

Diseño e implementación de un banco de prueba de cargas eléctricas residenciales

Autores: Henry Fabián Gutiérrez Castaño Código 23551829433

Braykeynner Tellez Silva Código 23551811183

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Programa Académico: Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial

Universidad Antonio Nariño

Ciudad y Sede: Manizales

hgutierrez44@uan.edu.co

btellez15@uan.edu.co

Director: Alfonso Germán Garzón Huertas

coordinador.manizales.fimeb@uan.edu.co

RESUMEN: Durante el desarrollo de este proyecto se realizó el diseño y construcción de un banco de prueba de cargas eléctricas residenciales como herramienta educativa para apoyar a profesores y estudiantes en el estudio del funcionamiento de los sistemas eléctricos y las instalaciones residenciales a través de la realización de prácticas experimentales; todo esto conforme los lineamientos técnicos del Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050, para que el producto final sea confiable en el ámbito de la enseñanza académica y seguro para las personas y enceres de la universidad. Este propósito es reforzado por un manual de uso que pretende dejar claros los procedimientos de operación y su conservación adecuada a través del tiempo.

PALABRAS CLAVE: *Instalaciones residenciales, Potencia activa, RETIE, Sistemas monofásicos, Instalaciones eléctricas.*

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aplicación práctica de los conceptos teóricos es parte fundamental del desarrollo profesional del estudiante, para conseguirlo es necesaria la interacción directa y de forma segura con los equipos eléctricos y las redes que lo alimentan a través de bancos de trabajo como los que se encuentran en los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño de la sede Manizales, minimizando el riesgo a través de la implementación de protocolos de seguridad en el trabajo. Si bien, dichos bancos permiten el manejo de máquinas eléctricas y sistemas de automatización, útiles para ciertas asignaturas específicas, estos no cubren en su totalidad áreas del conocimiento básico como las instalaciones eléctricas residenciales y su

aplicación de acuerdo con las normas técnicas vigentes.

A raíz de esto, surge la pregunta: ¿cómo diseñar un banco de prueba que sirva como herramienta práctica en la aplicación de conocimientos teóricos de instalaciones eléctricas dentro del programa de Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial, minimizando el riesgo eléctrico y fomentando la práctica segura de la profesión?

II. JUSTIFICACIÓN

Cualquier trabajo realizado en instalaciones eléctricas o con equipos eléctricos trae consigo un riesgo implícito el cual el futuro profesional deberá aprender a identificar y minimizar mediante la implementación de procedimientos seguros y el cumplimiento de estándares de seguridad.

Cuando se habla de seguridad y salud en el trabajo cada empresa ha desarrollado procedimientos, reglamentos y normas particulares que deben ser atendidos por sus empleados; además de estos, cuando se trata de temas relacionados con instalaciones y equipos eléctricos, el personal técnico y profesional que trabaje con equipos e instalaciones eléctricas deberá seguir los lineamientos técnicos contenidos en el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 [1] y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE [2] los cuales, establecen las directrices fundamentales para la implementación de instalaciones eléctricas para uso residencial.

A través del estudio de la normatividad el estudiante aprende los conceptos y medidas de seguridad necesarios fundamentales, sin embargo, es el componente práctico y experimental de las asignaturas relacionadas lo que permite una verdadera apropiación del conocimiento. Una instalación eléctrica se considera segura cuando no representa riesgos para la salud de las personas o el funcionamiento de los equipos.

En 2015, la ONU planteó una nueva agenda de desarrollo con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, la cual presenta un conjunto de objetivos globales, llamados OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE o ODS, con metas específicas a alcanzarse en los siguientes 15 años (NACIONES UNIDAS, 2015), dentro de los cuales cabe resaltar el Objetivo 4: EDUCACIÓN DE CALIDAD el cual busca asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible y el Objetivo 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE en lo referente a estándares de energía más eficientes podrían reducir el consumo de electricidad de los edificios y residencias [3].

El banco de pruebas propuesto permitirá la aplicación en la práctica los conceptos teóricos sobre el uso e instalación de equipos y redes eléctricas monofásicas y permitirá a los estudiantes del programa Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial afianzar los conocimientos adquiridos haciendo de este un mejor profesional.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un banco de prueba para el estudio de cargas eléctricas residenciales aplicando la norma técnica NTC 2050 y RETIE, para el desarrollo de prácticas de instalaciones eléctricas residenciales para las asignaturas del componente eléctrico del programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar la bibliografía relacionada y la normativa técnica para el diseño del banco de prueba para el estudio de cargas eléctricas residenciales.

2. Elaborar los cálculos técnicos y planos de diseño para la construcción del banco de prueba para cargas eléctricas residenciales según la NTC 2050 y RETIE.
3. Construir y probar el banco de prueba para cargas eléctricas residenciales, realizando una (1) de las prácticas elaboradas.
4. Redactar la guía del usuario que contenga cuatro (4) prácticas de instalaciones eléctricas residenciales aplicables a la asignatura Instalaciones Eléctricas:
 - Instalación y conexión de un sistema de iluminación utilizando un interruptor doble.
 - Instalación y conexión de un circuito conmutable para un sistema de iluminación.
 - Pruebas de corriente y temperatura en conductores utilizando cargas eléctricas residenciales.
 - Diseño y conexión de instalación domiciliaria.

