



**Diseño e implementación del sistema eléctrico residencial conforme al RETIE y la
NTC 2050 en una vivienda del barrio Minas del Paraíso en el año 2026**

Modalidad: Proyecto de Investigación

Sergio Eduardo Cervantes
C.C. 1065901370

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Barrancabermeja, 03 de junio de 2026



**Diseño e implementación del sistema eléctrico residencial conforme al RETIE y la
NTC 2050 en una vivienda del barrio Minas del Paraíso en el año 2026**

Modalidad: Proyecto de Investigación

Sergio Eduardo Cervantes
C.C. 1065901370

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico

DIRECTOR
MSc. José Luis Barbosa Ortega

Grupo de Investigación - DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Barrancabermeja, 03 de junio de 2026

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar al título de Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico, según el Acta del Comité de Trabajos de Grado FCNI-269 con fecha: 03/06/2026 evaluado por el MSc. Julio César Bedoya Pino.


Firma del Evaluador


Firma del Director

DEDICATORIA

La presente investigación se encuentra orientada a la comunidad académica de las Unidades Tecnológicas de Santander, especialmente a docentes y estudiantes que participan activamente en el desarrollo de proyectos académicos como estrategia para consolidar el aprendizaje práctico. De igual manera, está dirigida a estudiantes de áreas relacionadas que deseen ampliar sus conocimientos, potenciar sus competencias profesionales y mejorar su preparación para enfrentar las exigencias del ámbito laboral.

A mi familia, quienes, con su apoyo constante, paciencia y motivación hicieron posible la culminación de esta etapa de formación profesional, y a la familia residente de la vivienda del barrio Minas del Paraíso, beneficiaria directa de la intervención técnica desarrollada en este trabajo de grado.

Sergio Eduardo Cervantes

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al Ing. Luis José Barbosa Ortega, director del presente trabajo de grado, por su acompañamiento técnico, su disposición permanente y la rigurosidad académica con la que orientó el desarrollo del proyecto. Su asesoría fue determinante para el correcto enfoque normativo y para la consolidación de la propuesta de diseño e implementación del sistema eléctrico residencial.

Asimismo, se agradece a las Unidades Tecnológicas de Santander, en particular a la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías y al programa de Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico, por proporcionar la formación, los recursos y el espacio académico necesarios para llevar a cabo este trabajo. Se reconoce también el aporte del grupo de investigación DIANOIA, dentro del cual se inscribe esta investigación.

Sergio Eduardo Cervantes

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 ESTADO DEL ARTE	19
2. MARCO REFERENCIAL	24
2.1 MARCO TEÓRICO	24
2.1.1 Sistema de puesta a tierra	25
2.1.2 Tomacorrientes	26
2.1.3 Código de colores	26
2.1.4 Cálculo de protecciones	27
2.1.5 Diagrama unifilar	27
2.1.6 Distancias de seguridad	28
2.1.7 Acometida principal	28
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	28
2.3 MARCO LEGAL.....	30
2.4. MARCO AMBIENTAL	31
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	32
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	33
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ...	33

F-DC-125	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO	VERSIÓN: 2.0
3.5.	PROCEDIMIENTO Y FASES DE DESARROLLO	34
3.5.1.	Fase 1. Revisión bibliográfica y levantamiento de información en campo ...	34
3.5.2.	Fase 2. Análisis de cargas y estimación de demanda eléctrica	34
3.5.3.	Fase 3. Diseño de circuitos y elaboración de diagramas	35
3.5.4.	Fase 4. Dimensionamiento y selección de componentes eléctricos	35
3.5.5.	Fase 5. Ejecución, verificación y entrega del sistema eléctrico.....	35
4.	DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	37
4.1.	DIAGNÓSTICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXISTENTE.....	37
4.2.	INVENTARIO DE CARGAS Y ANÁLISIS DE DEMANDA.....	43
4.2.1.	Clasificación de las cargas eléctricas.....	43
4.2.2.	Cálculo de la carga instalada del sistema de iluminación	43
4.2.3.	Cálculo de la carga instalada de tomacorrientes especiales.....	44
4.2.4.	Cálculo de la carga instalada de tomacorrientes generales	45
4.2.5.	Consolidación de la carga instalada total.....	45
4.2.6.	Estimación de la demanda eléctrica	46
4.3.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL	47
4.3.1.	Distribución de circuitos derivados.....	47
4.3.2.	Cuadro de circuitos del tablero de distribución	48
4.3.3.	Selección de conductores	49
4.3.4.	Selección de protecciones contra sobrecorriente.....	50
4.3.5.	Sistema de puesta a tierra	51
4.3.6.	Diagrama unifilar y plano eléctrico	52
4.4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL.....	56
4.4.1.	Sistema de puesta a tierra	57
4.4.2.	Acometida y equipo de medida.....	59
4.4.3.	Tablero de distribución.....	62
4.4.4.	Canalización eléctrica	64
4.4.5.	Tendido de conductores	69
4.4.6.	Empalmes y derivaciones	71

F-DC-125

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

VERSIÓN: 2.0

4.4.7. Salidas, aparatos e interruptores	74
4.5. VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	77
4.5.1. Pruebas realizadas	77
4.5.2. Verificación funcional del sistema de iluminación	78
5. RESULTADOS	81
5.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CARGAS Y DEMANDA.....	81
5.2. RESULTADO DEL DISEÑO DE CIRCUITOS.....	81
5.3. RESULTADO DEL DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES	82
5.4. RESULTADO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	82
5.5. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN FÍSICA.....	83
5.6. RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.....	83
6. CONCLUSIONES	84
7. RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
APÉNDICE	92
ANEXOS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema puesta a tierra.....	25
Figura 2. Código de colores.....	27
Figura 3. Fachada de la vivienda intervenida	38
Figura 4. Estado inicial de la vivienda - vista interior	39
Figura 5. Estado inicial - pasillo y áreas internas.....	40
Figura 6. Estado inicial - cocina y áreas de servicio	40
Figura 7. Estado inicial - habitación principal.....	41
Figura 8. Deficiencias identificadas en la instalación eléctrica existente de la vivienda	42
Figura 9. Registro de visita técnica a la vivienda	42
Figura 10. Diagrama unifilar del tablero de distribución	53
Figura 11. Planta arquitectónica con distribución eléctrica	54
Figura 12. Acometida aérea y detalle del sistema de puesta a tierra.....	55
Figura 13. Plano eléctrico residencial implementado en la vivienda beneficiaria ...	56
Figura 14. Materiales del sistema de puesta a tierra	57
Figura 15. Excavación e hincado de varilla de puesta a tierra	58
Figura 16. Acondicionamiento del sistema de puesta a tierra.....	59
Figura 17. Medidor monofásico instalado en fachada.....	60
Figura 18. Caja del totalizador con interruptor principal.....	61
Figura 19. Verificación del medidor con la operadora de red.....	62
Figura 20. Tablero de distribución de 8 circuitos - vista interior	63
Figura 21. Tablero de distribución empotrado en pared	63
Figura 22. Tablero principal montado y conectado	64
Figura 23. Regatas en pared para canalización empotrada.....	65
Figura 24. Tubería conduit PVC empotrada en pared	66
Figura 25. Llegada de tuberías al tablero principal	66

Figura 26. Tubería aérea entre cocina y sala.....	67
Figura 27. Tubería aérea de alimentador 3/4"	67
Figura 28. Resane y acabado de canalización	68
Figura 29. Caja de paso y derivación de conductores	69
Figura 30. Conductores Centelsa THHN/THWN utilizados	70
Figura 31. Empalmes con conector tipo capuchón	71
Figura 32. Instalación de conductores y protecciones eléctricas	72
Figura 33. Caja de derivación con empalmes terminados	72
Figura 34. Cables de fase, neutro y tierra en punto de salida.....	73
Figura 35. Salidas para tomacorriente preparadas	73
Figura 36. Tomacorriente e interruptor instalados	74
Figura 37. Tomacorriente GFCI instalado en zona húmeda	75
Figura 38. Plafón LED y tomacorriente instalados	76
Figura 39. Verificación del sistema de iluminación	79
Figura 40. Encendido final de luminarias	79
Figura 41. Beneficiaria de la vivienda intervenida durante el cierre del proyecto...	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Carga instalada del sistema de iluminación	44
Tabla 2. Carga instalada de tomacorrientes especiales.....	44
Tabla 3. Carga instalada de tomacorrientes generales.....	45
Tabla 4. Resumen de carga instalada total de la vivienda.....	46
Tabla 5. Estimación de la demanda eléctrica según NTC 2050.....	46
Tabla 6. Cuadro de circuitos del tablero de distribución.....	49
Tabla 7. Selección de conductores eléctricos por circuito	50
Tabla 8. Selección de protecciones contra sobrecorriente.....	51
Tabla 9. Pruebas de verificación realizadas al sistema eléctrico	77

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo diseñar e implementar el sistema eléctrico residencial de una vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Minas del Paraíso, en la ciudad de Barrancabermeja, cumpliendo con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050.

La metodología desarrollada inicio con el levantamiento de información en campo de la vivienda, incluyendo inventario de cargas, identificación de puntos eléctricos y registro fotográfico. Posteriormente se realizó el cálculo de la carga instalada total, que asciende a 4.469 W, y la estimación de la demanda eléctrica aplicando los factores establecidos por la NTC 2050, obteniendo una demanda de 3.514 VA equivalente a 29,3 A en sistema monofásico de 120 V. Con base en estos resultados, se diseñó la distribución de los circuitos derivados, separando iluminación, tomacorrientes generales y cargas especiales, y se elabora el diagrama unifilar y el cuadro de circuitos del tablero de distribución de ocho posiciones.

En la fase de dimensionamiento se seleccionaron conductores de cobre THHN/THWN calibre 12 AWG para los circuitos derivados, calibre 8 AWG para el alimentador entre el medidor y el tablero, así como interruptores automáticos de 15 A y 20 A según el tipo de carga, tomacorrientes con protección por falla a tierra (GFCI) en zonas húmedas y un sistema de puesta a tierra compuesto por una varilla de cobre de 2,4 m.

Finalmente se ejecutó la implementación del sistema eléctrico, incluyendo la canalización empotrada en tubería PVC eléctrica de 1/2" para los circuitos derivados y de 3/4" para el alimentador, el cableado, la instalación del tablero, los tomacorrientes, los interruptores y las luminarias LED, así como las pruebas de

verificación de continuidad, polaridad, operación de los dispositivos GFCI y encendido del sistema.

PALABRAS CLAVE: Sistema Eléctrico Residencial, NTC 2050, Seguridad Eléctrica, Instalaciones Eléctricas, Puesta a Tierra.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas residenciales cumplen un papel fundamental en la seguridad, el funcionamiento y la calidad de vida de las personas dentro de una vivienda (Cano, 2021). Sin embargo, en muchos sectores residenciales, especialmente en barrios de estratos bajos, es común encontrar instalaciones realizadas de manera empírica, sin un diseño técnico adecuado y sin el cumplimiento de la normatividad vigente, lo que incrementa el riesgo de fallas eléctricas, sobrecargas, daños a equipos y accidentes que pueden afectar la integridad de los habitantes.

En el barrio Minas del Paraíso, ubicado en la ciudad de Barrancabermeja, se evidencian este tipo de problemáticas, donde diversas viviendas presentan deficiencias en la distribución de circuitos eléctricos, selección de conductores, protecciones y sistemas de puesta a tierra. Estas condiciones se originan principalmente por la falta de planeación, el desconocimiento de la normativa técnica y las limitaciones económicas, generando instalaciones poco seguras y con bajo nivel de confiabilidad.

Ante esta situación, el presente trabajo de grado se enfocó en el diseño e implementación de un sistema eléctrico residencial para una vivienda unifamiliar, cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050. El proyecto busca mejorar las condiciones de seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica mediante la aplicación de criterios técnicos como el cálculo de cargas, la adecuada distribución de circuitos, la correcta selección de conductores y protecciones, y el diseño de un sistema de puesta a tierra confiable.

El desarrollo del proyecto se realiza a través de un enfoque práctico, iniciando con el diagnóstico de la instalación existente, seguido del diseño técnico y la posterior implementación del sistema eléctrico propuesto. La intervención abarca desde la acometida y el medidor de energía hasta cada uno de los puntos terminales de la vivienda, considerando siete circuitos derivados activos y un circuito de reserva para futuras ampliaciones.

De esta manera, se pretende no solo solucionar una problemática real del entorno, sino también fortalecer las competencias técnicas adquiridas durante la formación académica en la Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico, aportando una solución viable y ajustada a la normatividad vigente, que pueda servir como referencia replicable para otras viviendas del sector.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el barrio Minas del Paraíso de Barrancabermeja, se presentan viviendas con instalaciones eléctricas que no cumplen con los requisitos establecidos por el RETIE y la NTC 2050, debido principalmente a limitaciones económicas y a la ausencia de un diseño eléctrico adecuado. Estas condiciones generan debilidades en la seguridad eléctrica, como sobrecargas en los circuitos, uso inadecuado de conductores, falta de protecciones y sistemas de puesta a tierra deficientes. La problemática se deriva de la realización de instalaciones eléctricas de forma empírica, sin un cálculo adecuado de cargas, sin una correcta distribución y dimensionamiento de los circuitos, y sin la documentación técnica necesaria que respalde un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico residencial. En consecuencia, aumentan las probabilidades de fallas en la instalación, deterioro o daño de los equipos conectados y la ocurrencia de incidentes eléctricos que pueden comprometer la seguridad de los habitantes. Esta situación evidencia la necesidad de diseñar e implementar un sistema eléctrico residencial adecuado, que permita mejorar la seguridad, el funcionamiento y la confiabilidad de la instalación eléctrica, considerando las condiciones reales de la vivienda y el cumplimiento de la normatividad vigente.

