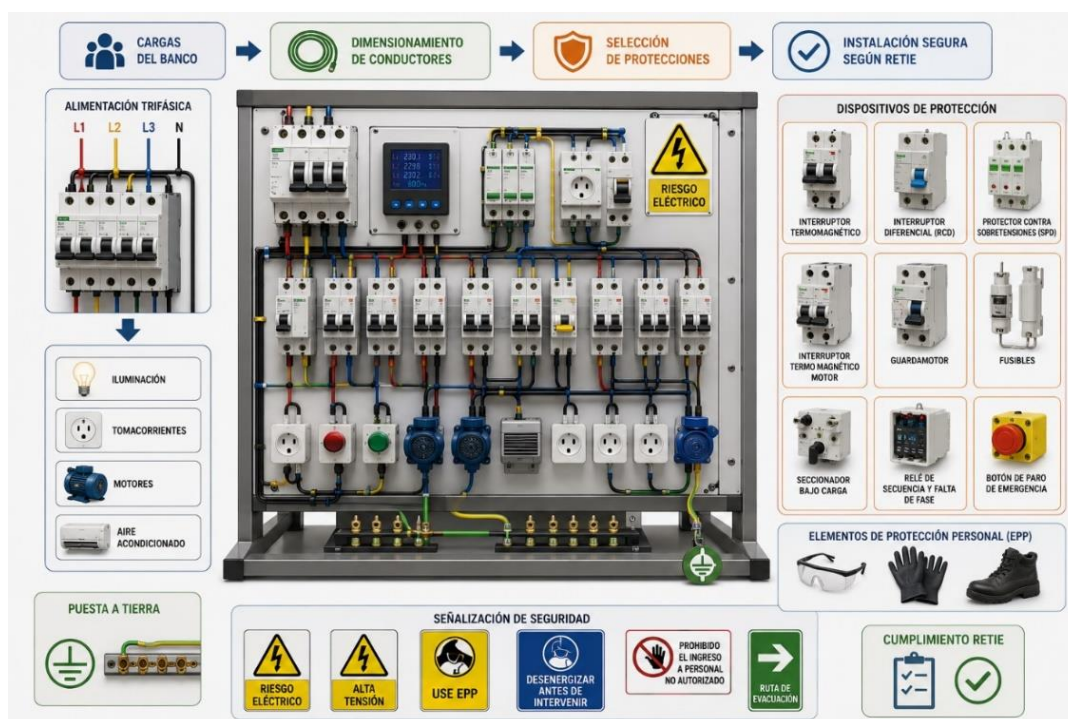
Anexo 4

Elaboración del cuadro de cargas y cálculo medición de corrientes junto con el prototipo para el montaje del banco didáctico a través de diagramas unifilar y trifilar equilibrando las cargas adecuadamente



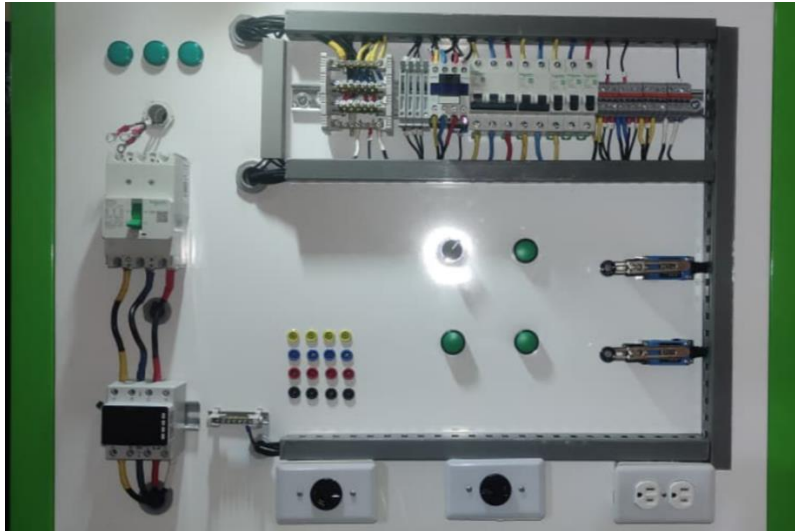
Anexo 5

Dimensionar los conductores y escoger aparatos de protección siguiendo las normas establecidas en el RETIE



Anexo 6

Prototipo terminado del banco didáctico de distribución trifásica en baja tensión con analizador de redes para practicas académicas.



Anexo 7

Manual de prácticas interactivo, fácil de entender y de usar para simplificar su utilización pedagógica dentro del establecimiento educativo

1. GENERALIDADES Y CÓDIGO DE CONDUCTORES (RETIE / UTS)

El presente manual describe de forma detallada la arquitectura, protecciones y cableado del Módulo de Fuerza y Potencia correspondiente al Banco Didáctico para Análisis de Redes Eléctricas. El sistema está diseñado para operar en una red trifásica de 220 VAC (3F + N + PE) a 60 Hz.