IV. MARCO TEORICO

Antecedentes

Es común en los laboratorios de electricidad y electrónica encontrar diferentes tableros didácticos para sistemas eléctricos y automatismo. Diversos trabajos de grado hablan al respecto como se observa en [4], donde plantean el diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos A.C y D.C. Algunos trabajos prácticos permiten complementar estos tableros didácticos con componentes de medición, muy útiles en el sector industrial y comercial [5].

Un ejemplo de la importancia de este tipo de herramientas en el proceso de aprendizaje es el proyecto elaborado por [6] el cual comprendía el diseño y construcción de banco de prueba eléctricas en baja tensión para el área de asistencia técnica y calidad de la empresa FTC ENERGY GROUP S.A.S., haciendo de este un proyecto representativo con repercusión directa en el ámbito profesional por su aplicación práctica.

Entre los bancos de prueba más utilizados en las universidades están los tableros LAB-VOLT. Estos tableros permiten experimentar, practicar, analizar, realizar mediciones eléctricas, etc., para lograr aplicar los aprendizajes de carreras como la Ingeniería eléctrica, electrónica, entre otras y

mostrar que es posible aplicar circuitos eléctricos a manera residencial o industrial.

El libro “Manual práctico de instalaciones eléctricas”, escrito por Enriquez Harper, presenta lo necesario como los elementos de seguridad para la instalación eléctrica en ambientes adecuados para ello. Dividido por capítulos, dicho manual aborda temas relevantes frente a las instalaciones eléctricas en zonas residenciales y desglosa en todo lo referente para poder realizar una correcta instalación de circuitos eléctricos en los lugares y con el material adecuado [5].

Reglamento eléctrico

El Ministerio de Minas y Energías es el ente encargado en Colombia de expedir el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE, el cual establece el marco regulatorio de las instalaciones eléctricas en el país [2].

Dicho reglamento establece los requisitos para garantizar la protección contra los riesgos de origen eléctrico, recopilando los preceptos esenciales que definen la aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas, así como de las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas y los usuarios del servicio [2].

Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es medida en vatios, o watt (W), y se define como la unidad de trabajo eléctrico realizado por unidad de tiempo cuando circula un (1) amperio por un equipo conectado a una fuente de un (1) voltio, es decir $P=VI$, de acuerdo con la ley de Watt [7].

En corriente alterna se habla de potencia instantánea entre dos terminales de un circuito $p(t)=v(t)i(t)$, para hacer referencia que también es una función en el tiempo que depende de la tensión y la corriente que son funciones periódicas en el tiempo [8].

Sin embargo, para efectos prácticos usualmente se habla de potencia media P para referirse a la potencia consumida por una carga en un periodo de tiempo determinado [8]:

$$P_{med}=v_{ef}i_{ef}\cos Q$$

Esta es la misma potencia activa y depende directamente de la tensión, la corriente y el ángulo

de desfase entre ambas, aunque para usuarios residenciales, cuya carga es mayormente resistiva este ángulo tiende a cero, haciendo que P alcance su valor máximo al ser $Q=0$ [8].

Además de la ya mencionada potencia activa, en un circuito con elementos resistivos, bobinas y condensadores, se presenta la llamada potencia reactiva Q , la cual representa esa parte de energía es almacenada en las bobinas y condensadores y que posteriormente es regresada a la fuente. Dicha potencia se define como [8]:

$$Q_{med}=v_{ef}i_{ef}\sin Q$$

La potencia reactiva se mide en voltio-amperios reactivos o VAR y es importante su medición en instalaciones industriales.

La potencia aparente S es la suma vectorial de las ya mencionadas P y Q . Esta potencia es medida en voltio-amperios VA. Vectorialmente la potencia aparente se define como el número complejo [8]

$$S = P + jQ$$

Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos que suministra energía a los equipos que la utilizan. Son clasificadas de diferentes formas, por ejemplo, por nivel de tensión, lugar de instalación, entre otros [9].

Por nivel de tensión las instalaciones eléctricas se clasifican en: Extra alta tensión -EAT (>230 kV), Alta tensión - AT (>= 57,5 kV y <= 230 kV), Media tensión – MT (> 1000 V y < 57,5 kV), Baja tensión – BT >= 25 V y <= 1000 V), Muy baja tensión – MBT (<25 V) [2].

Una buena instalación eléctrica debe hacerse siguiendo los lineamientos normativos y legales establecidos, tales como la Norma Técnica NTC-2050, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, entre otros.

Cuadro de cargas

Muestra una visión del circuito sobre el cual se realizó la instalación eléctrica en la vivienda. Allí se encuentran identificados el número de circuitos del lugar, así como una descripción del lugar al cual tiene la cobertura. En el diagrama también se puede observar el tipo de cargas como luminarias, toma

general, especial, etc.) y también el número el cual posee cada circuito [1].

Un cuadro de carga común incorpora: número de circuitos, símbolo de carga, total de elementos de una carga que se trate, capacidad de uno de los elementos de la carga, total en Watts.

Factor de diversidad

Es la relación entre la sumatoria total de demandas máximas individuales de distintos subsistemas o ramales en una conexión y la demanda máxima total del sistema. Su valor es usualmente mayor o igual a 1 y aplica principalmente para usuarios grandes como empresas o conjuntos de usuarios como edificios [10].

$$\text{Factor de diversidad} = \frac{\Sigma \text{demandas máximas individuales}}{\text{demanda máxima total}}$$

Factor de demanda

Es la relación entre la demanda máxima de la instalación y la carga total conectada en la instalación. Su valor siempre es menor que 1 y se aplica a usuarios individuales como residencias o empresas [10].