Dado lo anterior se establece la siguiente pregunta problema: ¿Cómo se relaciona el diseño e implementación de un sistema eléctrico residencial conforme al RETIE y la NTC 2050 con la mejora de la seguridad y el correcto funcionamiento eléctrico de una vivienda unifamiliar en el barrio Minas del Paraíso?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto se justifica por la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad y funcionamiento de las instalaciones eléctricas residenciales en viviendas de bajos recursos, donde comúnmente se presentan deficiencias técnicas que incrementan los riesgos eléctricos. El diseño e implementación de un sistema eléctrico conforme al RETIE y la NTC 2050 permite reducir estas debilidades mediante una distribución adecuada de circuitos, correcta selección de conductores y protecciones, y un sistema de puesta a tierra confiable. Este proyecto es conveniente desde el punto de vista tecnológico, ya que aplica conocimientos propios de la Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico, fortaleciendo competencias en diseño, instalación y verificación de sistemas eléctricos.

Por otro lado, económicamente, esta investigación propone una solución eficiente y ajustada a las condiciones reales de la vivienda, mejorando el uso de materiales y recursos disponibles. Socialmente, contribuye a mejorar la calidad de vida y la seguridad de los habitantes. Ambientalmente, promueve el uso eficiente de la energía eléctrica. La propuesta es viable técnica y económicamente, y es relevante para las UTS porque se articula con la línea de investigación DIANOIA, así como áreas de mantenimiento y sistemas electromecánicos, aportando una solución práctica y aplicable.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar el sistema eléctrico residencial de una vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Minas del Paraíso, mediante el cálculo de cargas, diseño de circuitos y aplicación del RETIE y la NTC 2050, con el fin de mejorar la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica durante el año 2026.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones eléctricas y las necesidades de consumo energético de la vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Minas del Paraíso.
- Determinar la carga eléctrica instalada y la demanda requerida para la vivienda, considerando los criterios técnicos establecidos por la normatividad vigente.
- Diseñar la distribución de los circuitos eléctricos residenciales de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, garantizando una adecuada operación del sistema.
- Seleccionar los conductores, protecciones eléctricas y dispositivos de seguridad necesarios para la instalación, conforme al RETIE y la NTC 2050.
- Implementar el sistema eléctrico residencial diseñado, verificando su correcto funcionamiento y contribuyendo a la mejora de la seguridad eléctrica de la vivienda.

1.4 ESTADO DEL ARTE

A Nivel Internacional

A nivel internacional, los autores Espinoza y Morales (2025) realizaron un proyecto titulado “Diseño óptimo de instalaciones eléctricas considerando cableado convencional y blindo-barras mediante decisión multicriterio con objetivos de calidad, eficiencia y costos” en Guayaquil, Ecuador. El objetivo principal fue diseñar las instalaciones eléctricas en sistemas de distribución comparando cableado convencional y blindo-barras mediante decisión multicriterio, buscando mejorar calidad y eficiencia al menor costo posible.

En cuanto a metodología, estructuraron un proceso de decisión multicriterio a través del uso de herramientas como DlgSILENT PowerFactory y análisis en MATLAB, evaluando escenarios de diseño y comparando variables como pérdidas, desviación de voltaje y costos. Como resultado, reportan que el escenario óptimo fue una combinación: blindo-barras en los primeros cinco tramos y cableado convencional en los últimos cuatro; concluyen que la selección híbrida puede mejorar simultáneamente eficiencia/calidad con viabilidad económica. Este proyecto brinda un marco claro de comparación técnica-económica y una lógica de “escenarios” adaptables al presente proyecto.

A nivel internacional, el autor García (2024) desarrolló el proyecto titulado “Proyecto de instalación de una vivienda unifamiliar con taller de mecánica” en España (repositorio de la Universidad de La Laguna). El objetivo principal fue estudiar y dimensionar una instalación de baja tensión para una vivienda unifamiliar con garaje/taller, contemplando cálculos y planos para los sistemas eléctricos (iluminación, tomas y otros servicios) e integrando además una solución de generación fotovoltaica junto con un análisis energético general.

La metodología descrita se centra en cálculos de las instalaciones de baja tensión, elaboración de planos para ejecución y desarrollo de un presupuesto integral; también se plantea un estudio de certificación energética y medidas de mejora. Como resultado, el trabajo propone el diseño (cálculos, planos, presupuesto y medidas de mejora energética) y se concluye la necesidad de documentar técnicamente la instalación para una implementación “precisa y eficiente”. Este antecedente aporta al proyecto porque plantea una estructura de levantamiento, cálculos, planos y presupuesto lo cual es necesario para demostrar cumplimiento normativo.

A nivel internacional, el autor Cano Grau (2021) realizó el trabajo titulado “Proyecto de diseño de la instalación eléctrica y domótica de una casa unifamiliar aislada” en Vacarisses (España). El objetivo principal fue diseñar la instalación eléctrica (enlace con red, puesta a tierra e instalación de consumo) bajo el REBT, y además planificar la incorporación futura de fotovoltaica y domótica, verificando que la instalación se ejecute correctamente durante la construcción de la vivienda.

Metodológicamente, el autor planteo el dimensionamiento por etapas (enlace, puesta a tierra, consumo) y el respaldo de cálculos manuales con software profesional; para iluminación. Se menciona el uso de DIALux como justificación técnica, y para sistema fotovoltaico una simulación con software especializado para revisar rentabilidad/ahorro. Como resultado, se obtiene un diseño integral con enfoque de cumplimiento normativo y eficiencia (con planificación de ejecución), concluyendo que la integración de automatización y criterios energéticos puede mejorar confort y ahorro sin perder trazabilidad técnica. Este antecedente aporta a la investigación porque muestra cómo redactar un diseño aplicando cálculo manual, verificación con software, planos y planificación, algo indispensable en la memoria de cálculo.

A Nivel Nacional

A nivel nacional, Calderón (2023) desarrolló un proyecto titulado “Análisis y adecuación de la instalación eléctrica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, sede El Algodonal, según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050” en Ocaña (Norte de Santander, Colombia). El objetivo principal fue evaluar el estado de la instalación eléctrica y definir adecuaciones para cumplir con RETIE y NTC 2050; para ello se utilizó una metodología de diagnóstico técnico basada en inspección del sistema, levantamiento de información y verificación de condiciones de seguridad y funcionamiento. Como resultado se estructuró una propuesta de adecuación soportada en criterios normativos y documentación técnica; finalmente se concluyó que una intervención guiada por norma permite reducir riesgos eléctricos, mejorar la confiabilidad y elevar el nivel de cumplimiento. Este proyecto aporta al presente trabajo porque muestra un esquema aplicable de diagnóstico, cálculos/dimensionamiento, propuesta de mejora, verificación de cumplimiento alineado con RETIE/NTC 2050.

En términos de aporte metodológico, el antecedente evidencia que el cumplimiento normativo se sustenta mejor cuando la información se organiza en entregables verificables como inventario de cargas, cuadro de circuitos, criterios de selección de protecciones y recomendaciones de adecuación. Ese enfoque es directamente transferible a una vivienda, porque permite justificar técnicamente por qué se modifican circuitos, conductores o dispositivos de protección y cómo esas decisiones mejoran la seguridad y el funcionamiento del sistema residencial.

A nivel nacional, los autores Córdoba, Cortés y Restrepo (2022) desarrollaron un proyecto titulado “Guía metodológica para la construcción de Vivienda de Interés

Prioritario Rural (VIPR) bajo los estándares de la NSR-10 Título E” en Bogotá D.C. (Colombia). El objetivo principal fue construir una guía técnica replicable para el diseño y ejecución de vivienda, integrando lineamientos normativos y especificaciones; para ello se utilizó una metodología basada en revisión normativa, estructuración de criterios de diseño y elaboración de documentación técnica (planos, especificaciones y recomendaciones). Como resultado se obtuvo una guía organizada por componentes constructivos que facilita la ejecución y control de calidad; finalmente se concluyó que la estandarización de criterios y documentación reduce errores de implementación y mejora la coherencia del proyecto. Este proyecto aporta al presente trabajo porque refuerza la necesidad de que el diseño eléctrico residencial se traduzca en documentos claros y ejecutables (memorias, planos, especificaciones y listas de materiales), lo que mejora la trazabilidad del cumplimiento (en este caso, RETIE y NTC 2050).

A nivel nacional, Lenis (2023) desarrollo un proyecto titulado “Identificación de factores y condiciones inseguras en riesgos eléctricos” en un caso aplicado en Padilla (Cauca, Colombia). El objetivo principal fue identificar condiciones inseguras asociadas al riesgo eléctrico y proponer acciones de mejora, utilizando una metodología descriptiva y observacional, apoyada en instrumentos como listas de chequeo y registro de hallazgos para caracterizar el estado de la instalación. Como resultado se consolidó un plan de mejora y un manual de apoyo orientado a reducir exposición al riesgo; finalmente se concluyó que el diagnóstico sistemático permite priorizar intervenciones y mejorar prácticas de seguridad. Este proyecto aporta al presente trabajo porque sustenta, desde un caso real, la importancia de diagnosticar riesgos, documentarlos y traducirlos en acciones concretas (protecciones, ordenamiento de circuitos, canalización y verificación), lo cual es coherente con la finalidad de seguridad del RETIE y con los criterios técnicos de la NTC 2050.

A Nivel Regional

A nivel regional, Naranjo (2023) desarrolló el proyecto titulado “Supervisión Técnica de la Instalación Eléctrica del Proyecto Country Living” en Bucaramanga, Santander. El objetivo principal estuvo orientado a ejecutar labores de supervisión técnica de la instalación eléctrica del proyecto, verificando que las actividades constructivas y de montaje cumplieran con los requerimientos técnicos y normativos aplicables. En cuanto a la metodología, el trabajo se desarrolló bajo la modalidad de práctica empresarial, mediante seguimiento técnico en obra, revisión de procesos constructivos, control de actividades de instalación y verificación del cumplimiento de especificaciones. Como resultado, el proyecto permitió consolidar procedimientos de control y supervisión para garantizar una instalación eléctrica segura y conforme a la reglamentación. Este antecedente aporta al presente estudio porque evidencia la importancia de no solo diseñar los circuitos y seleccionar materiales, sino también verificar en campo la correcta ejecución de conductores, protecciones, canalizaciones y dispositivos de seguridad dentro de una edificación residencial.

A nivel regional, Gutiérrez y Ochoa (2023) desarrollaron el proyecto titulado “Diseño y análisis de la viabilidad del suministro de energía eléctrica a la Fundación El Cielo de PAO ubicada en Bucaramanga, Santander mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico reglamentado”. El objetivo principal fue evaluar la viabilidad técnica, financiera y ambiental del suministro de energía eléctrica mediante un sistema solar fotovoltaico conectado a red, partiendo del análisis de la demanda energética y de las condiciones del lugar. En cuanto a la metodología, los autores realizaron el dimensionamiento fotovoltaico y eléctrico con base en las cargas del edificio, el recurso solar disponible, las características tecnológicas del sistema y los costos asociados; además, desarrollaron planos eléctricos, cuadros de carga y diagramas unifilares bajo la NTC 2050, el RETIE y el RETILAP. Como resultado, reportaron una TIR del 35,5 %, una reducción del 95,1 % en el costo de

la factura de energía y un ahorro energético mensual del 98,5 %, concluyendo que la instalación era técnica y financieramente viable. Este antecedente aporta al presente proyecto porque evidencia la importancia de realizar un análisis previo de cargas, elaborar planos y cuadros de carga, y diseñar la instalación conforme a la normativa vigente para garantizar seguridad y funcionalidad del sistema eléctrico.

A nivel regional, en la Universidad Industrial de Santander se desarrolló en 2024 el proyecto titulado “Diseño de la instalación del uso final del edificio Dirección Cultural”, en Bucaramanga, Santander por los autores Ramirez y Prada (2024) . El propósito principal del trabajo fue actualizar la instalación eléctrica del edificio para mejorar la seguridad y la eficiencia del sistema. En cuanto a la metodología, el proyecto consideró parámetros de diseño eléctrico para el edificio, con enfoque en el uso final de la energía y en el cumplimiento del RETIE 2024, orientando la solución hacia una prestación del servicio con mayor calidad, fiabilidad y seguridad. Como resultado, el estudio se planteó como una actualización eléctrica que permitiera optimizar las condiciones de operación del edificio y fortalecer la confiabilidad de la instalación. Este antecedente resulta pertinente para la investigación porque demuestra que, en el contexto regional, el diseño eléctrico no solo debe responder a la demanda de carga, sino también a criterios de seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo, aspectos relacionados con el diseño e implementación del sistema eléctrico residencial de una vivienda unifamiliar.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

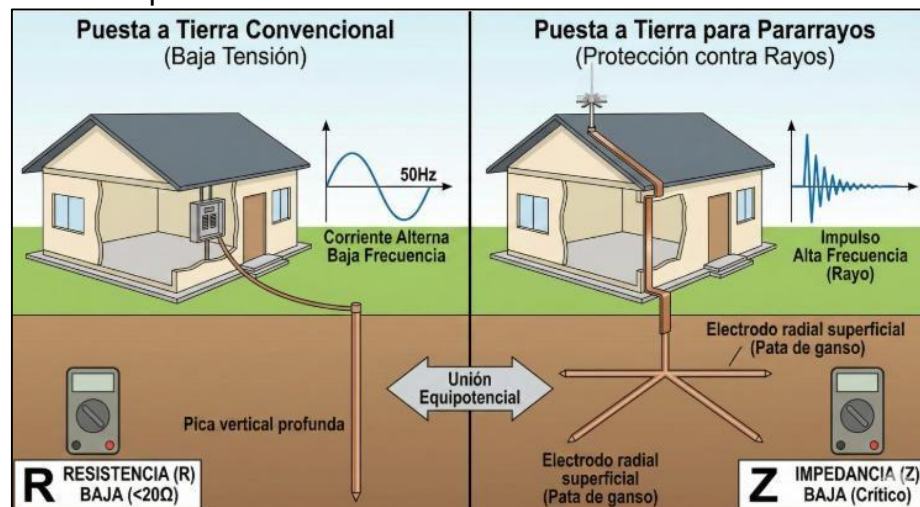
Las instalaciones eléctricas residenciales constituyen el conjunto de elementos destinados al suministro de energía eléctrica en condiciones de seguridad, continuidad y calidad para los usuarios finales. Desde el enfoque técnico, el diseño

de una instalación eléctrica debe partir del análisis de las cargas conectadas, la estimación de la demanda eléctrica y la correcta distribución de los circuitos, garantizando que los conductores, protecciones y dispositivos asociados trabajen dentro de límites seguros de operación.