Código de Colores de Conductores (Estandarización UTS)

- **Fase L1:** Para la fase L1 se utiliza conductor aislado color amarillo.

- **Fase L2:** Para la fase L2 se utiliza conductor aislado color azul.
- **Fase L3:** Para la fase L3 se utiliza conductor aislado color rojo.
- **Neutro (N):** Conductor aislado color blanco.
- **Tierra de Protección (PE):** Conductor aislado verde / verde-amarillo.

2. ACOMETIDA PRINCIPAL, PROTECCIÓN TOTALIZADORA Y MEDICIÓN

2.1. Interruptor Totalizador Principal (QT01)

Interruptor en caja moldeada (MCCB) tripolar Schneider GoPact de 40A. Recibe la acometida trifásica en cable calibre AWG #8 y alimenta la entrada del medidor. Cumple la función de seccionamiento maestro y protección termomagnética general frente a cortocircuitos o sobrecargas.



Interruptor Totalizador (QT01)

2.2. Medidor Multifunción Trifásico (ME01)

Medidor digital KWS-306WF con neutro. Recibe alimentación en AWG #8 desde la salida de QT01 y el neutro directo de la acometida. Monitorea en tiempo real

variables de red (V, I, kW, kVAR, FP, Hz y kWh). Sus salidas continúan en AWG #8 hacia el distribuidor principal.



Medidor Multifunción trifásico (ME01)

3. BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL, PROTECCIONES Y SALIDAS DE POTENCIA

3.1. Bloque de Distribución Principal (ONKA 1)

Bloque repartidor de alta capacidad (160A). Recibe las 3 fases y el neutro en calibre AWG #8 desde el medidor ME01 y permite sub distribuir la energía en conductores AWG #12 y AWG #14 hacia los interruptores derivados.

3.2. Interruptor Trifásico y Tomacorriente Trifásico (Q1)

Interruptor termomagnético Schneider Easy9 3P x 10A alimentado con 3 cables AWG #12 desde ONKA 1. Su salida en AWG #12 alimenta el tomacorriente trifásico industrial para conexión de motores o cargas trifásicas.

3.3. Interruptor Bifásico, Bloques BD01 y Toma 220 VAC (Q2)

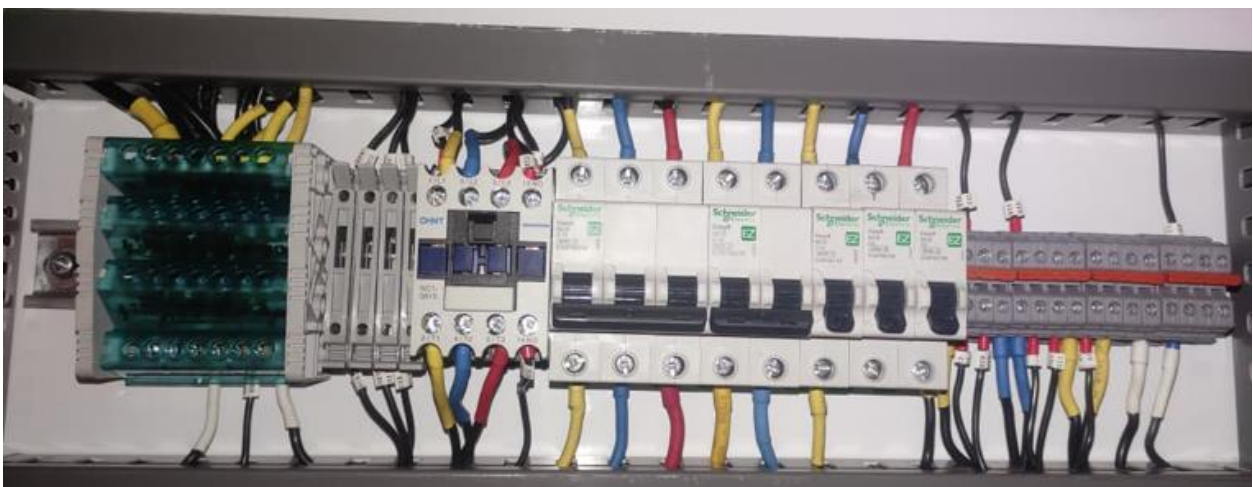
Interruptor Schneider Easy9 2P x 16A alimentado con 2 cables AWG #12 (L1-L2).
Sus salidas en AWG #12 energizan los dos bloques de distribución BD01 (220 VAC)
y el tomacorriente bifásico NEMA a 220V.

3.4. Interruptor Monofásico, Bloque BD02 y Toma 110 VAC (Q3)

Interruptor Schneider Easy9 1P x 10A alimentado con cable AWG #12 (L1) desde
ONKA 1. Conecta al bloque BD02 (110 VAC) junto con el neutro AWG #12 derivado
de ONKA 1, alimentando el tomacorriente dúplex a 110V.