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{demanda máxima}}{\text{carga total instalada}}$$

Diagrama unifilar

Permite representar los elementos de un sistema de potencia de manera compacta y funcional. Los principales datos que debe contener este tipo de diagramas son: nombre de la subestación o transformador, nivel de tensión, numeración de cada elemento que la conforma, simbología para representar cada elemento.

Acometida

Es el punto donde se hace la conexión entre la red externa (prestador del servicio) y la red interna (usuario). También se entiende como la línea (aérea o subterránea) que conecta al sistema de medición [9].

Medidores de energía eléctrica

El consumo de energía de una carga o instalación se realiza mediante el uso de un medidor de energía los cuales registran los kilovatios/hora consumidos. Para usuarios residenciales comúnmente se utilizan medidores de inducción, sin embargo, para reducir

fraudes se ha empezado a cambiar de tecnología utilizándose ahora medidores estáticos o electrónicos. Estos pueden ser con conexión monofásica bifilar, monofásica trifilar, bifásico trifilar, para uso residencial. EN industria se usan generalmente trifásico trifilar y trifásico tetrafilar, además de medidores de de energía reactiva (kilovares/hora) [11].

Tablero de circuitos

Es el gabinete metálico donde se sitúan los elementos de conexión y protección, tales como interruptores, arrancadores y protecciones [9].

Cables y conductores

Para las conexiones de una instalación eléctrica pueden utilizarse conductores de uno (alambre) o más hilos (cable) de cobre o aluminio. Pueden ser instalados en ductos o tuberías empotradas o a la vista, así como en canalizaciones plásticas (canaletas) o metálicas (parrillas). Los conductores se categorizan por el nivel de aislamiento que poseen, que determina además la temperatura de operación de este, así como por el nivel de corriente que soportan. El empalme de estos debe hacerse garantizando la resistencia mecánica del mismo, así como la continuidad en la corriente que circulará por ellos [9].

La Tabla 310-16 de la NTC 2050 [1], establece para los conductores de cobre la capacidad de corriente permisible de acuerdo con el calibre del conductor (AWG) y el tipo de aislamiento que este utiliza [1].

Interruptores

Es un dispositivo encargado de abrir o cerrar el circuito eléctrico, es decir, enciende o apaga un dispositivo eléctrico. Se utiliza como medio de conexión o desconexión de energía. Algunos cuentan con la función de protección contra sobrecarga o sobre corriente [9].

Tomacorriente

Son puntos de conexión que permiten alimentar aparatos eléctricos de manera segura. Su estructura consta de una base bipolar o tripolar y las partes son mostradas en la Figura 1. Los tomacorrientes tipo GFCI traen integrada una protección automática la cual detecta fallas a tierra cortando el suministro eléctrico de los dispositivos conectados a este con el fin de proteger la salud e integridad de las personas [12].

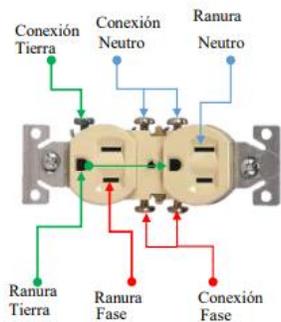


Figura 1 Partes de un tomacorriente
Fuente: [13]

Pruebas para las instalaciones eléctricas

Las pruebas deberán desarrollarse a lo largo de todas las etapas de elaboración y construcción de un proyecto de instalación eléctrica. Debe verificarse el estado de ductos y canalizaciones, así como de los conductores y sus conexiones. Además, debe prestarse especial atención a la colocación de las salidas de iluminación y tomacorrientes, pues estas son las que estarán más cerca del usuario final. La supervisión durante el avance del proyecto permitirá corregir fallas antes de finalizar la instalación, permitiendo así certificar dicha instalación. Todos los resultados de las pruebas realizadas deberán registrarse en la bitácora, aportando además comentarios y un registro fotográfico [9]. Las pruebas a las instalaciones eléctricas pueden agruparse como: inspección visual, pruebas de operación, pruebas de aislamiento, pruebas de resistencia mecánica y pruebas de funcionamiento de equipos [9].

V. ALCANCE

Un prototipo de banco de prueba con alimentación monofásica trifilar a 110V, tablero de circuitos y protecciones, bornes para la conexión circuitos de cargas monofásicas típicas en una instalación residencial y aparatos eléctricos.

Otros entregables: Una (1) guía del usuario que contenga cuatro (4) prácticas de laboratorio aplicables a la asignatura Instalaciones Eléctricas.

VI. METODOLOGIA

Fase 1. Revisar de la bibliografía relacionada y la normativa técnica para el diseño del banco de

prueba para el estudio de cargas eléctricas residenciales

En esta etapa se recopilará la información técnica requerida para el diseño del banco de prueba considerando además los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante en lo referente a Estándares de energía más eficientes podrían reducir el consumo de electricidad de los edificios y residencias.

Fase 2. Elaborar los cálculos técnicos y planos de diseño para la construcción del banco de prueba para cargas eléctricas residenciales según la NTC 2050 y RETIE.

En esta fase se elaborará el diseño a partir de cálculos técnicos, de igual forma se elaboran los del banco de prueba y finalmente se procede con un análisis de materiales, costos y viabilidad técnica del diseño.