2.1.1 Sistema de puesta a tierra

De acuerdo con el RETIE, toda instalación eléctrica debe estar conectada a un sistema de puesta a tierra, ya que esto limita las tensiones de contacto y garantiza el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección en caso de una falla (Minenergía, 2012).

Figura 1. Sistema puesta a tierra



Fuente: ¿Qué es una puesta a tierra y cómo funciona? Disponible en: <https://www.ingesco.com/es/noticias/que-es-una-puesta-tierra-y-como-funciona>

La NTC 2050 determina que los sistemas de puesta a tierra deben garantizar continuidad eléctrica, una capacidad de conducción apropiada y una resistencia mecánica adecuada para soportar las corrientes de falla sin sufrir deterioro (NTC 2050, art. 250). Por otra parte, la norma establece que el conductor de protección de la puesta a tierra tiene que ser identificado con verde o verde con amarillo para distinguirlo de manera clara de los conductores neutro y de fase. Esto disminuye las

equivocaciones en la conexión y mejora la seguridad de la instalación (Rivas, Olaya, & Guacaneme, 2021)

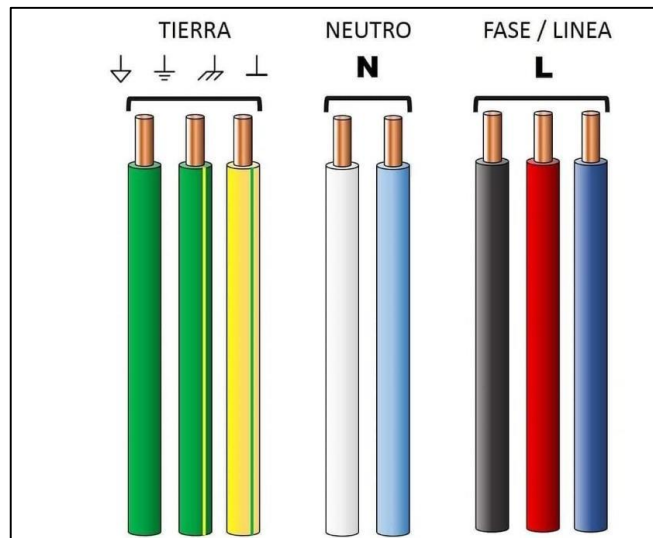
2.1.2 Tomacorrientes

Los tomacorrientes establecen los puntos de conexión entre la instalación eléctrica y los equipos de consumo, por lo cual su correcta instalación es importante, ya que garantiza la protección del sistema (Minenergía, 2012). Según la NTC 2050 los tomacorrientes deben instalarse respetando la correcta polarización: la ranura más corta corresponde al conductor de fase, la ranura más larga al conductor neutro y el terminal circular al conductor de protección (NTC 2050, art. 406). Respecto a la altura de instalación de los tomacorrientes, aunque no está establecida explícitamente en la norma, en la práctica técnica colombiana se adoptan valores cercanos a los 30 cm de altura desde el piso para tomas generales y entre 110 y 120 cm en zonas como cocinas o baños, con base en criterios de accesibilidad, funcionalidad y seguridad.

2.1.3 Código de colores

La norma RETIE decreta que todas las conexiones eléctricas deben garantizar la continuidad eléctrica, una baja resistencia de contacto y una protección adecuada contra daños mecánicos o térmicos, previniendo cualquier riesgo de falla eléctrica (Minenergía, 2012). Una correcta ejecución de los empalmes es fundamental, debido a que una conexión inapropiada puede ocasionar puntos de alta resistencia, provocando caídas de tensión, sobrecalentamientos e incluso incendios.

Figura 2. Código de colores



Fuente: ¿Cuál es la diferencia entre fase, neutro y tierra?. Disponible en: <https://umakergroup.com/cual-es-la-diferencia-entre-fase-neutro-y-tierra/>

2.1.4 Cálculo de protecciones

Los cálculos de las protecciones eléctricas consisten en la selección de dispositivos adecuados para proteger conductores y equipos frente a cortocircuitos y sobrecargas, garantizando la seguridad del sistema (Segura, 2013). Conforme a la NTC 2050, los dispositivos de protección contra sobrecorrientes deben dimensionarse para proteger los conductores sin exceder su capacidad de conducción de corriente o corriente nominal (NTC 2050, art. 240.4).

2.1.5 Diagrama unifilar

Un diagrama unifilar es una representación gráfica simplificada de una instalación eléctrica. Este tipo de diagrama muestra, mediante una única línea, las conexiones entre el sistema de puesta a tierra, las cargas, los dispositivos de protección y los circuitos; este esquema exhibe la distribución de la energía eléctrica en una vivienda (INIMTEC, 2023). De acuerdo con el RETIE, todas las instalaciones deben ir acompañadas de documentación técnica, incluidos diagramas de cableado, para

evidenciar su diseño, funcionamiento y conformidad con la norma (Ministerio de Minas y Energía, 2024, pp. 34-36).

2.1.6 Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad en los sistemas eléctricos son un conjunto de medidas establecidas para prevenir riesgos de contacto eléctrico directo e indirecto, especialmente en áreas accesibles para personas y vehículos (ESSA, 2023). Estas distancias garantizan que los conductores energizados se mantengan a una distancia segura de estructuras, edificios y zonas de tránsito.

2.1.7 Acometida principal

En instalaciones eléctricas residenciales, con respecto a la altura de la acometida principal se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad establecidas por el RETIE, las cuales se determinan de acuerdo con el tipo de zona donde se instalen los conductores (Gutierrez & Ochoa, 2023). En las instalaciones de baja tensión, estas distancias son de alrededor de 3,5 metros de altura para áreas peatonales y 5 metros de altura para áreas de tránsito vehicular, con el fin de evitar contactos accidentales y asegurar condiciones confiables de operación (Ministerio de Minas y Energía, 2024, pp. 13-14).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del proyecto se identifican y definen conceptos relacionados con las instalaciones eléctricas residenciales, los cuales permiten una comprensión del alcance técnico del trabajo. Entre estos conceptos se encuentran los siguientes.

2.2.1 Acometida. conjunto de conductores y elementos que van desde el punto de conexión con la red de distribución hasta el equipo de medida del usuario (Calderón, 2023).

2.2.2 Caída de tensión. pérdida de potencial eléctrico a lo largo de un conductor debido a su resistencia, que debe limitarse al 3 % en circuitos derivados y al 5 % en el conjunto alimentador-derivado, según la NTC 2050 (Rivas, Olaya, & Guacaneme, 2021).

2.2.3 Carga eléctrica. potencia requerida por los equipos eléctricos conectados a una instalación, expresada en vatios (W) o voltio-amperios (VA) (Ramirez & Prada, 2024).

2.2.4 Circuito derivado. circuito que se extiende desde el tablero de distribución hasta los puntos de consumo, protegido por su propio dispositivo de sobrecorriente.

2.2.5 Demanda eléctrica. potencia máxima probable que puede presentarse simultáneamente en una instalación, calculada aplicando factores de demanda a la carga instalada (Naranjo, 2023).

2.2.6 Dispositivo de protección. elemento destinado a interrumpir el suministro eléctrico ante condiciones anormales como sobrecargas o cortocircuitos, tales como interruptores automáticos termomagnéticos (RETIE, 2024).

2.2.7 Instalación eléctrica residencial. conjunto de circuitos, conductores, dispositivos de protección y equipos destinados a suministrar energía eléctrica en una vivienda (Córdoba, Gutemberg, & Restrepo, 2022).

2.2.8 Sistema de puesta a tierra (SPT). conjunto de elementos que permiten la conexión de partes metálicas no energizadas a tierra para garantizar la seguridad eléctrica y la operación de las protecciones (Rivas, Olaya, & Guacaneme, 2021).

2.2.9 Tomacorriente GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter). tomacorriente con interruptor por falla a tierra, dispositivo que detecta corrientes de fuga a tierra y desconecta el circuito en milisegundos para evitar electrocuciones (Segura, 2013).

2.3 MARCO LEGAL

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas para la protección de las personas, los animales domésticos y los bienes frente a los riesgos derivados del uso de la energía eléctrica (RETIE, 2024).

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 adopta el Código Eléctrico Colombiano y define los criterios técnicos para el diseño, dimensionamiento y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión. Estas normas son de obligatorio cumplimiento y constituyen el principal soporte legal para el diseño e implementación del sistema eléctrico residencial desarrollado en este proyecto (NTC, 2024).

El RETIE es la norma técnica obligatoria en Colombia para todas las instalaciones eléctricas, expedida por el Ministerio de Minas y Energía. Este reglamento establece los requisitos técnicos mínimos que debe cumplir toda instalación eléctrica en el país. La norma establece diseñar, construir y verificar las instalaciones conforme a requisitos de seguridad que incluyen la selección de los materiales, las distancias de seguridad, las protecciones eléctricas y un sistema de puesta a tierra. De igual forma, el RETIE menciona que todo proyecto eléctrico debe estar revisado y certificado por un profesional y que el no cumplir esta norma prohíbe la conexión al sistema eléctrico (RETIE, 2024).

Por su parte, la Ley 842 de 2003, vigente en Colombia, regula el ejercicio de la ingeniería y establece que para ejercer legalmente es obligatorio contar con matrícula profesional. Esta ley dispone que todas las actividades relacionadas con el diseño, dirección y supervisión de obras de ingeniería deben ser realizadas por profesionales habilitados (Alcaldía de Bogotá, 2003).

2.4. MARCO AMBIENTAL

Desde el enfoque ambiental, el proyecto se desarrolla considerando los principios de uso eficiente de la energía eléctrica y la minimización del impacto ambiental asociado a la intervención de la vivienda. La correcta distribución de circuitos, la selección de conductores y el uso de luminarias eficientes contribuyen a la reducción del consumo energético y al uso racional de los recursos (UNGRD, 2022).

La ejecución del proyecto no genera afectaciones sobre recursos naturales como el aire, el agua, el suelo o la biodiversidad, ya que las actividades se limitan a la intervención interna de la vivienda.

La incorporación de luminarias LED dentro del diseño contribuye a la reducción del consumo energético frente a tecnologías tradicionales como las lámparas incandescentes, generando menor demanda sobre el sistema interconectado nacional y reduciendo indirectamente las emisiones asociadas a la generación eléctrica (ALGSA, 2024). Asimismo, la correcta selección de calibres de conductores reduce las pérdidas por efecto Joule, lo cual también constituye una medida de eficiencia energética.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El presente proyecto se desarrolla bajo una metodología estructurada que permite cumplir de manera los objetivos planteados, garantizando criterios técnicos y aplicabilidad práctica. Al tratarse de un proyecto de intervención técnica, la metodología se orienta al diagnóstico, diseño e implementación de una solución técnica conforme a la normativa eléctrica vigente.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se enmarca en una investigación de tipo descriptiva con componente aplicado. Es descriptiva porque se realiza un diagnóstico del estado de la vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Minas del Paraíso, identificando las áreas donde se desarrollará el sistema eléctrico, las necesidades de consumo de los habitantes y las condiciones del entorno. Este diagnóstico permite describir las condiciones actuales del inmueble y servir como insumo para el diseño técnico del sistema.

El componente aplicado se evidencia en que el proyecto no se limita únicamente al análisis de la problemática, sino que diseña e implementa una solución técnica real, materializada en una instalación eléctrica funcional, conectada a la red de la operadora local y conforme al RETIE y la NTC 2050.

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque del proyecto es cuantitativo, debido a que se fundamenta en el uso de datos numéricos y cálculos técnicos, tales como carga instalada, demanda eléctrica, selección de calibres de conductores, capacidad de protecciones y verificación de parámetros eléctricos. Estos datos permiten sustentar objetivamente el diseño del sistema eléctrico y validar el cumplimiento de la normativa técnica.

Sin embargo, de manera complementaria, se incorpora un componente cualitativo, relacionado con la observación directa de las condiciones de la vivienda, los hábitos

de uso de la energía eléctrica por parte de los habitantes y la identificación de aspectos de seguridad desde el punto de vista de la operación cotidiana del sistema.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se emplean los siguientes métodos de investigación. El método de observación se utiliza durante el levantamiento en campo de la vivienda, mediante inspección visual, registro fotográfico y verificación del estado de los espacios y elementos constructivos.

El método inductivo se aplica al analizar la información recopilada en campo, lo que permite identificar necesidades técnicas y características particulares de la vivienda a partir de situaciones específicas observadas. El método analítico se emplea en el estudio de la normativa RETIE y NTC 2050, así como en el análisis de los resultados obtenidos en los cálculos eléctricos y pruebas de verificación del sistema. Estos métodos permiten estructurar una solución técnica coherente con la situación identificada y validada mediante criterios normativos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Estas técnicas permiten obtener información precisa y confiable para el desarrollo del diseño eléctrico residencial. Las técnicas e instrumentos aplicados son los siguientes.

- Inspección técnica en campo, para evaluar las condiciones físicas de la vivienda y definir la ubicación de los puntos eléctricos.
- Registro fotográfico, como evidencia del antes, durante y después de la intervención.
- Inventario de cargas eléctricas, donde se recopila información sobre equipos, luminarias y tomacorrientes por ambiente.
- Listas de chequeo, basadas en los requerimientos del RETIE y la NTC 2050, para verificar el cumplimiento normativo en cada etapa.

- Tablas de cálculo eléctrico, utilizadas para determinar carga instalada, demanda, selección de conductores y protecciones.
- Plano eléctrico a mano alzada, elaborado a partir de las dimensiones reales de la vivienda y la distribución de espacios, sobre el cual se traza el diagrama unifilar y el cuadro de circuitos.

3.5. PROCEDIMIENTO Y FASES DE DESARROLLO

La metodología del proyecto se estructura en cinco fases, las cuales se articulan de manera secuencial y coherente con el plan de actividades propuesto.

3.5.1. Fase 1. Revisión bibliográfica y levantamiento de información en campo

- Estudio del RETIE y la NTC 2050 como soporte teórico y normativo para el desarrollo del proyecto.
- Levantamiento en campo de la vivienda, evaluando la distribución de espacios, ubicación prevista del tablero, recorridos de canalización y puntos eléctricos requeridos.
- Registro fotográfico del estado inicial de la vivienda.
- Inventario de cargas por ambiente y análisis de hábitos de uso (iluminación, tomacorrientes y equipos especiales).