3.5. Interruptores de Reserva Auxiliares (Q4 y Q5)

Dos interruptores monofásicos Schneider Easy9 1P x 6A alimentados en cable AWG
#14 destinados como reserva técnica o circuitos auxiliares.



Bloque de distribución principal, contactor KM01, Interruptores, Bloques BD01-
BD02

3.6. Contactor de Potencia y Regleta de Borneras / Bananas (KM01)

Contactor trifásico 3P x 9A alimentado con 3 cables AWG #14 desde ONKA 1. Sus salidas en AWG #14 energizan las borneras / bananas de potencia para maniobras didácticas.

4. TABLA RESUMEN DE COMPONENTES Y CALIBRES AWG

Código	Descripción / Modelo	Capacidad	Entrada AWG	Salida AWG	Destino / Carga
QT01	MCCB 3P 40 A Schneider GoPact		AWG #8 (3F)	AWG #8 (3F)	Medidor ME01
ME01	Medidor Trifásico KWS- 306WF	N/A	AWG #8 (3F+N)	AWG #8 (3F+N)	Distribuidor ONKA 1

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

ONKA 1	Bloque	160 A	AWG #8	AWG #12 /	Batería Q1-
	Distribución		(3F+N)	#14	Q5 / KM01
	Principal				
Q1	MCB 3P 10 A		AWG #12	AWG #12	Toma
	Schneider		(3F)	(3F)	Trifásico
	Easy9				
Q2	MCB 2P 16 A		AWG #12	AWG #12	Bloque
	Schneider		(L1-L2)		BD01 /
	Easy9				Toma 220V
Q3	MCB 1P 10 A		AWG #12	AWG #12	Bloque
	Schneider		(L1)		BD02 /
	Easy9				Toma 110V
Q4	MCB 1P 6 A		AWG #14	AWG #14	Reserva /
	Schneider		(L2)		Auxiliar
	Easy9				
Q5	MCB 1P 6 A		AWG #14	AWG #14	Reserva /
	Schneider		(L3)		Auxiliar
	Easy9				

F-DC-125 INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO VERSIÓN: 2.0

KM01	Contactor	9 A	AWG #14	AWG #14	Borneras	/
	Trifásico 3P		(3F)		Bananas	

5. FOTOGRAFIAS DE TOMAS DE SALIDA DE POTENCIA

Figura 18

Toma corriente trifásica Industrial.



Figura 19

Toma corriente Bifásica 220 VAC.



Figura 20

Toma corriente monofásica Dúplex 110 VAC



6. CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE SALIDAS Y CARGAS CONECTADAS

Esta sección define los límites operativos de cada toma de salida y bornera del banco didáctico para garantizar una operación segura y evitar disparos por sobrecarga o cortocircuito.

Salida Elemento	/ Protección Asignada y Conductor	Tensión Nominal	Corriente Máx. Permisible	Potencia Máx. Disponibile	Equipos y Aparatos Permitidos para Conexión
Tomacorriente Trifásico Industrial	MCB 3P x 220 VAC 10 A 10A (Q1) Trifásico Conductor (3F) AWG #12			3,81 kW (FP=1,0) 3,2 kW (3 HP) HP) con carga FP=0,85	Motores de inducción jaula de ardilla (hasta 3 HP), bancos de trifásicos (resistivos/inductivos), variadores de frecuencia (VFD).
Tomacorriente Bifásico (220V)	MCB 2P x 220 VAC 16 A 16A (Q2) Bifásico Conductor (L1 - L2) AWG #12			3,52 kW (FP=1,0)	Cargas calefactoras/resistivas de laboratorio, transformadores

secos mono bifásicos,
fuentes de poder
industriales a 220V.

Tomacorriente	MCB 1P x 110–120	10 A	1,10 kW	Instrumentación de
Monofásico	10A (Q3) VAC		(FP=1,0)	mesa, osciloscopios,
Dúplex (110V)	Conductor Monofásico			computadores para
	AWG #12 (L1 - N)			adquisición de datos,
				analizadores de red
				portátiles, cargas
				monofásicas de baja
				potencia.

Matriz de Contactor	220 VAC 9 A	3,43 kW	Interconexión directa
Borneras / 3P x 9A	Trifásico (Categoría	(FP=1,0)	con cables de
Bananas de (KM01)	(L1 - L2 - AC-3)		seguridad tipo banana
Potencia Conductor	L3)		de 4 mm, ensayos de
AWG #14			arranque y maniobra,
			bancos de
			condensadores para
			corrección de FP.

Circuitos MCB 1P x 110 VAC 6 A 660 W por Bobinas de
Auxiliares y 6A (Q4, Monofásico circuito contactores,
Mando (Q4 y Q5) (L2-N o L3- temporizadores
Q5) Conductor N) analógicos/digitales,
AWG #14 relés de control, luces
piloto de señalización.