Fase 3. Construir y probar el banco de prueba para cargas eléctricas residenciales, realizando una (1) de las prácticas elaboradas.

Teniendo en cuenta las fases que la anteceden se procede a la compra de materiales requeridos para la construcción del banco de prueba y montaje de los elementos eléctricos, posteriormente se realizan las pruebas de funcionamiento implementando al menos una (1) de las prácticas de instalaciones eléctricas residenciales planteadas.

Fase 4. Redactar la guía del usuario que contenga cuatro (4) prácticas de instalaciones eléctricas residenciales aplicables a la asignatura Instalaciones Eléctricas

En esta fase se hace la recopilación y se clasifica la información técnica e imágenes del banco de prueba y sus componentes eléctricos.

Posteriormente se redacta la guía de uso y cuatro (4) prácticas de laboratorio abarcando temas fundamentales como: conexión de cargas en serie y paralelo, cálculo y medición de corriente de rama, medición de energía consumida, conexión de interruptores conmutables, caída de tensión y cálculo de regulación, protecciones termomagnéticas y cargas no resistivas de baja potencia. Las prácticas propuestas son:

- Instalación y conexión de un sistema de iluminación utilizando un interruptor doble.
- Instalación y conexión de un circuito conmutable para un sistema de iluminación.
- Pruebas de corriente y temperatura en conductores utilizando cargas eléctricas residenciales.
- Diseño y conexión de instalación domiciliaria.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la construcción del banco de prueba se utilizaron los elementos listados en la Tabla 1, además de herramientas y otros insumos consumibles adquiridos con recursos propios. Durante la elaboración de las guías de prácticas de laboratorio se consideraron recursos y materiales que ya se encuentran en los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño – Sede Manizales, tales como equipos de medición de tensión y corriente, cargas eléctricas, entre otros.

Tabla 1 Lista de componentes

Material	Cantidad	Unidad
Lámina de madera	1	Unidad
Interruptor sencillo de empotrar	3	Unidad
Interruptor doble de empotrar	1	Unidad
Lámparas LED tipo panel 6W	6	Unidad
Tomacorriente GFCI 110V de empotrar	1	Unidad
Tomacorriente 220V de empotrar	1	Unidad
Tomacorriente doble 110V de empotrar	8	Unidad
Tomacorriente sencillo 110V de sobreponer	1	Unidad
Tomacorriente/interruptor de empotrar	1	Unidad
Cable 12 AWG (rojo)	4	Metros
Cable 12 AWG (blanco)	4	Metros
Cable 12 AWG (verde)	2	Metros
Terminal bornera rojo	32	Unidades
Terminal bornera verde	12	Unidades
Terminal bornera blanco	18	Unidades
Terminal bornera negro	6	Unidades

Fuente: elaboración propia

Se revisó la bibliografía, antecedentes y normativa técnica requerida para el diseño del banco de prueba

y el desarrollo del proyecto dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el Objetivo 4: EDUCACIÓN DE CALIDAD y el Objetivo 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE [3].

Previo a la construcción del banco de pruebas, se realizó el diseño eléctrico (ver Figura 2), los cálculos técnicos del cuadro de cargas (ver Tabla 7) y el respectivo diagrama unifilar (ver Figura 3).

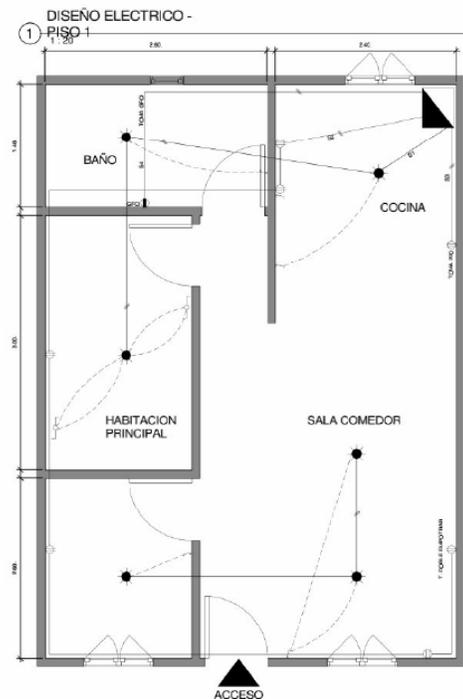


Figura 2 Plano diseño eléctrico

Fuente: elaboración propia

El cuadro de carga contiene la información relevante como identificación de los circuitos, descripción del lugar de cobertura, el tipo de carga a instalar, entre otros. Este se elaboró a partir de la distribución de elementos en el diseño eléctrico (ver Figura 2); las cargas estimadas para el cuadro de cargas se observan en la Tabla 2.

Tabla 2 Cargas estimadas

CTO #	ALUMBRADO	TOMA GENERALES	TOMAS ESPECIALES	TOTAL VATIOS
	100 W	100 W	3500 W	
1	6			600
2		1		100
3-4			1	3500
5		8		800
	TOTAL VATIOS			5000

Fuente: elaboración propia

Cálculos para el cuadro de cargas

Para la realización de los cálculos técnicos se consideró la salida más lejana de cada circuito (ver Tabla 2), es decir, el tomacorriente o lámpara más alejado del tablero principal. Con esta longitud y otros datos definidos dentro de la NTC 2050, se calculó la caída de tensión en cada circuito y se verificó que no excediera el 5% de la tensión de alimentación [1].