3.5.2. Fase 2. Análisis de cargas y estimación de demanda eléctrica

Con base en la información recolectada en la fase anterior, se desarrolla el análisis eléctrico de la vivienda, el cual incluye:

- Cálculo de la carga instalada total y por circuito mediante tablas de cargas.
- Estimación de la demanda máxima aplicando los factores de demanda establecidos por la normativa técnica.

Los resultados de esta fase permiten determinar la capacidad requerida del sistema eléctrico residencial y servir de insumo para el diseño de circuitos y protecciones.

3.5.3. Fase 3. Diseño de circuitos y elaboración de diagramas

En esta fase se estructura el diseño técnico del sistema eléctrico residencial, desarrollando las siguientes actividades:

- Definición y agrupación de los circuitos eléctricos de iluminación, tomacorrientes generales y cargas especiales.
- Elaboración del diagrama unifilar del sistema eléctrico.
- Elaboración del cuadro de circuitos del tablero de distribución.

Esta fase permite establecer una distribución ordenada y segura de los circuitos, acorde con la demanda eléctrica de la vivienda y el cumplimiento del RETIE y la NTC 2050.

3.5.4. Fase 4. Dimensionamiento y selección de componentes eléctricos

Una vez definido el diseño de circuitos, se procede al dimensionamiento técnico del sistema, desarrollando:

- Dimensionamiento de conductores eléctricos y canalizaciones, considerando criterios de ampacidad y caída de tensión.
- Selección de dispositivos de protección eléctrica.
- Especificación del sistema de puesta a tierra conforme a la normativa vigente.

Esta fase garantiza que todos los componentes del sistema eléctrico sean técnicamente adecuados y seguros para su implementación.

3.5.5. Fase 5. Ejecución, verificación y entrega del sistema eléctrico

La última fase corresponde a la ejecución práctica del proyecto y su validación, incluyendo:

- Ejecución del montaje de la instalación eléctrica conforme a los planos, diagramas y lista de materiales.

- Registro de actividades mediante bitácora y evidencias fotográficas del proceso.
- Realización de pruebas de verificación y funcionamiento del sistema eléctrico.
- Entrega final del sistema implementado.

Esta fase permite corroborar que la instalación eléctrica cumple con el diseño propuesto y con los requisitos de seguridad y funcionamiento establecidos por la normativa técnica.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

El desarrollo del presente trabajo de grado permitió dar cumplimiento progresivo a los objetivos planteados, integrando actividades de diagnóstico, análisis, diseño, implementación y verificación del sistema eléctrico residencial conforme a la normativa vigente.

La metodología aplicada corresponde a un proyecto de intervención técnica, donde se parte del análisis del estado actual de la vivienda y se culmina con la ejecución y validación de la solución propuesta en una vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Minas del Paraíso del municipio de Barrancabermeja. La intervención abarca un aparta-estudio independiente al interior del lote, sobre el cual se realiza el diseño completo del sistema eléctrico, desde la acometida desde la red de baja tensión de la operadora ESSA hasta cada uno de los puntos terminales de uso final.

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXISTENTE

En esta fase inicial se desarrollaron las actividades orientadas a consolidar el fundamento técnico y normativo del proyecto, así como a conocer el estado real de la vivienda intervenida y planear el recorrido de la instalación eléctrica a implementar. Se realizó la revisión bibliográfica del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE 2024), la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y documentación técnica relacionada con el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas residenciales. Esta revisión permitió establecer los criterios que guiarían el diseño y la intervención del sistema eléctrico.

Posteriormente, se realizó el levantamiento de información en campo mediante una inspección visual detallada del aparta-estudio de la vivienda, evaluando las áreas donde se instalarían el tablero de distribución, los circuitos eléctricos, las canalizaciones y los diferentes puntos eléctricos. Durante esta actividad se efectuó un registro fotográfico del estado inicial del predio, el cual sirvió como soporte para

la elaboración de un plano a mano alzada que permitió ubicar de manera general la distribución del sistema eléctrico y establecer una guía técnica para respaldar el diseño.

Figura 3. Fachada de la vivienda intervenida



Fuente: Elaboración propia

La fachada del inmueble se observa en la Figura 3. Se trata de una vivienda de un solo nivel, con portón corredizo en lámina blanca, cubierta sobre estructura metálica con teja ondulada, fachada con friso, pintura blanca y zócalo en color púrpura. Sobre la pared frontal se localiza el sitio previsto para el medidor monofásico y la caja del totalizador, ubicados a una altura segura y de fácil lectura para el operario de la empresa de energía.

Figura 4. Estado inicial de la vivienda - vista interior



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se aprecia el interior de la vivienda en su estado inicial: paredes en bloque de concreto y ladrillo a la vista en la zona alta, cubierta con tejas de fibrocemento sobre estructura de correas metálicas, sin acabados de pintura ni revoque en algunas zonas y, lo más importante para efectos de este proyecto, sin instalación eléctrica activa. Esta situación permitió ejecutar la intervención sin necesidad de demolición previa de instalaciones existentes y aprovechar la estructura sin acabar para realizar las regatas necesarias para el cableado empotrado.

Figura 5. Estado inicial - pasillo y áreas internas



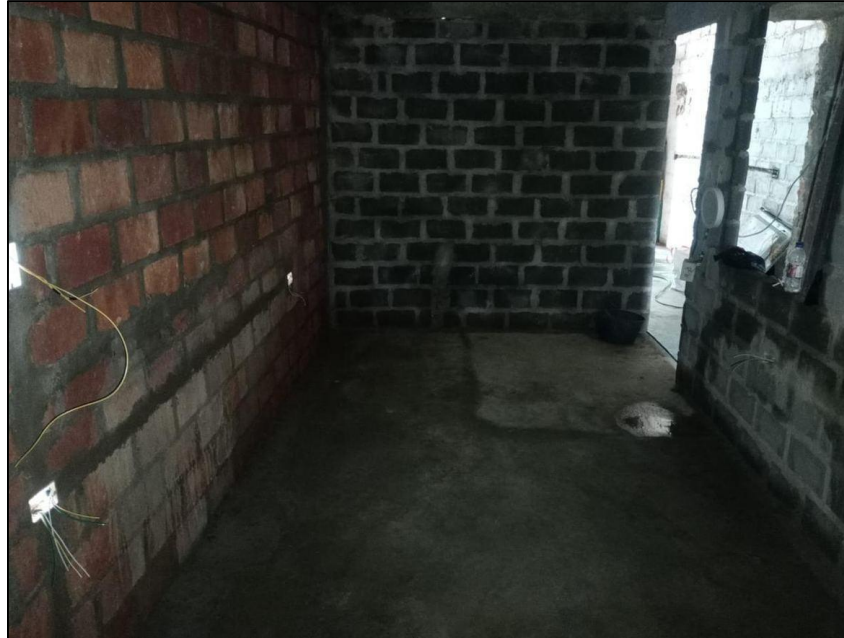
Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Estado inicial - cocina y áreas de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Estado inicial - habitación principal



Fuente: Elaboración propia

Las Figuras 5, 6 y 7 muestran las distintas zonas internas del aparta-estudio antes de la intervención: el pasillo central de circulación, el área prevista para cocina con su lavadero pre-construido y la habitación principal con cables provisionales saliendo de algunas regatas iniciales. La inspección permitió confirmar que la edificación contaba con las adecuaciones civiles básicas (paredes terminadas, cubierta instalada, contrapiso fundido) requeridas para iniciar la canalización empotrada.

La Figura 8 presenta algunas de las principales deficiencias encontradas durante la inspección inicial de la vivienda. Entre ellas se evidencian un tablero eléctrico deteriorado y sin condiciones adecuadas de protección, conductores expuestos en contacto con el suelo, canalizaciones improvisadas y puntos eléctricos instalados sin la debida protección mecánica.

Figura 8. Deficiencias identificadas en la instalación eléctrica existente de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Estas condiciones representan riesgos de contacto eléctrico, cortocircuito e incumplimiento de los requisitos de seguridad establecidos en el RETIE y la NTC 2050, justificando la necesidad de realizar la intervención y modernización del sistema eléctrico residencial. La Figura 9 evidencia la visita inicial realizada a la vivienda del barrio Minas del Paraíso, actividad en la cual se reconocieron las condiciones generales del inmueble y se verificaron los espacios donde posteriormente se desarrollaría la intervención eléctrica. Este registro respalda el trabajo de campo efectuado antes de la ejecución del proyecto.

Figura 9. Registro de visita técnica a la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se elaboró un inventario de elementos eléctricos por ambiente, identificando la ubicación prevista para luminarias, tomacorrientes, tomas especiales y puntos de comunicación (televisión). Asimismo, se analizaron los hábitos de uso de la energía eléctrica por parte de los habitantes de la vivienda, información que permitió identificar el patrón de consumo eléctrico esperado y apoyar el cálculo de cargas y el diseño de los circuitos. Los espacios identificados son: sala-comedor, cocina (con lavaplatos integrado), habitación principal, baño, lavadero y un pasillo de circulación.

4.2. INVENTARIO DE CARGAS Y ANÁLISIS DE DEMANDA

Con base en la información recopilada durante el diagnóstico y el levantamiento de información en campo, se procedió al análisis eléctrico de la vivienda con el fin de determinar la carga instalada y estimar la demanda eléctrica del sistema residencial.

4.2.1. Clasificación de las cargas eléctricas

Inicialmente, se identificaron y clasificaron las cargas eléctricas previstas para la vivienda, diferenciándolas en tres grupos principales conforme a la Norma Técnica Colombiana NTC 2050: sistema de iluminación, tomacorrientes generales y tomacorrientes especiales o cargas dedicadas. Esta clasificación permitió organizar los cálculos y aplicar criterios normativos específicos para cada tipo de carga.

4.2.2. Cálculo de la carga instalada del sistema de iluminación

Se realizó el cálculo de la carga instalada del sistema de iluminación considerando la potencia nominal de las luminarias previstas para la vivienda. Para ello, se tuvo en cuenta la cantidad de lámparas LED y el plafón con bombillo, obteniendo una carga total de iluminación de 149 W, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Carga instalada del sistema de iluminación

Tipo de luminaria	Cant	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)
Lámpara LED de techo	7	18	126
Plafón con bombillo LED (exterior)	1	23	23
TOTAL ILUMINACIÓN	8	—	149

Fuente: Elaboración propia. Con base en los datos de potencia nominal de las luminarias LED instaladas en la vivienda.

4.2.3. Cálculo de la carga instalada de tomacorrientes especiales

Posteriormente, se calcularon las cargas correspondientes a los tomacorrientes especiales, los cuales alimentan equipos de uso dedicado como el aire acondicionado, la nevera, la lavadora y la licuadora de cocina. Estas cargas se determinaron a partir de la potencia nominal típica de cada equipo, resultando en una carga total de tomacorrientes especiales de 2.700 W, según se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Carga instalada de tomacorrientes especiales

Equipo	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)
Aire acondicionado	1	1.200	1.200
Nevera	1	400	400
Lavandería (lavadora)	1	700	700
Licuadora (cocina)	1	400	400
TOTAL CARGAS ESPECIALES	4	—	2.700

Fuente: Elaboración propia. Potencias nominales tomadas de las placas de los equipos previstos por los habitantes de la vivienda.

4.2.4. Cálculo de la carga instalada de tomacorrientes generales

Los equipos de uso común, tales como televisores, ventiladores, dispositivo WiFi, equipos de sonido y demás dispositivos electrónicos de menor potencia, fueron considerados dentro del grupo de tomacorrientes generales. De acuerdo con los criterios establecidos en la NTC 2050, estos tomacorrientes se calcularon asignando una carga unitaria de diseño de 180 VA por punto. Considerando un total de nueve (9) tomacorrientes generales distribuidos entre la sala y la habitación principal, se obtuvo una carga instalada de 1.620 VA, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Carga instalada de tomacorrientes generales

Tipo de carga	Cantidad	Carga unitaria (VA)	Carga total (VA)
Tomacorrientes generales (sala C1)	4	180	720
Tomacorrientes generales (cuarto C6)	4	180	720
Tomacorriente general adicional (frente)	1	180	180
TOTAL CARGAS GENERALES	9	—	1.620

Fuente: Elaboración propia. Con base en NTC 2050, art. 220.14.

4.2.5. Consolidación de la carga instalada total

Una vez calculada la carga correspondiente a cada tipo de uso, se procedió a consolidar los valores obtenidos, determinando una carga instalada total de la vivienda de 4.469 W, la cual se resume en la Tabla 4. Este valor representa la suma de todas las cargas eléctricas potenciales de la instalación.

Tabla 4. Resumen de carga instalada total de la vivienda

Tipo de carga	Potencia total (W)
Iluminación	149
Tomacorrientes especiales	2.700
Tomacorrientes generales	1.620
CARGA INSTALADA TOTAL	4.469

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Estimación de la demanda eléctrica

Finalmente, a partir de la carga instalada total, se realizó la estimación de la demanda eléctrica aplicando los factores de demanda establecidos por la normativa técnica vigente. De acuerdo con la NTC 2050, art. 220.42, para viviendas unifamiliares se aplica un factor del 100 % a los primeros 3.000 VA y un factor del 35 % al excedente, considerando criterios de simultaneidad y hábitos reales de uso de la energía eléctrica. La aplicación de estos factores a la carga instalada total de la vivienda se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Estimación de la demanda eléctrica según NTC 2050

Concepto	Valor
Carga instalada total	4.469 VA
Primeros 3.000 VA × 100 %	3.000 VA
Excedente (4.469 – 3.000) × 35 %	514 VA
DEMANDA MÁXIMA ESTIMADA	3.514 VA
Tensión nominal del sistema	120 V (monofásico)
Corriente de demanda $I = D/V$	29,3 A

Fuente: Elaboración propia. Con base en NTC 2050, art. 220.42 (cargas de alumbrado y receptáculos generales en unidades de vivienda).