6. PROTOCOLO DE SEGURIDAD Y CUMPLIMIENTO RETIE

En cumplimiento de la Resolución 40284 de 2026 del Ministerio de Minas y Energía (RETIE) y las normativas vigentes en Colombia, se establecen las siguientes directrices de obligatorio cumplimiento para el uso del banco didáctico:

6.1 Equipos de Protección Personal (EPP)

- **Gafas de Seguridad:** Policarbonato transparente con protección contra impacto y arco eléctrico leve.
- **Calzado Dieléctrico:** Botas de seguridad con puntera no metálica (poliamida/composite) para tensiones hasta 1000V.
- **Guantes Aislantes:** Guantes de caucho dieléctrico Clase 00 (hasta 500V) acompañados de guantes de protección mecánica.

6.2 Lista de Verificación Pre-Energización (Checklist de Seguridad)

- **Inspección Visual:** Verificar que no existan herramientas, cables sueltos o residuos metálicos sobre las borneras o dentro de las canaletas.
- **Prueba de Continuidad (Des energizado):** Con el multímetro en escala de continuidad y el interruptor principal QT01 abierto (OFF), medir la resistencia entre fases (L1, L2, L3) y entre cada fase y Neutro/Tierra para descartar cortocircuitos francos.
- **Puesta a Tierra (PE):** Confirmar la continuidad eléctrica entre la barra equipotencial de puesta a tierra del banco y la toma de tierra del laboratorio.
- **Estado de Protecciones:** Verificar que todos los breakers derivados (Q1 a Q5) se encuentren en posición OFF antes de accionar el totalizador general QT01.

7. GUÍA DE OPERACIÓN DEL MEDIDOR MULTIFUNCIÓN DIGITAL (ME01 KWS-306WF)

El medidor digital ME01 permite la lectura en tiempo real de las magnitudes eléctricas del banco.

7.1 Navegación en Pantalla

Pulsación Corta del Botón [M] (Menú): Alterna entre los modos de visualización en pantalla de cristal líquido:

- **Pantalla Principal:** Muestra tensiones de fase (V1, V2, V3) y corrientes instantáneas (I1, I2, I3).
- **Pantalla de Potencia:** Visualiza Potencia Activa Total (kW), Potencia Reactiva (kVAR) y Potencia Aparente (kVA).
- **Pantalla de Calidad de Energía:** Muestra Factor de Potencia (FP), Frecuencia de red (Hz) y Consumo de energía acumulado (kWh).
- **Botón [ON/OFF]:** Habilita o inhabilita el almacenamiento interno de datos y reinicia el contador de consumo acumulado (kWh) si se mantiene presionado por 3 segundos.

8. ESTRUCTURA DE GUÍAS DE PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS

PRÁCTICA N° 1: Reconocimiento de Componentes y Medición de Tensiones Trifásicas

Objetivo: Identificar los elementos de maniobra y medir las tensiones simples (Fase-Neutro) y compuestas (Fase-Fase) de la red.

Procedimiento:

1. Verificar el EPP y realizar la prueba de continuidad des energizada.
2. Energizar el interruptor totalizador QT01.
3. Ajustar el multímetro en rango de Tensión Alterna (AC) 600V.

4. Medir y registrar en la tabla de datos las tensiones entre borneras bananas: VL1-N, VL2-N, VL3-N (deben rondar los 120 VAC) y VL1-L2, VL2-L3, VL3-L1 (deben rondar los 220 VAC).

5. Comprobar los valores leídos contra los indicados en la pantalla del medidor ME01.

PRÁCTICA N° 2: Balanceo y Desbalanceo de Cargas Monofásicas y Bifásicas

Objetivo: Analizar el comportamiento del Neutro e interpretar la desviación de fases al conectar cargas desiguales.

Procedimiento:

1. Conectar una carga monofásica a la toma de 110V (Q3) y una carga bifásica a la toma de 220V (Q2).

2. Subir los breakers Q2 y Q3.

3. Observar en el medidor ME01 el consumo de corriente por cada fase (I1, I2, I3).

4. Aplicar la fórmula de desequilibrio: % Desequilibrio = $(|I_{\text{máx}} - I_{\text{prom}}| / I_{\text{prom}}) * 100$

5. Verificar que el desbalanceo no supere el 20% recomendado para el correcto funcionamiento de instalaciones comerciales e industriales.

PRÁCTICA N° 3: Maniobra de Control y Arranque Directo de Motor Trifásico

Objetivo: Realizar el circuito de mando con el contactor KM01 y analizar la corriente de arranque (inrush).

Procedimiento:

1. Conectar la salida del breaker de control Q5 al selector rotativo y de la salida del selector a la bobina A1 del contactor KM01.
2. Conectar el terminal A2 de la bobina al Neutro.
3. Interconectar la salida de fuerza del contactor KM01 hacia el motor de prueba trifásico utilizando cables banana.
4. Accionar el selector para energizar la bobina del contactor.
5. Registrar en el medidor ME01 el pico de corriente instantáneo al arrancar el motor y comparar contra la corriente de régimen.

9. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para garantizar la durabilidad del banco didáctico UTS y mantener las condiciones originales de seguridad:

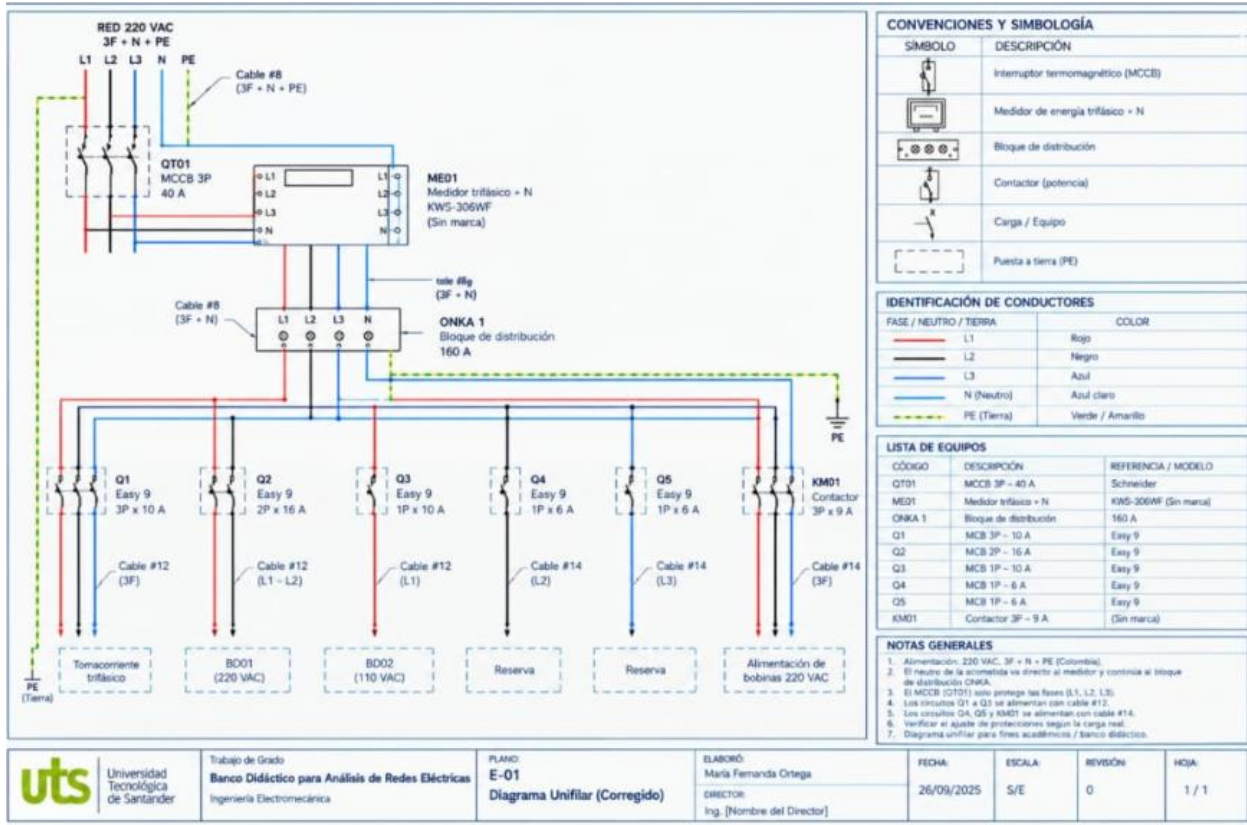
- **Reajuste de Borneras y Bornes de Interruptores (Trimestral):** Aplicar el torque recomendado por el fabricante a los tornillos de fijación en el bloque repartidor ONKA, contactor CHINT y breakers Schneider Easy9 para evitar puntos calientes por falso contacto.

- **Prueba Mecánica del MCCB:** Presionar el botón de prueba (TEST) del interruptor GoPact QT01 con el sistema desenergizado para verificar la libre operación del mecanismo de disparo térmico y magnético.
- **Limpieza de Ductos y Canaletas:** Retirar el polvo depositado dentro de las canaletas ranuradas utilizando aire comprimido seco o aspiradora industrial.