Las corrientes fueron calculadas utilizando la fórmula de potencia para circuitos de corriente alterna: $P = VI \text{fp}$.

$$\text{Círculo 1: } I = 600 / (110 * I) = 5,5 \text{ A}$$

$$\text{Círculo 2: } I = 100 / (110 * I) = 0,9 \text{ A}$$

$$\text{Círculo 3-4: } I = 3500 / (220 * I) = 15,9 \text{ A}$$

$$\text{Círculo 5: } I = 800 / (110 * I) = 7,3 \text{ A}$$

Con las corrientes calculadas se seleccionó el calibre del conductor a utilizar de acuerdo con la Tabla 310-16 de la NTC 2050 [1]; para los conductores de cobre calibre 12 AWG THHN/THWN 75°C la capacidad de corriente permisible es de 25A, por tanto, se seleccionó este conductor para los circuitos ramales.

Los cálculos de la acometida se realizaron considerando los primeros 3000W al 100% y el restante con un factor de 35% (ver Tabla 3). Por tratarse de un usuario residencial individual no es necesario realizar cálculos de factor de diversidad. Sin embargo, el factor de demanda si puede ser calculado para esta instalación:

$$\text{Factor de demanda} = \frac{3700}{5000} = 0,74$$

Tabla 3 Calculo de demanda y acometida

TOTAL VATIOS INSTALADOS	5000
PRIMEROS 3000 AL 100%	3000
RESTANTE AL 35%	700
TOTAL VATIOS DEMANDADOS	3700
FACTOR DE POTENCIA	1
CORRIENTE A	16,82
FACTOR DE DEMANDA	0,74
ACOMETIDA RECOMENDA EN RETIE 27.3 ACOMETIDAS:	
2F No. 8 + 1N No. 8 + 1T No. 8 AWG THW	

Fuente: elaboración propia

Las protecciones instaladas se seleccionaron considerando las corrientes calculadas para cada uno de los circuitos ramales y la capacidad de corriente de los conductores como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4 Corrientes, conductores y protecciones por circuito

CTO #	P (W)	L (m)	I(A)	PROTECCIÓN	CONDUCTOR mm ² - AWG
1	600	16	5,5	1x15 A	3,30 - 12
2	100	8	0,9	1x20 A	3,30 - 12
3-4	3500	6	15,9	2x20A	3,30 - 12
5	800	14	7,3	1x20 A	3,30 - 12

Fuente: elaboración propia

La caída de tensión, o regulación ($\Delta V = V_s - V_r$), se calcula con el fin de garantizar un nivel de tensión aceptable en los puntos más distantes al tablero de circuitos. Se define como la diferencia entre la tensión de alimentación (V_s) y la tensión en el punto más alejado del circuito (V_r) [14].

En circuitos monofásicos, la caída de tensión se calcula mediante la formula [14]:

$$\Delta V = Z_{EF} 2LI$$

donde:

ΔV es la Caída de Tensión en Voltios

L es la longitud del circuito en km

I es la corriente del circuito en A

$Z_{EF} = R \cos \theta + X \sin \theta$ es la impedancia eficaz en ohm/km

La Regulación de Tensión o Porcentaje de Caída de Tensión se define como:

$$\% \text{ Regulación} = [(V_s - V_r) / V_r] \cdot 100$$

$$\% \text{ Regulación} = [\Delta V / V_r] \cdot 100$$

La impedancia eficaz $Z_{EF} = R \cos \theta + X \sin \theta$ se calculó utilizando los valores de la Tabla 5. La

Tabla 6 muestra algunos valores de $\cos \theta$ y $\sin \theta$ a utilizar [14].

Tabla 5 Resistencia y reactancia para Cables de Cobre de Baja Tensión

Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X _L (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

Fuente: [14]

Tabla 6 Valores de FP (Cos θ) y de Sen θ

FP = Cos θ	Sen θ
1.00	0.00
0.95	0.31
0.90	0.44

Fuente: [14]

Para los cálculos se consideró dos conductores de cobre 12 AWG THHN/THWN por circuito en un tubo conduit de PVC. Teniendo en cuenta las longitudes, corrientes y el factor de potencia mencionados en la Tabla 3 se determinó el porcentaje de caída de tensión por circuito.

$$Z_{EF} = (6,56*1) + (0,177*0) = 6,56 \text{ ohm/km}$$

$$\Delta V1 = 6,56*2*(16/1000)*5,5 = 1,15 \text{ V}$$

$$\Delta V2 = 6,56*2*(8/1000)*0,9 = 0,1 \text{ V}$$

$$\Delta V3-4 = 6,56*2*(6/1000)*15,9 = 1,25 \text{ V}$$

$$\Delta V5 = 6,56*2*(14/1000)*7,3 = 1,34 \text{ V}$$

$$\% \Delta V1 = (1,15/(110-1,15))*100 = 1,05\%$$

$$\% \Delta V2 = (0,1/(110-0,1))*100 = 0,09\%$$

$$\% \Delta V3 = (1,25/(110-1,25))*100 = 0,57\%$$

$$\% \Delta V5 = (1,34/(110-1,34))*100 = 1,23\%$$

En la Tabla 7 se observa el cuadro de cargas correspondiente al diseño eléctrico. A partir de estos datos se elaboró el diagrama unifilar de la instalación eléctrica (ver Figura 3).