Este proceso permitió determinar la potencia máxima probable requerida por el sistema eléctrico residencial, equivalente a 3.514 VA y a una corriente de 29,3 A en sistema monofásico de 120 V, constituyendo la base para el diseño de los circuitos derivados, el dimensionamiento de la acometida y del alimentador desde el medidor hasta el tablero, y la selección del interruptor totalizador.

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL

En esta fase se desarrolló el diseño técnico del sistema eléctrico residencial, partiendo de los resultados del análisis de carga y demanda. Se realizó la definición y agrupación de los circuitos eléctricos, separando adecuadamente los circuitos de iluminación, tomacorrientes generales y cargas especiales, con el fin de mejorar la organización, el balanceo de cargas y la seguridad de la instalación.

Como criterio de diseño se decidió disponer un tablero de distribución de ocho posiciones, en el cual se utilizan siete circuitos para alimentar todas las cargas previstas y se deja un octavo circuito de reserva, con el propósito de habilitar futuras ampliaciones de la vivienda hacia el solar posterior. Cada circuito derivado fue dimensionado de manera independiente, con su propio dispositivo de protección, conductores adecuados y, en los casos previstos por la norma, protección complementaria mediante tomacorrientes con interruptor por falla a tierra (GFCI).

4.3.1. Distribución de circuitos derivados

La distribución de los siete circuitos activos del tablero quedó definida de la siguiente manera:

- Circuito 1 (C1) - Sala. Alimenta los tomacorrientes generales de la sala-comedor, ubicados a 1,40 m y a 0,30 m del piso, así como un toma adicional al frente de la vivienda alimentado por canalización subterránea, previsto para conexión de equipos varios.

- Circuito 2 (C2) - Nevera. Circuito dedicado para el tomacorriente de la nevera, ubicado en la cocina. Por tratarse de zona con humedad y para protección del usuario, se instaló un tomacorriente tipo GFCI según NTC 2050, art. 210.8.
- Circuito 3 (C3) - Cocina (licuadora). Circuito dedicado para el tomacorriente de pequeños electrodomésticos en la cocina, también con tomacorriente GFCI por estar localizado a menos de 1,80 m del lavaplatos.
- Circuito 4 (C4) - Iluminación. Circuito que alimenta la totalidad de las luminarias LED de la vivienda, sus interruptores asociados y el ventilador de techo de la habitación principal, junto con el plafón LED del baño y el plafón empotrado de la entrada.
- Circuito 5 (C5) - Aire acondicionado. Circuito especial dedicado para el equipo de aire acondicionado, ejecutado con tubería continua y mínimas curvas para facilitar el cambio del conductor en caso de mantenimiento futuro.
- Circuito 6 (C6) - Habitación. Alimenta los tomacorrientes generales de la habitación principal, incluyendo el toma de televisión a 1,40 m y los tomas a 0,30 m bajo la ventana, así como un toma subterráneo en la zona opuesta del cuarto.
- Circuito 7 (C7) - Lavandería. Circuito dedicado para el tomacorriente de la lavadora, ubicado en el lavadero, ejecutado de manera directa con la mínima cantidad de curvas, con protección GFCI por humedad.
- Circuito 8 (C8) - Reserva. Circuito disponible en el tablero para una futura ampliación, dejando previsto el espacio del breaker y la posibilidad de adicionar conductores y canalización sin intervenir el resto de la instalación.

4.3.2. Cuadro de circuitos del tablero de distribución

El cuadro de circuitos consolida la información técnica de cada circuito derivado, incluyendo su denominación, tipo de carga, potencia conectada, calibre de conductor y capacidad de la protección, como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Cuadro de circuitos del tablero de distribución

Circ.	Descripción	Tipo	Potencia (W/VA)	Conductor	Protección
C1	Sala - tomacorrientes	General	900 VA	#12 AWG Cu	1 P × 15 A
C2	Nevera	Especial	400 W	#12 AWG Cu	1 P × 15 A + GFCI
C3	Cocina - licuadora	Especial	400 W	#12 AWG Cu	1 P × 15 A + GFCI
C4	Iluminación general	Iluminación	149 W + ventilador 70 W	#12 AWG Cu	1 P × 15 A
C5	Aire acondicionado	Especial	1.200 W	#12 AWG Cu	1 P × 20 A
C6	Habitación - tomacorrientes	General	720 VA	#12 AWG Cu	1 P × 15 A
C7	Lavandería	Especial	700 W	#12 AWG Cu	1 P × 15 A + GFCI
C8	Reserva (futura ampliación)	—	—	—	—

Fuente: Elaboración propia. El alimentador desde el medidor hasta el tablero se ejecutó en cable #8 AWG Cu, en tubería PVC eléctrica de 3/4 pulgada, con totalizador 1 P por 30 A.

4.3.3. Selección de conductores

La selección de los conductores se realizó aplicando el criterio de ampacidad establecido en la NTC 2050, art. 310, considerando el tipo de instalación (canalización empotrada en tubería PVC eléctrica), el aislamiento (THHN/THWN para 90 °C en seco / 75 °C en húmedo) y la corriente nominal de cada circuito afectada por el factor del 125 % para cargas continuas. Adicionalmente se verificó el criterio de caída de tensión, manteniendo valores inferiores al 3 % en circuitos derivados y al 5 % en el conjunto alimentador-derivado, como exige la norma.

Tabla 7. Selección de conductores eléctricos por circuito

Circ.	I nominal (A)	I × 1,25 (A)	Calibre	Ampacidad (A)	Cumple
C1	7,5	9,4	#12 AWG	20	Sí
C2	3,3	4,2	#12 AWG	20	Sí
C3	3,3	4,2	#12 AWG	20	Sí
C4	1,8	2,3	#12 AWG	20	Sí
C5	10,0	12,5	#12 AWG	20	Sí
C6	6,0	7,5	#12 AWG	20	Sí
C7	5,8	7,3	#12 AWG	20	Sí
Aliment.	29,3	36,6	#8 AWG	50	Sí

Fuente: Elaboración propia. Ampacidades tomadas de la Tabla 310-16 de la NTC 2050 para conductores de cobre con aislamiento THHN/THWN.

4.3.4. Selección de protecciones contra sobrecorriente

Los dispositivos de protección se seleccionaron con base en el criterio de coordinación con los conductores: la corriente nominal del interruptor automático debe ser superior o igual a la corriente de operación corregida por el factor de carga continua, y a la vez no debe exceder la ampacidad del conductor protegido. La selección final se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Selección de protecciones contra sobrecorriente

Circ.	Carga	$I \times 1,25$ (A)	Breaker	Tipo	Cumple
C1	Sala	9,4	15 A	Termomagnético 1P	Sí
C2	Nevera	4,2	15 A	Termomagnético 1P + GFCI	Sí
C3	Cocina	4,2	15 A	Termomagnético 1P + GFCI	Sí
C4	Iluminación	2,3	15 A	Termomagnético 1P	Sí
C5	Aire acond.	12,5	20 A	Termomagnético 1P	Sí
C6	Cuarto	7,5	15 A	Termomagnético 1P	Sí
C7	Lavandería	7,3	15 A	Termomagnético 1P + GFCI	Sí
Princ.	Totalizador	36,6	30 A	Termomagnético 1P (caja medidor)	Sí

Fuente: Elaboración propia. Los tomacorrientes GFCI se instalaron como dispositivos al final del circuito y no como breaker GFCI en el tablero, según práctica técnica común en Colombia. Cumplen igualmente con el art. 210.8 de la NTC 2050.

4.3.5. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de la vivienda se diseñó conforme al RETIE 2024 y a los artículos 250 de la NTC 2050. Se especificó un electrodo de tierra tipo varilla de cobre de 5/8" de diámetro y 2,4 m de longitud, hincada verticalmente en el terreno bajo la zona del medidor, conectada al tablero de distribución mediante un conductor de cobre desnudo. Como medida para reducir la resistividad del terreno se previó

tratamiento del suelo con una mezcla de carbón vegetal, arcilla y compuesto químico mejorador de tierras (hidrosolda).

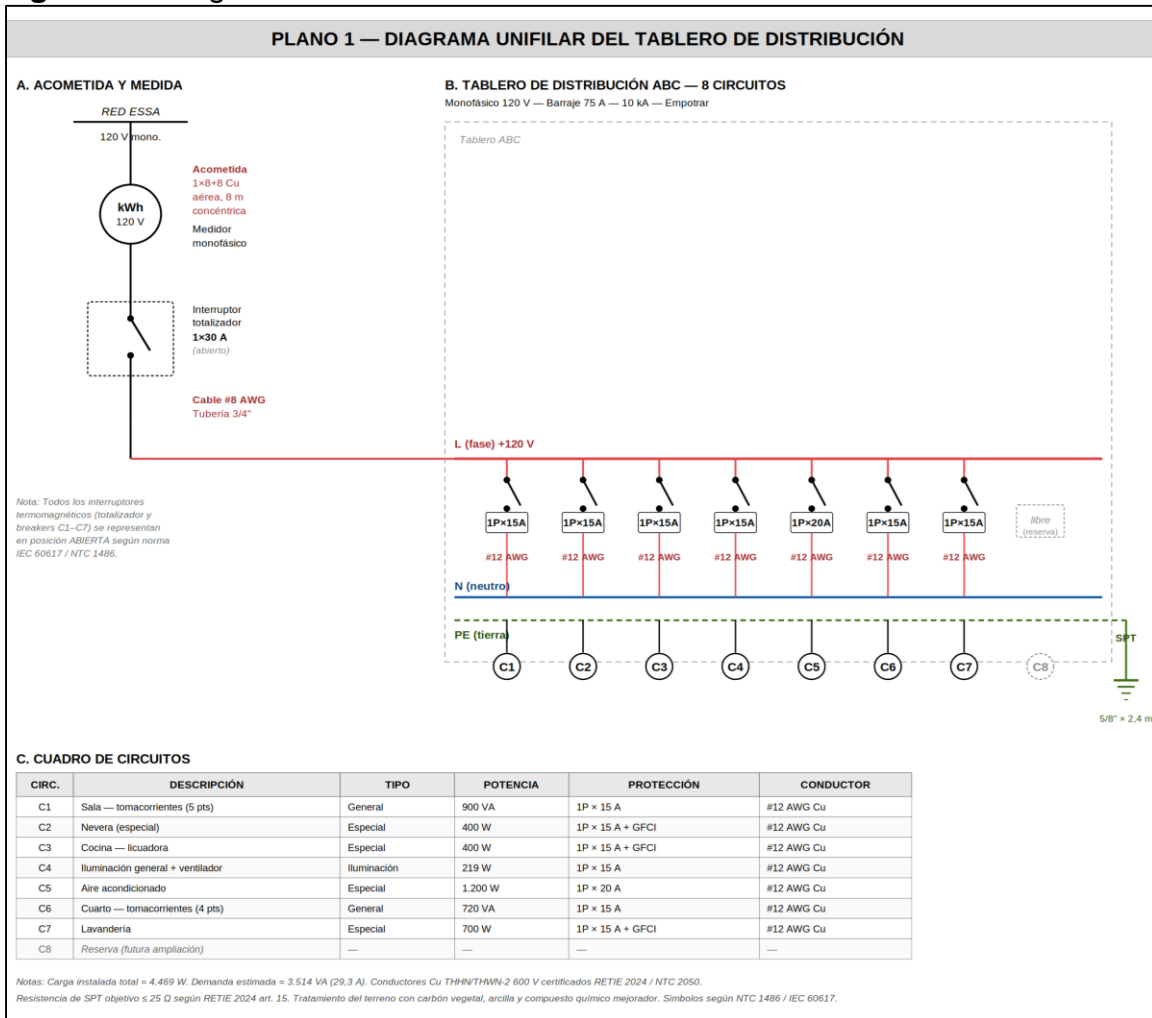
Adicionalmente, en cumplimiento del art. 250 de la NTC 2050, se especificó que cada circuito derivado contara con su conductor de protección (verde o verde con franja amarilla) del mismo calibre del conductor de fase y conectado a la barra de tierra del tablero, garantizando la equipotencialización de todas las partes metálicas no energizadas (cajas, tomas con terminal de tierra, marcos metálicos del tablero).

4.3.6. Diagrama unifilar y plano eléctrico

Como entregable principal del diseño se elaboraron tres planos eléctricos digitalizados que documentan de manera técnica el sistema implementado: el diagrama unifilar del tablero (Figura 10), la planta arquitectónica con la distribución eléctrica (Figura 11) y el detalle de acometida y sistema de puesta a tierra (Figura 12). Estos planos sustituyen al croquis a mano alzada elaborado durante la fase de diseño y constituyen la documentación gráfica formal exigible por la normativa para una instalación residencial.

El diagrama unifilar (Plano 1) representa de manera esquemática la totalidad del sistema, desde la red de la operadora ESSA hasta cada uno de los ocho circuitos del tablero, indicando los calibres de los conductores, las capacidades de las protecciones y la conexión al sistema de puesta a tierra. Adicionalmente, en la parte inferior del plano se incluye el cuadro de circuitos consolidado.