10. DIAGRAMAS, ESQUEMA UNIFILAR Y MANIOBRAS DE CONTROL

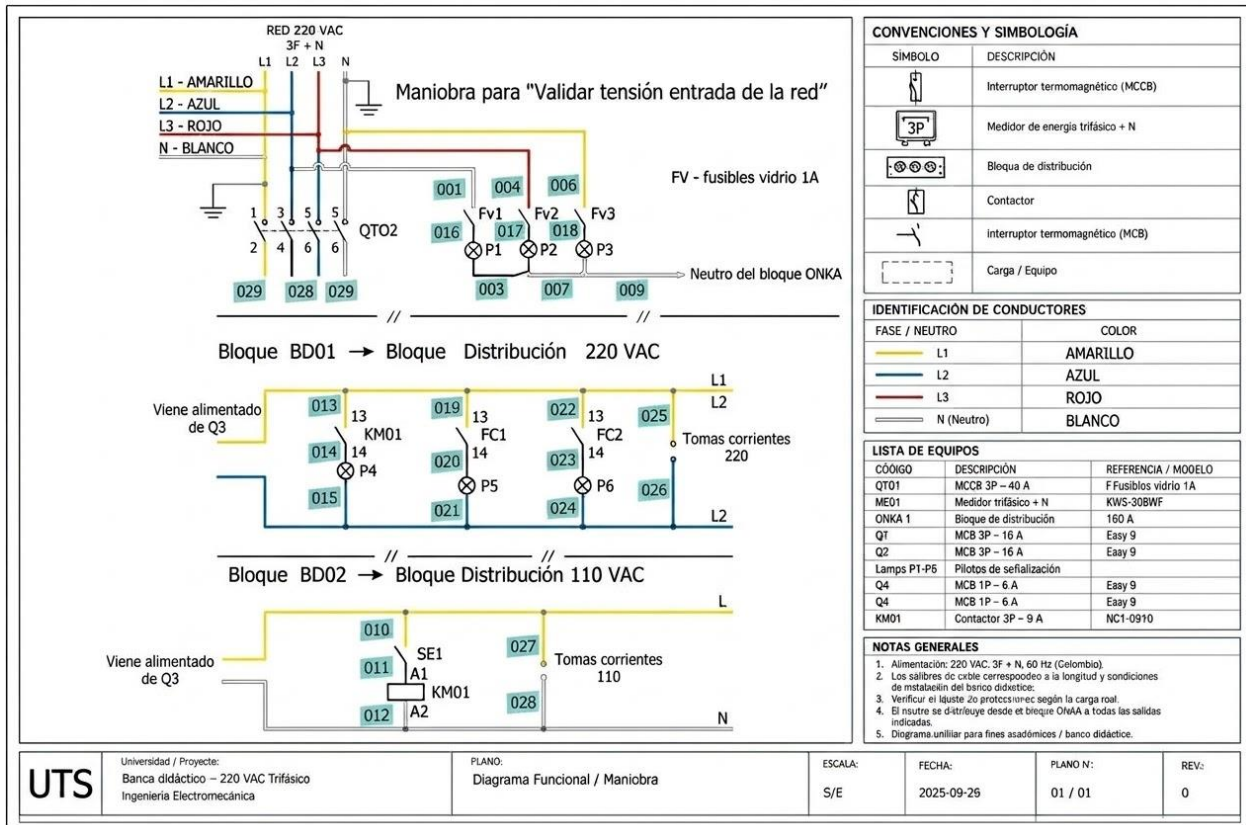
10.1. Diagrama Unifilar E-01

Esquema técnico de referencia del Banco Didáctico para Análisis de Redes Eléctricas. Especifica la distribución trifásica (3F + N + PE) desde el totalizador QT01 de 40A, medidor ME01, distribuidor ONKA 1, breakers derivados Q1-Q5, contactor KM01 y salidas a tomas/borneras.



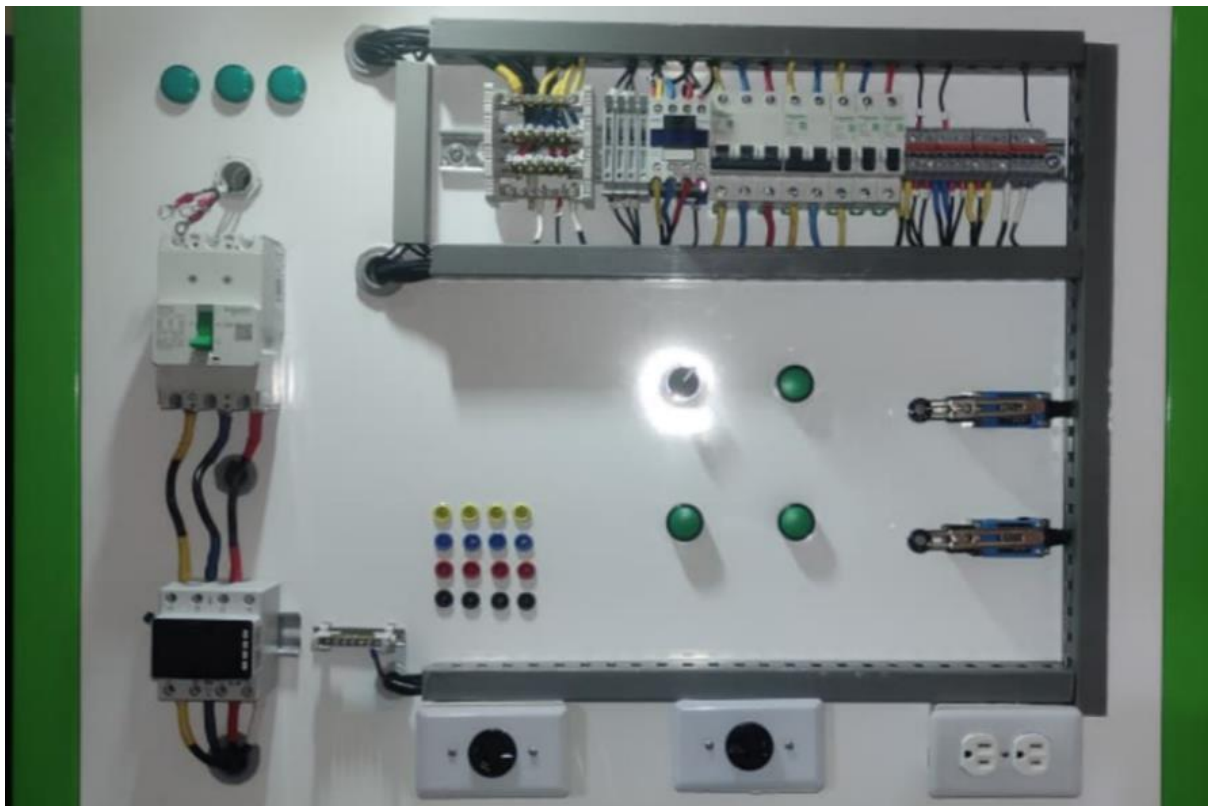
10.2. Esquema Manual de Maniobras de Control y Validación