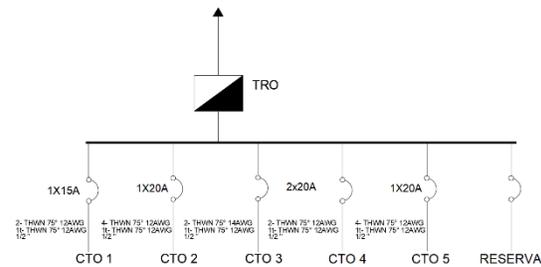


Figura 3 Diagrama unifilar

Fuente: elaboración propia

A partir de del diseño eléctrico (ver Figura 2) y los cálculos técnicos obtenidos (ver Tabla 7) se construyó el esquema de conexión y distribución de componentes dentro del banco de pruebas (ver

Figura 4).

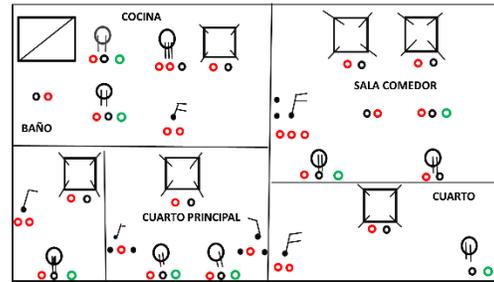


Figura 4 Esquema de distribución de componentes en el tablero

Fuente: elaboración propia

Una vez elaborado dicho esquema se realizó el trazado de las áreas en el espacio de trabajo y se ubicaron los elementos correspondientes.

Posteriormente se procedió a realizar la instalación del tablero de circuitos dentro del área correspondiente a la cocina y se realizó la instalación y conexión del cableado interno de los aparatos eléctricos instalados hacia las borneras de conexión correspondientes (ver Figura 5, Figura 6).

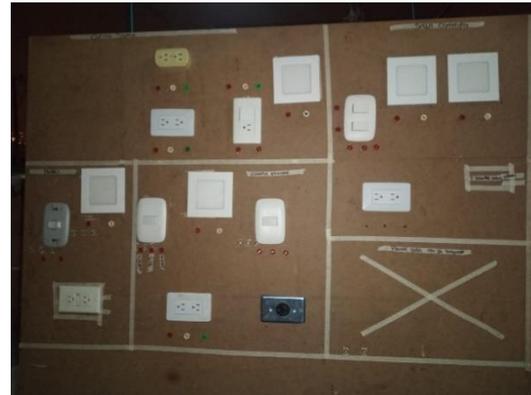


Figura 5 Proceso de construcción del banco de pruebas

Fuente: elaboración propia



Figura 6 Proceso de construcción del banco de pruebas

Fuente: elaboración propia

VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

Durante la revisión bibliográfica de antecedentes y normativa técnica aplicable, y la recopilación de la información técnica requerida para el diseño del banco de prueba, fueron consideradas los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el Objetivo 4: EDUCACIÓN DE CALIDAD el cual busca asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible y el Objetivo 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE en lo referente a estándares de energía más eficientes podrían reducir el consumo de electricidad de los edificios y residencias [3].

En el diseño y redacción del presente proyecto se tuvo en cuenta en lo aplicable la siguiente documentación técnica:

- Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.
- Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas - RETIE.

Dentro de la normatividad consultada se encontró que el artículo 10 del RETIE con los requerimientos generales que deben cumplir las instalaciones eléctricas [2]:

“10.1 Diseño de las instalaciones eléctricas. Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.” [2]

“10.1.1 Diseño detallado. El diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería cuya especialidad esté relacionada con el tipo de obra a desarrollar y la competencia otorgada por su matrícula profesional, conforme a las Leyes 51 de 1986 y 842 de 2003. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. La profundidad con que se traten los temas dependerá de la complejidad y el nivel de riesgo asociado al tipo de instalación...” [2].

“10.1.2 Diseño Simplificado: El diseño simplificado podrá ser realizado por ingeniero o tecnólogo de la especialidad profesional acorde con

el tipo de instalación y que esté relacionada con el alcance de la matrícula profesional. Igualmente, el técnico electricista que tenga su certificación de competencia en diseño eléctrico otorgada en los términos de la Ley 1264 de 2008, podrá realizar este tipo de diseño.

El diseño simplificado se aplica para los siguientes casos:

a) Instalaciones eléctricas de vivienda unifamiliar o bifamiliares y pequeños comercios o pequeñas industrias de capacidad instalable mayor de 7 kVA y menor o igual de 15 kVA, tensión no mayor a 240 V, no tengan ambientes o equipos especiales y no hagan parte de edificaciones multifamiliares o construcciones consecutivas objeto de una misma licencia o permiso de construcción que tengan más de cuatro cuentas del servicio de energía ...” [2]

Los resultados de esta revisión bibliográfica se presentaron previamente a lo largo de los apartados IV. MARCO TEÓRICO y VII. MATERIALES Y MÉTODOS, con el desarrollo de los cálculos técnicos del diseño realizado.

A partir de la información recopilada se elaboró el diseño eléctrico (ver Figura 2), el cuadro de carga (ver Tabla 7) y el respectivo diagrama unifilar (ver Figura 3), como se detalla en el apartado VII. MATERIALES Y MÉTODOS los cuales sirvieron como base para la construcción del esquema de conexión y distribución de componentes del banco de pruebas para cargas eléctricas residenciales a construir (ver Figura 4).