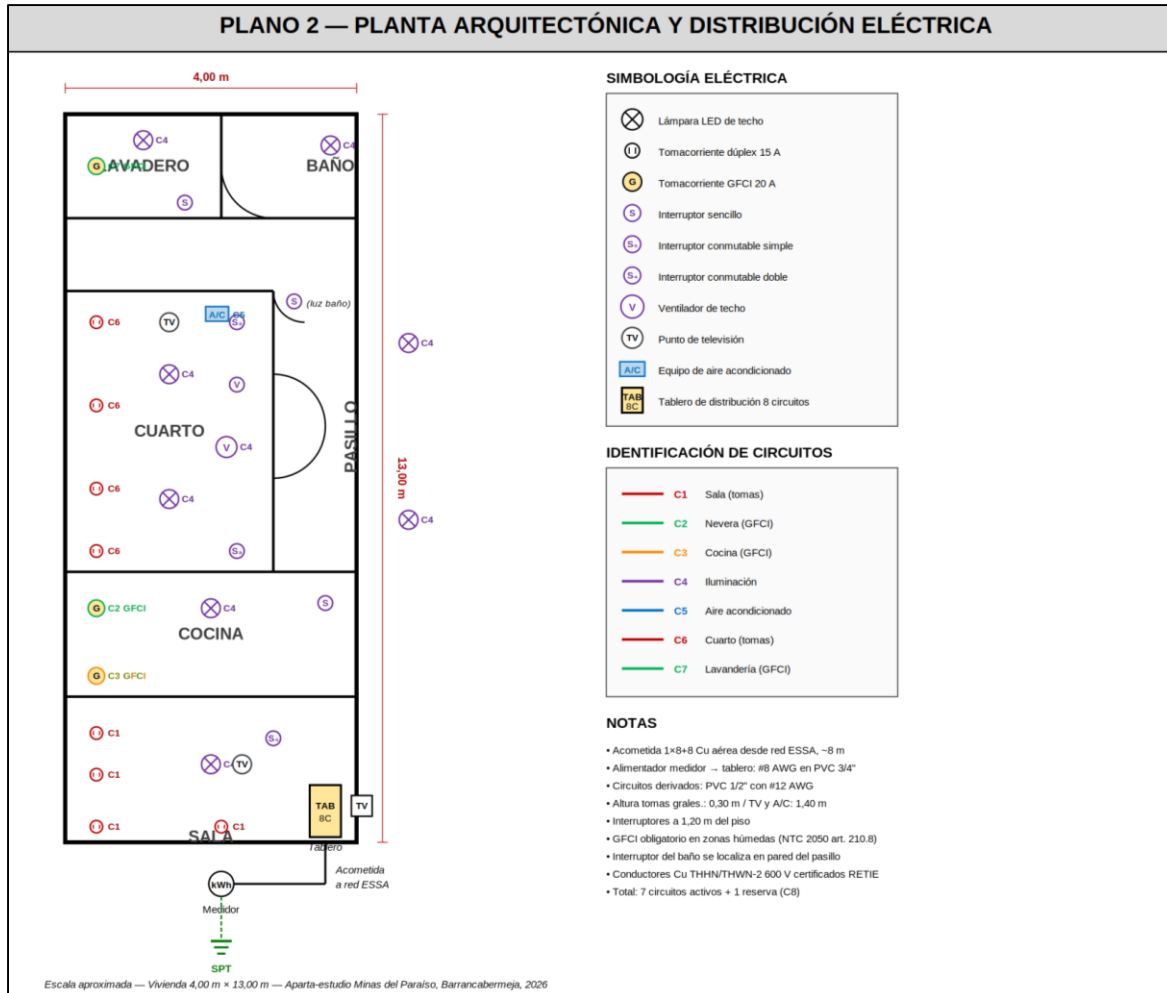
Figura 10. Diagrama unifilar del tablero de distribución



Fuente: Elaboración propia

La planta arquitectónica (Plano 2) muestra la distribución de los espacios del apartamento (sala, cocina, baño, cuarto, pasillo y lavadero) y la ubicación de la totalidad de los puntos eléctricos sobre dicha planta. Los símbolos utilizados se identifican en el cuadro de simbología, y los circuitos derivados se diferencian mediante un código de colores que facilita la lectura del recorrido eléctrico. Las cotas externas indican las dimensiones aproximadas de la vivienda (4,00 m x 13,00 m).

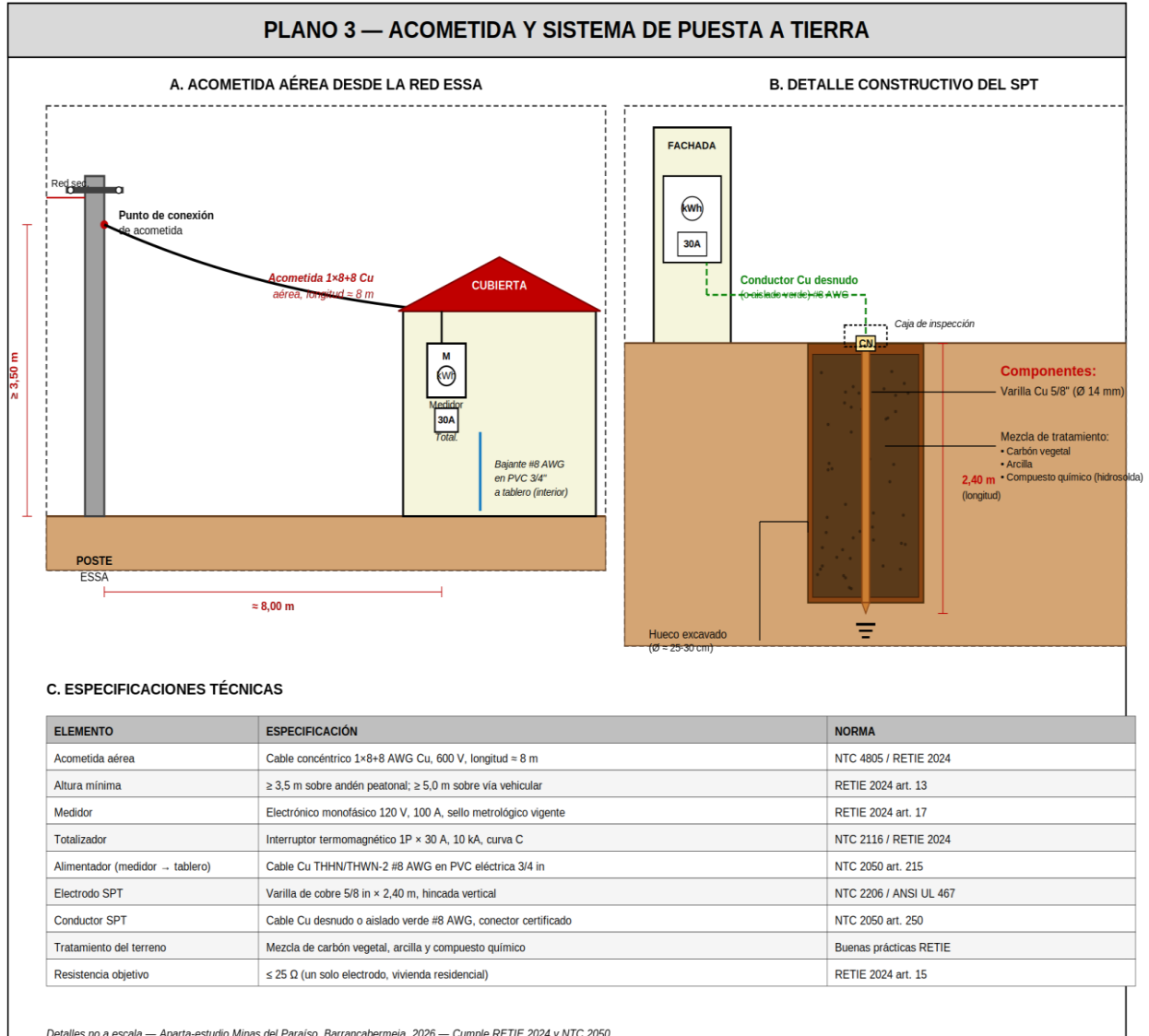
Figura 11. Planta arquitectónica con distribución eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el plano de detalle (Plano 3) presenta dos vistas constructivas que complementan al unifilar: la elevación de la acometida aérea desde el poste de la red secundaria de la ESSA hasta la fachada de la vivienda, con las cotas de altura mínima exigidas por el RETIE; y el detalle constructivo del sistema de puesta a tierra, mostrando la varilla de cobre, el tratamiento del terreno, la caja de inspección y el conductor de protección hasta el medidor. La sección inferior recoge la tabla de especificaciones técnicas de cada componente con sus normas aplicables.

Figura 12. Acometida aérea y detalle del sistema de puesta a tierra

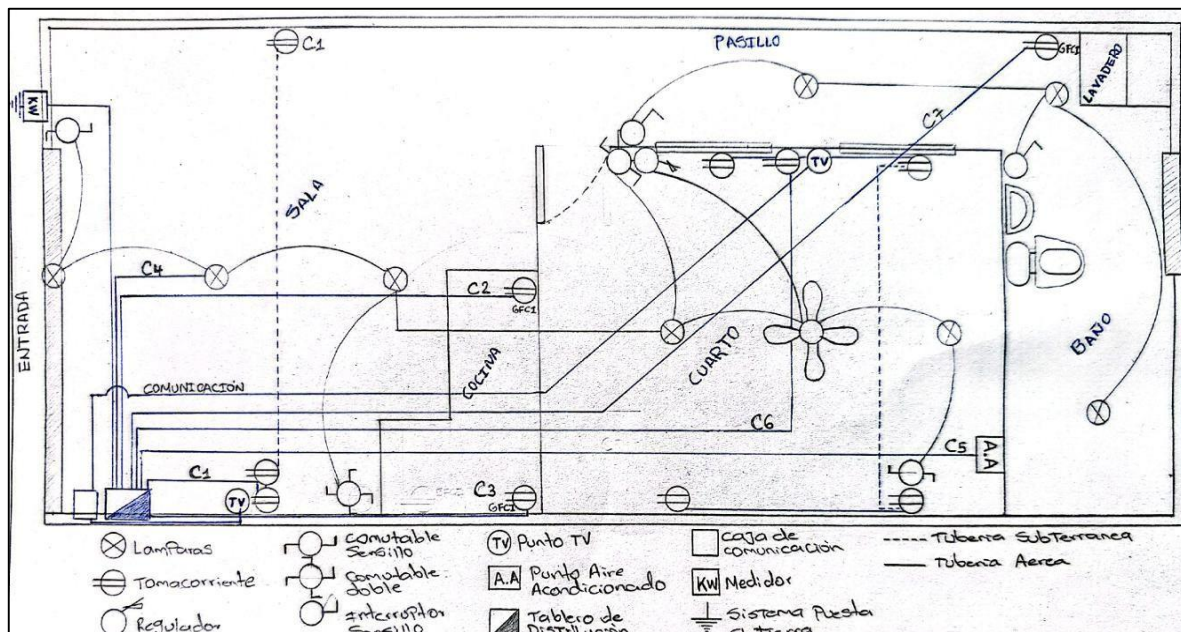


Fuente: Elaboración propia

Este proyecto no solo tuvo un alcance técnico, sino también un componente social, debido a que la implementación del sistema eléctrico se realizó en una vivienda del barrio Minas del Paraíso que requería mejores condiciones de seguridad eléctrica. La intervención permitió beneficiar directamente a la familia residente, reduciendo riesgos asociados a instalaciones inadecuadas y mejorando la funcionalidad de los

espacios de la vivienda. La Figura 13 muestra el plano eléctrico de la vivienda intervenida, donde se identifican los circuitos de iluminación, tomacorrientes, interruptores, tablero de distribución, sistema de puesta a tierra, puntos especiales y recorrido de las canalizaciones eléctricas.

Figura 13. Plano eléctrico residencial implementado en la vivienda beneficiaria



Fuente: Elaboración propia

Este plano constituyó la base técnica para la ejecución de la instalación eléctrica, permitiendo la adecuada distribución de los circuitos, la ubicación de los puntos eléctricos y la implementación de los elementos de protección, garantizando el cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETIE y la NTC 2050.

4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL

La fase de implementación correspondió a la materialización del diseño en obra. Esta etapa se ejecutó de manera secuencial, iniciando con la instalación del sistema de puesta a tierra y la acometida, continuando con el montaje del tablero, la

canalización empotrada de los circuitos derivados, el tendido de los conductores, la instalación de las cajas de salida con sus tomas e interruptores, las luminarias, los empalmes y, finalmente, las pruebas de verificación previas a la energización.

4.4.1. Sistema de puesta a tierra

El primer componente ejecutado fue el sistema de puesta a tierra (SPT). Para ello se adquirió una varilla de cobre de 2,4 m de longitud y 5/8" de diámetro, junto con un cable de cobre desnudo y una caja de inspección plástica para alojar la conexión entre la varilla y el conductor del SPT, como se observa en la Figura 14.

Figura 14. Materiales del sistema de puesta a tierra



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizó la excavación de un hueco vertical bajo la zona del medidor, con suficiente profundidad para alojar la varilla en su totalidad, según se

aprecia en la Figura 15. Como tratamiento del terreno para reducir la resistividad, se preparó una mezcla compuesta por una bolsa de hidrosolda (compuesto químico mejorador de tierras), carbón vegetal y arcilla, los cuales se vaciaron alrededor de la varilla durante el hincado, garantizando un contacto íntimo entre el electrodo y el suelo tratado. Esta práctica permite obtener valores de resistencia de puesta a tierra más estables a lo largo del año, especialmente en periodos secos cuando la resistividad natural del terreno tiende a aumentar.

Figura 15. Excavación e hincado de varilla de puesta a tierra



Fuente: Elaboración propia

Una vez instalada la varilla, se realizó la conexión del conductor de cobre desde el electrodo hasta la barra de tierra del tablero principal, utilizando un conector de bronce certificado para electrodos. Se asume que la resistencia de puesta a tierra

obtenida cumple con el valor máximo de 25Ω establecido por el RETIE para sistemas de baja tensión residenciales con un solo electrodo, considerando el tratamiento del terreno aplicado y las prácticas de instalación seguidas.

La Figura 16 presenta las actividades realizadas para la conexión del conductor de puesta a tierra a la varilla instalada y el acondicionamiento final del pozo de inspección. Durante esta etapa se verificó la correcta fijación de los elementos del sistema y se efectuó el relleno del área intervenida, garantizando la protección mecánica de la instalación y la adecuada continuidad eléctrica hacia el sistema de distribución de la vivienda.

Figura 16. Acondicionamiento del sistema de puesta a tierra



Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Acometida y equipo de medida

La acometida desde la red secundaria de la ESSA hasta el equipo de medida se ejecutó en cable concéntrico de cobre $1 \times 8 + 8$ AWG, con una longitud aproximada de 8 m, dispuesta de forma aérea desde el poste de la red de baja tensión y la caja de distribución de la operadora hasta la fachada de la vivienda. Esta acometida presenta una protección integrada que separa el conductor de fase del conductor de neutro concéntrico, ofreciendo así un nivel adicional de seguridad mecánica y eléctrica frente a contactos accidentales como se observa en la Figura 17.