Esquema borrador para la validación de tensión de la red y bloques de distribución BD01/BD02, con fusibles de vidrio de 1A, luces piloto (P1-P6) y contactores de maniobra.



11. RESULTADO FINAL: DISPOSICIÓN FÍSICA E INTERCONEXIÓN GENERAL DEL PANEL

Muestra la disposición física final del Banco Didáctico de Redes Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Santander (UTS), integrando la ubicación general del totalizador QT01, medidor ME01, panel de protecciones en riel DIN, tomas de potencia trifásica, bifásica, monofásica y matriz de borneras/bananas.



9. Bibliografía

American National Standards Institute. (2024). IEC 61439-3 Ed. 2.0 b:2024—Low-voltage switchgear and controlgear assemblies—Part 3: Distribution boards intended to be

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

operated by ordinary persons (DBO). ANSI Blog. <https://blog.ansi.org/ansi/iec-61439-3-ed-2-2024-operating-distribution-boards/>

Bachiller Soler, A., Cano González, R., & Moreno Alfonso, N. (2010). Circuitos trifásicos: Problemas resueltos. Ediciones Díaz de Santos. <https://es.scribd.com/document/395908260/Circuitos-trifasicos-Problemas-resueltos-Alfonso-Bachiller-Soler-Ramon-Cano-Gonzalez-pdf?>

Betancur Valencia, J. R., Hurtado Londoño, D. F., & Lora Grajales, S. (2017). Diseño e implementación de un prototipo didáctico para la enseñanza de instalaciones eléctricas residenciales [Trabajo de grado de pregrado, Instituto Tecnológico Metropolitano]. Repositorio Institucional ITM. <https://repositorio.itm.edu.co/entities/publication/7616752c-fd57-40f9-ae6a-9da52cfcf7b6>

Botello Rangel, J. A., & Guerrero Díaz, O. O. (2021). Actualización del sistema de fuerza en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos para prácticas de laboratorio con estudiantes de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander [Trabajo de grado de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Ciencia Abierta UAN. https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UAntonioN2_9044eaa08620627164e75061a455c030

Cardona Gil, J. A. (2025). Estrategias que aportan a transformar la percepción y la orientación vocacional hacia carreras de ingeniería en Colombia. Revista Ensayos Pedagógicos. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10399798.pdf>

De la Hoz i Casas, J., & de Blas del Hoyo, A. (2009). 'Learning by doing' methodology applied to the practical teaching of electrical machines. International Journal of Electrical Engineering Education, 46(2), 133–149. <https://doi.org/10.7227/IJEEE.46.2.2>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

Dovgun, V., Temerbaev, S., Chernyshov, M., Novikov, V., Boyarskaya, N., & Gracheva, E. (2020). Distributed power quality conditioning system for three-phase four-wire low voltage networks. *Energies*, 13(18), 4915. <https://doi.org/10.3390/en13184915>

Gutiérrez Caicedo, B. D. (2022). Diseño y construcción de un tablero didáctico de instalación eléctrica con capacidad de carga 45 KVA [Proyecto de grado, Universidad Antonio Nariño]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/734088095/2022-BrandonDarioGutierrezCaicedo>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

International Electrotechnical Commission. (2023). IEC 60364-4-43:2023: Low-voltage electrical installations—Part 4-43: Protection for safety—Protection against overcurrent. <https://webstore.iec.ch/en/publication/28432>

International Electrotechnical Commission. (2025). IEC 60364-1:2025: Low-voltage electrical installations—Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, and definitions. <https://webstore.iec.ch/en/publication/63699>

Isaev, I. A. (2022). Electrotechnical mobile laboratory: Development of an educational and laboratory electrotechnical stand. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 20(1), 50. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-20-01-050>