Partiendo de los diseños desarrollados previamente se procedió a la construcción del banco de prueba y montaje de los elementos eléctricos, como se describió anteriormente en el apartado VII. MATERIALES Y MÉTODOS (ver Figura 5, Figura 6 y Figura 7).



Figura 7 Banco de pruebas de cargas residenciales
Fuente: elaboración propia

Se realizaron pruebas de funcionamiento de todos los elementos de acuerdo con el paso a paso general descrito en la guía del usuario del ANEXO 1 (ver Figura 8 a Figura 13).



Figura 9 Montaje de prueba interruptor doble
Fuente: elaboración propia

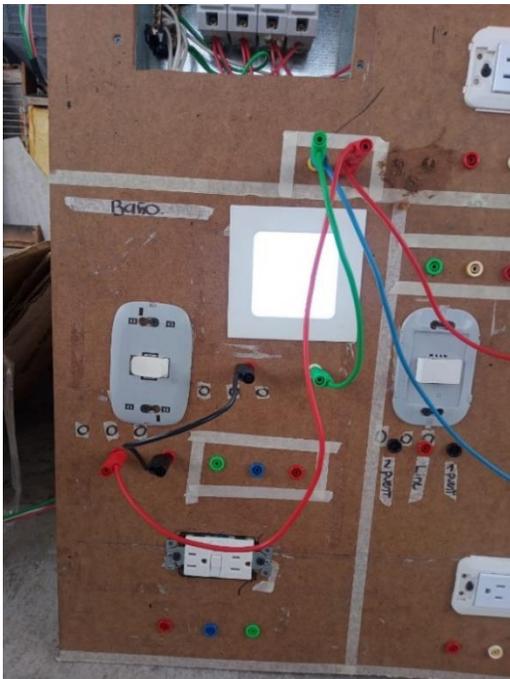


Figura 8 Montaje de prueba de interruptor sencillo
Fuente: elaboración propia

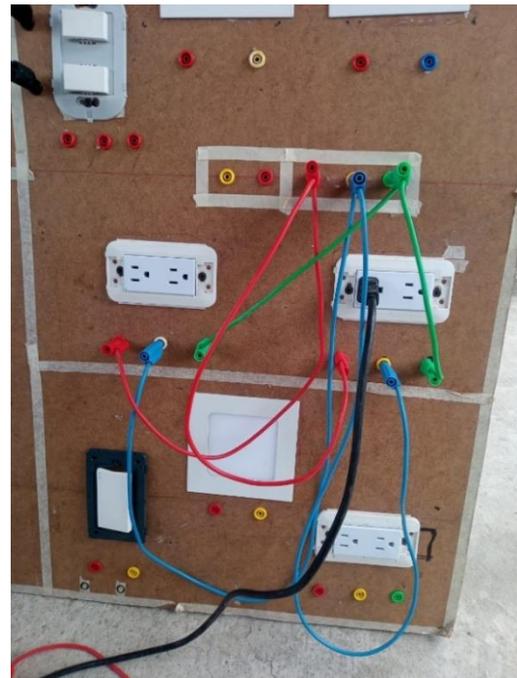


Figura 10 Montaje de prueba de tomacorrientes
Fuente: elaboración propia

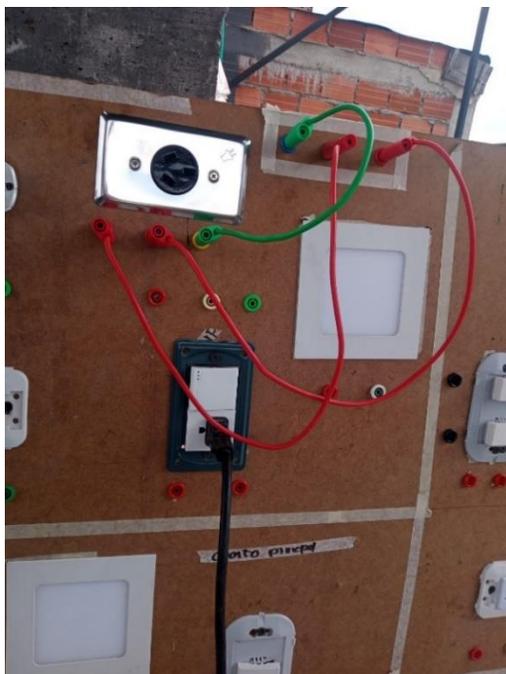


Figura 11 Montaje de prueba de toma 220V
Fuente: elaboración propia

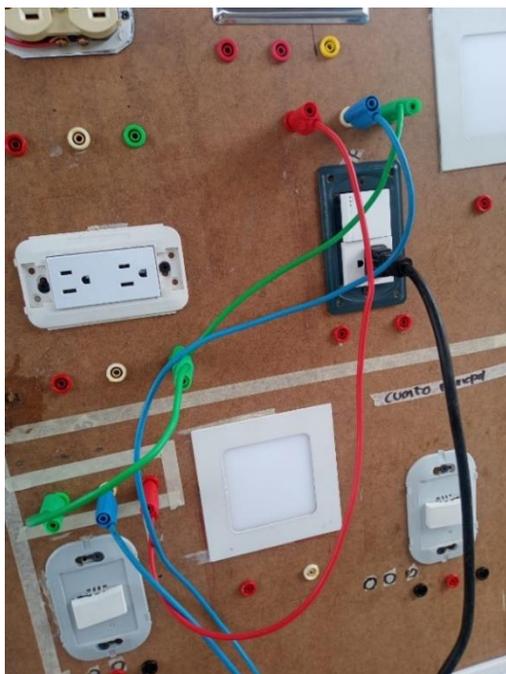


Figura 12 Montaje de prueba de Toma interruptor
Fuente: elaboración propia



Figura 13 Montaje de prueba de Toma con interruptor
Fuente: elaboración propia

Para la etapa final de la prueba de funcionamiento del banco de trabajo se realizó paso a paso la conexión del sistema de iluminación de las diferentes áreas de la vivienda representada. El procedimiento realizado se detalla en la PRÁCTICA 1: INSTALACION Y CONEXIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN UTILIZANDO UN INTERRUPTOR DOBLE del ANEXO 1 (ver Figura 14).



Figura 14 Montaje de prueba interruptor doble
Fuente: elaboración propia

Posterior a la construcción se elaboró una guía del usuario del banco de pruebas la cual contiene cuatro (4) prácticas de instalaciones eléctricas residenciales aplicables a la asignatura Instalaciones Eléctricas. En el ANEXO 1: GUIA DEL USUARIO Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO se presenta la documentación relacionada.

IX. CONCLUSIONES

1. Se deben seguir las normas y reglamentos técnicos vigentes durante el diseño y construcción de una instalación eléctrica con el fin de reducir los riesgos.
2. La correcta elaboración de los cálculos eléctricos permite al diseñador la correcta selección de conductores y protecciones garantizando la funcionalidad de la instalación sin entrar en sobre costos.
3. La realización de pruebas sobre las instalaciones eléctricas durante el proceso de instalación permitirá la detección y corrección temprana de fallas reduciendo el riesgo para las personas y enseres.
4. El aprendizaje en un entorno práctico y experimental asegura en los estudiantes la adquisición de los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.

Tabla 7 Cuadro de cargas del diseño eléctrico

CUADRO DE CARGAS														