Figura 17. Medidor monofásico instalado en fachada



Fuente: Elaboración propia

El medidor de energía instalado corresponde a un contador electrónico monofásico de 120 V y corriente nominal de 100 A, con su sello metrológico vigente. Bajo el medidor se instaló una caja con el interruptor termomagnético totalizador de 1 polo x 30 A, según se muestra en la Figura 18, dimensionado en correspondencia con la corriente de demanda calculada (29,3 A) y elevado al valor estándar comercial inmediatamente superior. La caja del totalizador permite además aislar la totalidad de la instalación de la vivienda en caso de mantenimiento o emergencia, sin necesidad de manipular el medidor.

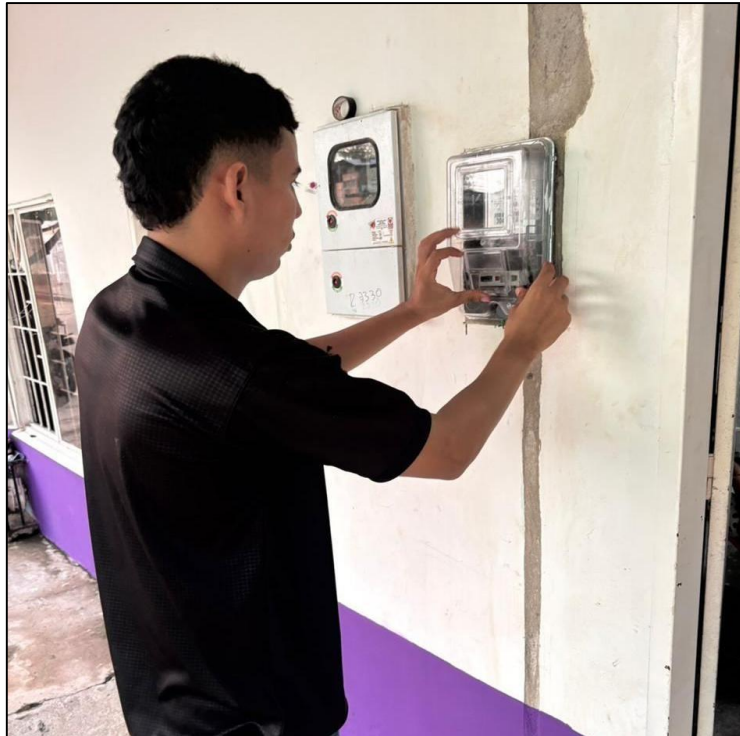
Figura 18. Caja del totalizador con interruptor principal



Fuente: Elaboración propia

Una vez instalados el medidor y el totalizador, se coordinó con personal técnico de la operadora la verificación del montaje y de las condiciones de medición previas a la energización del servicio, como se aprecia en la Figura 19. Esta etapa es indispensable, ya que sin la aprobación de la empresa prestadora del servicio no es posible energizar la instalación.

Figura 19. Verificación del medidor con la operadora de red

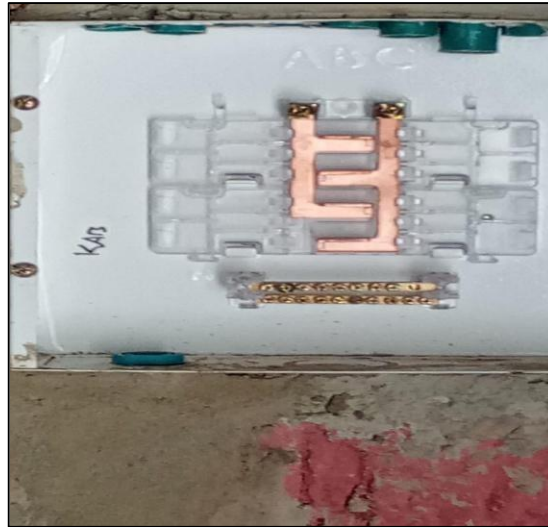


Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Tablero de distribución

El tablero de distribución empleado es un tablero residencial monofásico para empotrar, de ocho posiciones, con barra de neutro y barra de tierra independientes, identificación de polaridad y tornillería original, marca ABC. La Figura 20 muestra el interior del tablero antes de la instalación de los breakers y conductores, donde se aprecian las barras de cobre, los espacios de los polos y el bocal por donde ingresan las tuberías.

Figura 20. Tablero de distribución de 8 circuitos - vista interior



Fuente: Elaboración propia

La Figura 21 muestra el tablero ya empotrado en la pared y con la caja 4x4 metálica adyacente prevista para el cableado de televisión, mientras que la Figura 22 lo muestra terminado tras el resane de la pared.

Figura 21. Tablero de distribución empotrado en pared



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Tablero principal montado y conectado



Fuente: Elaboración propia

La caja 4x4 metálica contigua al tablero principal se instaló como punto centralizado de distribución del servicio de televisión por cable. A esta caja llega un cable coaxial proveniente del exterior de la vivienda, distribuido por la operadora de televisión, y desde ella se derivan dos puntos de conexión: uno hacia la sala (a una altura de 1,40 m) y otro hacia la habitación principal (a la misma altura), ambos conducidos por separado de los circuitos de potencia para evitar interferencias.

4.4.4. Canalización eléctrica

La canalización del sistema eléctrico se ejecutó en tubería PVC eléctrica color verde, con dos diámetros: 3/4" para el alimentador entre el medidor y el tablero principal, debido al mayor diámetro del conductor #8 AWG y a la reducción del factor de relleno; y 1/2" para la totalidad de los circuitos derivados, los cuales transportan conductores #12 AWG sin saturar la tubería. La instalación se realizó parcialmente

empotrada en pared (en los tramos verticales hasta cada salida) y parcialmente aérea (sobre la cubierta y en los recorridos del techo).

Para la canalización empotrada se realizaron previamente las regatas en las paredes, definiendo trayectorias verticales rectas hasta cada caja de salida, como se aprecia en la Figura 23. Estas regatas permitieron alojar la tubería sin alterar la estética posterior del muro, una vez aplicado el resane.

Figura 23. Regatas en pared para canalización empotrada



Fuente: Elaboración propia

La instalación de la tubería se realizó respetando los radios mínimos de curvatura y reduciendo al máximo la cantidad de curvas, lo que facilita las tareas de mantenimiento futuras (cambio de conductores) sin necesidad de demoler la pared. En las Figuras 24 y 25 se observa el avance de la canalización empotrada con las cajas de salida ya empotradas y la entrada de tuberías al tablero principal.

Figura 24. Tubería conduit PVC empotrada en pared



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Llegada de tuberías al tablero principal



Fuente: Elaboración propia

En las zonas donde no fue posible llevar la tubería empotrada se utilizó canalización aérea, fijada a la estructura de la cubierta. Esto se aplicó principalmente para los circuitos del aire acondicionado y de la iluminación, así como para tramos de los circuitos de la cocina y la lavandería, según se aprecia en las Figuras 26, 27 y 28.

Figura 26. Tubería aérea entre cocina y sala



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Tubería aérea de alimentador 3/4"



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Resane y acabado de canalización



Fuente: Elaboración propia

La Figura 29 muestra las cajas de paso utilizadas para realizar derivaciones donde varios circuitos cambian de dirección o donde se necesita conectar más de un punto del mismo circuito, manteniendo todos los empalmes confinados dentro de cajas registrables conforme exige la NTC 2050.

Figura 29. Caja de paso y derivación de conductores



Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Tendido de conductores

El cableado se ejecutó utilizando conductores de cobre marca Centelsa, con aislamiento THHN/THWN para 600 V, 90 °C en lugares secos y 75 °C en lugares húmedos, calibre 12 AWG para los siete circuitos derivados y calibre 8 AWG para

el alimentador entre medidor y tablero, como se observa en la Figura 30. Los colores empleados respetaron el código de colores establecido por el RETIE: amarillo para fase, blanco para neutro y verde con franja amarilla (o verde sólido) para el conductor de protección.

Figura 30. Conductores Centelsa THHN/THWN utilizados



Fuente: Elaboración propia

El tendido se realizó utilizando guía pasacables para halar los conductores a través de la tubería previamente instalada y terminada. Cada circuito incluyó tres conductores: fase, neutro y tierra, todos del mismo calibre (#12 AWG en circuitos derivados y #8 AWG en el alimentador). Esta uniformidad de calibre permite una capacidad de carga homogénea y simplifica la verificación posterior de la instalación.

4.4.6. Empalmes y derivaciones

Los empalmes entre conductores se ejecutaron exclusivamente dentro de cajas eléctricas, utilizando conectores tipo capuchón (wire-nut) de tamaño apropiado al número y calibre de conductores empalmados, como se observa en la Figuras 31. Esta técnica garantiza una unión eléctrica y mecánica firme, conforme al art. 110.14 de la NTC 2050, y evita los empalmes con cinta aislante únicamente, los cuales no aseguran continuidad eléctrica confiable a largo plazo.

Figura 31. Empalmes con conector tipo capuchón



Fuente: Elaboración propia

La Figura 32 muestra el proceso de conexión de conductores y ajuste de protecciones eléctricas en diferentes puntos de la vivienda intervenida. Esta actividad hizo parte de la implementación física del sistema eléctrico residencial y permitió dejar habilitados los circuitos para las pruebas de verificación posteriores.

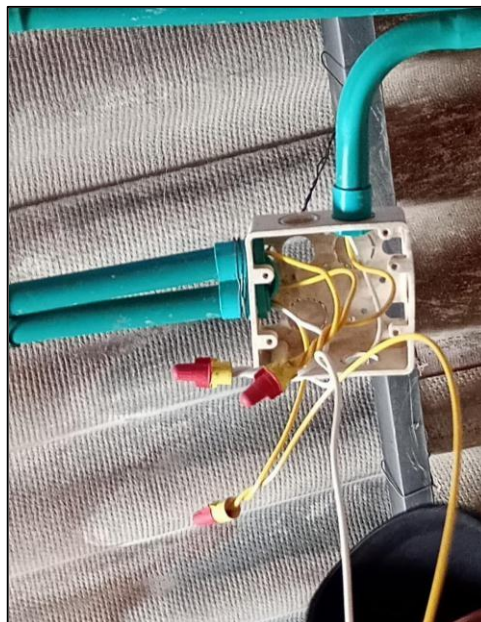
Figura 32. Instalación de conductores y protecciones eléctricas



Fuente: Elaboración propia

La Figura 33 muestra una caja de derivación una vez finalizada la ejecución de los empalmes eléctricos. En su interior se observan las conexiones organizadas y aseguradas mediante conectores apropiados, permitiendo la distribución de los conductores hacia los diferentes circuitos de la vivienda.

Figura 33. Caja de derivación con empalmes terminados



Fuente: Elaboración propia

Cada caja de derivación quedó cubierta con su tapa registrable, permitiendo el acceso futuro para inspección o mantenimiento. Las Figuras 34 y 35 muestran ejemplos de cajas con cables ya pelados y ordenados, listos para la conexión final del dispositivo terminal (toma o interruptor).

Figura 34. Cables de fase, neutro y tierra en punto de salida



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Salidas para tomacorriente preparadas



Fuente: Elaboración propia

4.4.7. Salidas, aparatos e interruptores

La instalación de tomacorrientes, interruptores y luminarias se realizó como última actividad de la fase de montaje. En cada caja de salida se conectó el dispositivo correspondiente, respetando la polarización (fase a la ranura corta, neutro a la ranura larga, tierra al terminal circular) y garantizando que ningún conductor expuesto quedara fuera de la caja. La Figura 36 muestra una salida típica con tomacorriente e interruptor combinados.

Figura 36. Tomacorriente e interruptor instalados

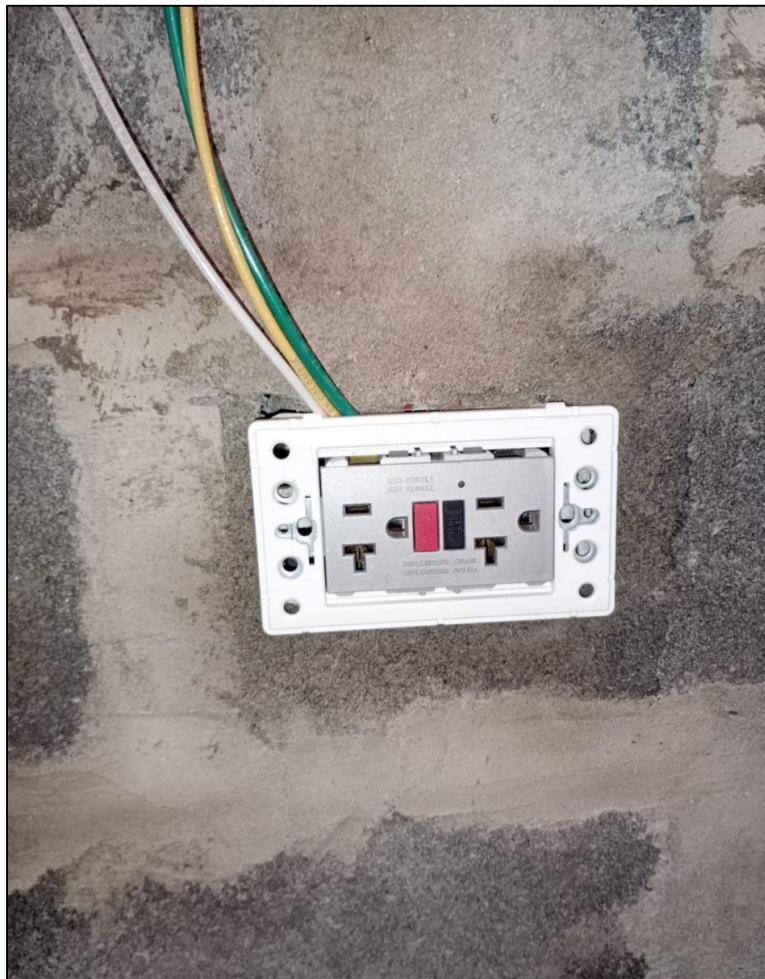


Fuente: Elaboración propia

En las zonas húmedas (cocina, lavadero) y para el circuito de la nevera, se instalaron tomacorrientes con interruptor por falla a tierra (GFCI) de 20 A, dotados de los pulsadores TEST y RESET, como se observa en la Figura 37. Estos

dispositivos cumplen con el art. 210.8 de la NTC 2050 y proporcionan una protección adicional al usuario frente a corrientes de fuga, desconectando el circuito en milisegundos en caso de detectar un desbalance entre los conductores de fase y neutro.