Jiménez Tascón, S. (2021). Diseño y construcción de banco didáctico de instalaciones eléctricas residenciales [Trabajo de grado, Universidad Antonio Nariño]. Ciencia Abierta UAN. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3106>

Kasikci, I. (2022). Three-phase alternating current. En I. Kasikci (Ed.), *Analysis and design of electrical power systems*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527803422.ch6>

Ministerio de Educación Nacional. (2020, 3 de junio). Directiva 13 de 2020: Recomendaciones generales para el desarrollo de actividades académicas de laboratorios prácticos y de investigación en las instituciones de educación superior e instituciones de educación para el trabajo y desarrollo humano, en atención a las disposiciones del Decreto No. 749 de 28 de mayo de 2020 y para el retorno progresivo a la presencialidad. <https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-398802.html>

Ministerio de Minas y Energía. (2026). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Gobierno de Colombia. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>

Pérez Martínez, M., García del Sol, D., Díaz Alfonso, E., Hernández Areu, O., & Santos Baranda, J. (2022). Construcción de maquetas para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los circuitos eléctricos. Universidad y Sociedad, 14(1), 462–469. https://www.researchgate.net/publication/358030554_Construccion_de_maquetas_para_el_mejoramiento_del_proceso_de_ensenanza_-_aprendizaje_de_los_circuitos_electricos Universidad y Sociedad ISSN 2218-3620

Pérez Pérez, H., & Hernández González, C. (2024). Implementación de un simulador de circuitos de control eléctrico para desarrollo de competencias: Caso CECyTEH. En P. Maldonado Reynoso, A. A. Benítez Pérez, & M. L. García Rodríguez (Coords.), Educación 4.0 en la época de pandemia y postpandemia: Retos y oportunidades (pp. 205–227). Ediciones Comunicación Científica. <https://doi.org/10.52501/cc.164.09>

Piris-Botalla, L., Oggier, G. G., Airabella, A. M., & García, G. O. (2016). Extensión del rango de operación con conmutación suave de un convertidor CC-CC bidireccional de tres

puertos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 13(1), 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.04.007>

Puerto López, K. C., Lozano Cárdenas, F. J., & Medina Delgado, B. (2023).

Enseñanza y aprendizaje en ingeniería desde la teoría del aprendizaje experiencial: Revisión actual. Mundo FESC, 13(26), 74–95. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1319>

Rahman, I., & Johari, M. (2022). Students' understanding and skills on voltage and current measurements using hands-on laboratory and simulation software. Education and Information Technologies, 27(5), 6393–6406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10890-3>

Rodríguez, A. J. (2024). Implementación de un banco didáctico para la aplicación prácticas de domótica y redes internas en baja tensión controlado mediante ESP32, adecuado en el laboratorio de instalaciones eléctricas de las UTS [Proyecto académico, Unidades Tecnológicas de Santander]. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/381957428> Implementacion de un banco didactico para la aplicacion practicas de domotica y redes internas en baja tension controlado mediante ESP32 adecuado en el laboratorio de instalaciones electricas de las U

Rubio Márquez, J. E. (2021). Actualización del sistema de control en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos del laboratorio de tecnología e ingeniería de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, Norte de Santander [Trabajo de grado de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio Institucional UAN. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2368>

Saavedra-Montes, A. J., & Sanchez Zuluaga, G. J. (2022). Método de enseñanza/aprendizaje aplicado a los sistemas de energía eléctrica:

Teaching/learning method applied to electrical energy systems. *Scientia et Technica*, 27(1), 7–14. <https://doi.org/10.22517/23447214.24546>

Stewart, L. (2024). ¿Qué es la investigación descriptiva y cómo se utiliza? Atlas: <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-descriptiva>

Tang, W., Cai, Y., Zhang, L., Zhang, B., Wang, Z., Fu, Y., & Xiao, X. (2021). Hierarchical coordination strategy for three-phase MV and LV distribution networks with high-penetration residential PV units. *IET Renewable Power Generation*, 15(6), 1282–1297. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2020.0866>

Téllez Garzón, J. L., Alvarado Jaimes, R., Romero Padilla, L., & Jaimes Vergel, G. (2022). Banco de pruebas didáctico para implementación y testeo de una red óptica pasiva para acceso banda ancha hasta el hogar. *I+D Revista de Investigaciones*, 17(1), 143–154. <https://doi.org/10.33304/revinv.v17n1-2022011>

Torres Carvajal, J. E., & Delgado, D. R. (2024). Diseño y construcción de un banco didáctico electromecánico [Trabajo de grado de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. *Ciencia Abierta UAN*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/9538>

Vashishtha, V. K., Yadav, A., Kumar, A., & Shukla, V. K. (2022). An overview of software tools for the photovoltaic industry. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1450–1454. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.737>

Zhao, G. (2022). Effect analysis of adding selective experiments in power electronics course to encourage students' active learning. *IET Circuits, Devices & Systems*. <https://doi.org/10.1049/cds2.12090>