CTO #	ALUMBRADO	TOMA GENERALES	TOMAS ESPECIALES	TOTAL VATIOS	BALANCE DE FASES		LONGITUD (m)	FACTOR DE POTENCIA	CORRIENTE (A)	CAIDA DE V (ΔVF-N)	% DE REG. (% ΔV)	PROTECCIÓN	CONDUCTOR mm ² - AWG	OBSERVACIONES
					R	S								
	100	100	3500											
1	6			600	600		16	1,00	5,45	1,15	1,05%	1x15 A	3,30 - 12	ILUMINACIÓN
2		1		100	100		8	1,00	0,91	0,10	0,09%	1x20 A	3,30 - 12	TOMA GFCI
3-4			1	3500	1750	1750	6	1,00	15,91	1,25	0,57%	2x20A	3,30 - 12	TOMA 220V
5		8		800		800	14	1,00	7,27	1,34	1,23%	1x20 A	3,30 - 12	TOMAS GENERALES
6				0		0								RESERVA
TOTAL				5000	2350	2650								

Fuente: elaboración propia

X. BIBLIOGRAFIA

- [1] ICONTEC, Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, 2020.
- [2] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, 2013.
- [3] NACIONES UNIDAS, «OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 20 10 2021].
- [4] E. F. C. VILLAMIZAR, E. F. CONTRERAS VILLAMIZAR y R. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, «UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,» [En línea]. Available: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>. [Último acceso: 21 10 2021].
- [5] E. Harper, Manual práctico de instalaciones eléctricas, México: Limusa, 2004.
- [6] Y. I. UERRERO BORDA y C. A. NIÑO ZAMBRANO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS EN BAJA,» [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22335/Ni%C3%B1oZambranoCamiloAndres2019.pdf?sequence=18>. [Último acceso: 22 10 2021].
- [7] L. F. Leiva, Contrales y automatismos eléctricos. Teoría y práctica.

- [8] J. A. Edminister, Teoría y problemas de Circuitos Eléctricos, Schaum Mcgraw Hill, 1999.
- [9] N. Bratu Serbán y E. Campero Littlewod, Instalaciones Eléctricas. COncceptos básicos y diseño, México: ALFAOMEGA, 1995.
- [10] Electricidad Aplicada, «Electricidad Aplicada,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/diferencia-factor-diversidad-factor-demanda/>. [Último acceso: 20 10 2021].
- [11] ENEL CODENSA, «Likinormas Codensa,» [En línea]. Available: http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/medidores_energia_electrica/generalidades_7_4_medidores_energia_electrica#. [Último acceso: 21 10 2021].
- [12] Electricidad Aplicada, «Electricidad Aplicada,» [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/tomacorriente-gfci-sirve/>. [Último acceso: 23 10 2021].
- [13] C. G. Quilumbaqui Alta, «PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN VIVIENDAS EXISTENTES, PARA LA INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DOMÓTICOS DE TECNOLOGÍAS ABIERTAS QUE PERMITAN EL CONTROL DE SEGURIDAD E ILUMINACIÓN,» [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/jspui/bitstream/33000/4972/1/UDLA-EC-TTCD-2016-04.pdf>. [Último acceso: 20 10 2021].
- [14] CENTELSA, «Boletín Técnico - Marzo 2005,» [En línea]. Available: <https://www.centelsa.com/archivos/3d6c0e37.pdf>. [Último acceso: 22 10 2021].