Figura 37. Tomacorriente GFCI instalado en zona húmeda



Fuente: Elaboración propia

El sistema de iluminación se compone de siete lámparas LED de techo de 18 W cada una, distribuidas entre la sala, la cocina, la habitación, el pasillo, el baño y un punto exterior, más el plafón con bombillo LED de 23 W instalado sobre la entrada

principal. Adicionalmente, se conectó un ventilador de techo en la habitación principal alimentado desde el mismo circuito C4 de iluminación. La Figura 38 muestra una luminaria LED ya instalada y el conjunto toma + interruptor próximo a ella.

Figura 38. Plafón LED y tomacorriente instalados



Fuente: Elaboración propia

Los interruptores se distribuyeron en la vivienda según los puntos de circulación habituales: a la entrada del aparta-estudio se instaló un interruptor doble conmutable que controla simultáneamente la iluminación de la sala y el plafón exterior; en la

habitación se instalaron interruptores conmutables de tres vías a ambos extremos del cuarto, permitiendo el encendido y apagado desde la entrada y desde la cabecera de la cama. Adicionalmente, en la pared del cuarto se localizó un interruptor independiente para el ventilador de techo y otro interruptor sencillo para el bombillo del baño, ubicado en la pared exterior del baño desde el pasillo.

4.5. VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Una vez completada la instalación física, se realizó la verificación del sistema eléctrico previa a la energización por parte de la operadora ESSA. Esta verificación incluyó pruebas eléctricas básicas, ejecutadas con instrumentos sencillos como multímetro digital, probadores de polaridad, probadores de circuitos GFCI y verificación visual.

4.5.1. Pruebas realizadas

El procedimiento de verificación incluyó las siguientes pruebas, las cuales se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Pruebas de verificación realizadas al sistema eléctrico

Prueba	Procedimiento	Resultado esperado	Cumplimiento
Continuidad de conductores	Multímetro en modo continuidad entre extremos de cada conductor	Continuidad presente en fase, neutro y tierra	Conforme
Aislamiento entre conductores	Verificación de no continuidad entre fase-neutro, fase-tierra y neutro-tierra con circuito desenergizado	Sin continuidad cruzada	Conforme

Prueba	Procedimiento	Resultado esperado	Cumplimiento
Polaridad de tomacorrientes	Probador de tomas (3 LEDs)	Indicación correcta: fase a la derecha, neutro a la izquierda, tierra abajo	Conforme
Operación de GFCI	Pulsar TEST y verificar disparo	Disparo inmediato y RESET reactiva el toma	Conforme
Encendido de luminarias	Energización y prueba de cada interruptor y conmutable	Encendido y apagado desde cualquier punto previsto	Conforme
Conmutables	Encender desde un punto y apagar desde el otro	Funcionamiento correcto de la lógica conmutable	Conforme
Tablero de distribución	Inspección visual y prueba individual de cada breaker	Apertura y cierre suaves; identificación de cada circuito	Conforme
Ausencia de fugas a tierra	Energización del totalizador con cargas conectadas	Sin disparo de GFCI	Conforme

Fuente: Elaboración propia. Pruebas realizadas tras el montaje y antes de la entrega final del sistema.

4.5.2. Verificación funcional del sistema de iluminación

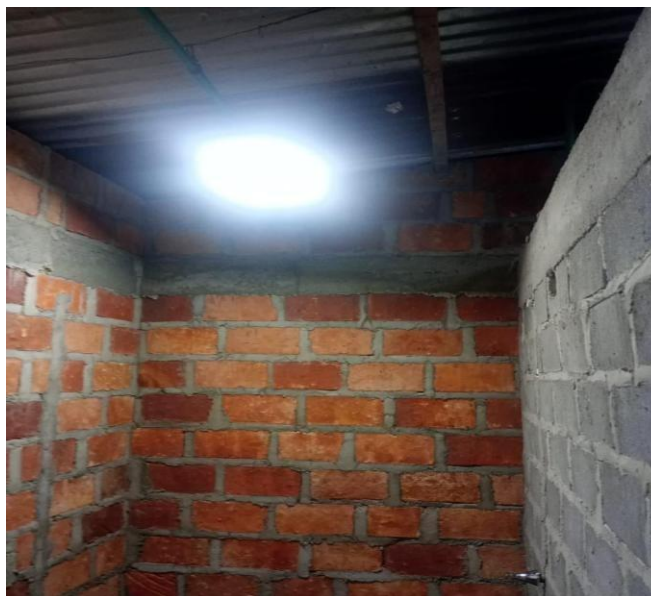
Tras la energización del totalizador y de los breakers correspondientes, se verificó el funcionamiento de la totalidad del sistema de iluminación. Las Figuras 39 y 40 documentan el encendido simultáneo de las luminarias LED instaladas en la cubierta y del plafón LED del baño, evidenciando el correcto funcionamiento de la totalidad del circuito C4 con sus interruptores asociados.

Figura 39. Verificación del sistema de iluminación



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Encendido final de luminarias



Fuente: Elaboración propia

La verificación del comportamiento de los conmutables se realizó accionando los interruptores instalados en la habitación: encender la luz del cuarto desde la entrada

y apagarla desde la cabecera de la cama, y viceversa. La operación se confirmó correcta para todas las combinaciones, garantizando que el usuario pueda controlar la iluminación desde dos puntos distintos según el diseño previsto.

Finalmente, se verificó la operación del aire acondicionado y de la nevera al conectarse a sus respectivos tomacorrientes, confirmando que ambas cargas operan dentro de los parámetros previstos sin disparo de los interruptores automáticos ni del GFCI. Con esta etapa se realizó la entrega del sistema eléctrico residencial implementado a la propietaria de la vivienda, junto con un instructivo de operación del tablero, identificación de cada circuito y recomendaciones de mantenimiento preventivo.

La Figura 41 muestra a la propietaria de la vivienda beneficiaria del proyecto social, quien expresa su agradecimiento tras la culminación de las actividades de diseño e implementación del sistema eléctrico residencial. Este registro evidencia el impacto social generado por la intervención, reflejando la satisfacción de la familia beneficiada y la mejora de las condiciones de seguridad y funcionalidad de la instalación eléctrica de la vivienda.

Figura 41. Beneficiaria de la vivienda intervenida durante el cierre del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS

Tras la ejecución de las cinco fases de la metodología propuesta, el proyecto alcanzó los siguientes resultados verificables, los cuales constituyen la materialización de los objetivos planteados.

5.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CARGAS Y DEMANDA

Se obtuvo el inventario completo de cargas eléctricas de la vivienda, organizado en tres grupos conforme a la NTC 2050: iluminación con 149 W aportados por siete lámparas LED de 18 W y un plafón LED de 23 W; tomacorrientes especiales con 2.700 W aportados por el aire acondicionado (1.200 W), la nevera (400 W), la lavadora (700 W) y la licuadora (400 W); y tomacorrientes generales con 1.620 VA correspondientes a nueve puntos calculados a 180 VA cada uno. La carga instalada total ascendió a 4.469 W.

Aplicando el método del art. 220.42 de la NTC 2050 (100 % a los primeros 3.000 VA y 35 % al excedente), la demanda máxima estimada del sistema fue de 3.514 VA, lo cual equivale a una corriente de demanda de 29,3 A en el sistema monofásico de 120 V. Este resultado justificó la selección del interruptor totalizador de 30 A, dimensión normalizada superior a la corriente calculada.

5.2. RESULTADO DEL DISEÑO DE CIRCUITOS

Se obtuvo un diseño con siete circuitos derivados activos y un circuito de reserva, distribuidos en un tablero monofásico de ocho posiciones. La separación de circuitos por tipo de carga (iluminación, generales y especiales) y la dedicación de un circuito por equipo crítico (nevera, aire acondicionado, lavadora, licuadora) permitió un balanceo adecuado, una mejor selectividad ante fallas y la posibilidad de aislar cargas específicas para mantenimiento sin afectar el resto de la instalación.

Se elaboró el plano eléctrico de la vivienda y el diagrama unifilar del tablero, los cuales constituyen la documentación técnica entregable que soporta la intervención y permite verificar el cumplimiento normativo conforme al RETIE.

5.3. RESULTADO DEL DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES

Los conductores quedaron seleccionados en cobre con aislamiento THHN/THWN: calibre 12 AWG para los siete circuitos derivados con ampacidad de 20 A frente a corrientes corregidas máximas de 12,5 A, y calibre 8 AWG para el alimentador entre el medidor y el tablero con ampacidad de 50 A frente a una corriente corregida de 36,6 A. En todos los casos se verificó cumplimiento por ampacidad y por caída de tensión inferior al 3 % en circuitos derivados.

Las protecciones contra sobrecorriente quedaron coordinadas con los conductores: cinco interruptores termomagnéticos 1 P × 15 A para los circuitos C1, C2, C3, C4, C6 y C7; un interruptor 1 P × 20 A para el circuito C5 (aire acondicionado); y un totalizador 1 P × 30 A en la caja del medidor. Adicionalmente, se instalaron tres tomacorrientes con interruptor por falla a tierra (GFCI) en los circuitos C2 (nevera), C3 (cocina) y C7 (lavandería), proporcionando protección complementaria al usuario en zonas con humedad.

5.4. RESULTADO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Se ejecutó un sistema de puesta a tierra con varilla de cobre de 5/8" × 2,4 m, hincada bajo la zona del medidor, con tratamiento del terreno mediante mezcla de carbón vegetal, arcilla e hidrosolda. El conductor del SPT en cobre desnudo se conectó a la barra de tierra del tablero, y a esta se conectaron a su vez los conductores de protección de los siete circuitos derivados, garantizando la equipotencialización de todas las partes metálicas no energizadas. Se asume el cumplimiento del valor máximo de 25 Ω establecido por el RETIE para sistemas residenciales con un solo electrodo, considerando el tratamiento aplicado.

5.5. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN FÍSICA

La instalación quedó ejecutada en su totalidad lo que abarco acometida concéntrica 1x8 + 8 AWG aérea de aproximadamente 8 m, medidor monofásico 120 V S/N 30455154, totalizador 1 P x 30 A, tablero ABC empotrado de ocho posiciones, alimentador #8 AWG en tubería PVC de 3/4", canalización de los siete circuitos derivados en tubería PVC de 1/2", cableado completo en colores normalizados (amarillo-fase, blanco-neutro, verde-tierra), nueve tomacorrientes generales y cuatro especiales, ocho luminarias LED, un ventilador de techo y los interruptores asociados, incluyendo dos puntos conmutables en la habitación principal.

5.6. RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

Las ocho pruebas planteadas en la Tabla 10 fueron superadas satisfactoriamente: continuidad de conductores conforme; aislamiento entre conductores conforme; polaridad de tomacorrientes conforme; operación de los tres GFCI conforme; encendido de luminarias y operación de conmutables conforme; tablero de distribución con apertura y cierre adecuados de cada breaker e identificación de circuitos; y operación libre de fugas a tierra al energizar las cargas. La instalación quedó energizada por la operadora ESSA y entregada en operación a la propietaria de la vivienda.

6. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del presente trabajo de grado se llegó a las siguientes conclusiones, las cuales responden de manera directa a cada uno de los objetivos específicos planteados.

El análisis de las condiciones de la vivienda permitió evidenciar que el aparta-estudio carecía de instalación eléctrica previa, situación que, lejos de constituir una limitación, posibilitó realizar el diseño desde cero conforme al RETIE y la NTC 2050, sin la necesidad de demoler instalaciones empíricas existentes. La inspección de cada espacio, sumada al inventario de equipos previstos por los habitantes, fue determinante para identificar correctamente las necesidades de tomacorrientes, iluminación y cargas dedicadas.

La determinación de la carga instalada y la estimación de la demanda mediante la aplicación estricta del art. 220.42 de la NTC 2050 (100 % primeros 3.000 VA + 35 % excedente) demostró ser un método robusto para dimensionar el sistema, evitando el sobredimensionamiento que conduciría a un costo innecesario y, al mismo tiempo, garantizando un margen suficiente frente a la corriente de demanda real. El resultado de 3.514 VA y 29,3 A justificó técnicamente la selección del totalizador comercial de 30 A.

La distribución de los circuitos en siete derivados activos más uno de reserva, con separación clara entre iluminación, tomacorrientes generales y cargas dedicadas, permitió un balanceo adecuado de cargas y la posibilidad de aislar fallas o realizar mantenimientos sin afectar la totalidad de la vivienda. La inclusión del circuito de reserva (C8) representa una medida de planeación que facilita futuras ampliaciones del aparta-estudio sin requerir modificaciones estructurales del tablero.

La selección de conductores #12 AWG para circuitos derivados y #8 AWG para el alimentador, junto con interruptores termomagnéticos coordinados (15 A y 20 A para

derivados, 30 A para totalizador) y tomacorrientes GFCI en zonas con humedad, evidencia que el cumplimiento de los criterios técnicos de ampacidad, caída de tensión y protección contra falla a tierra del RETIE y la NTC 2050 es viable en una vivienda de estrato bajo, sin incrementar los costos respecto a una instalación empírica.

La implementación del sistema de puesta a tierra con varilla de cobre de 2,4 m y tratamiento del terreno mediante carbón vegetal, arcilla e hidrosolda constituye una solución técnica viable para reducir la resistividad del suelo en regiones cálidas como Barrancabermeja, donde los terrenos secos durante varios meses del año dificultan la obtención de baja resistencia de tierra con un solo electrodo y suelo natural.

La ejecución de las pruebas de continuidad, polaridad, operación de GFCI y verificación funcional permitió validar el correcto montaje del sistema antes de la energización, lo cual constituye una buena práctica que debería convertirse en un paso obligatorio en cualquier instalación residencial. La superación satisfactoria de la totalidad de las pruebas confirma que el diseño y la implementación cumplieron con los lineamientos normativos y se entregó a la propietaria una instalación segura y operativa.

Desde la perspectiva formativa, el desarrollo del proyecto consolidó las competencias técnicas asociadas al programa de Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico, particularmente en lo referente al cálculo de cargas, selección de conductores y protecciones, lectura e interpretación de la NTC 2050, ejecución de canalizaciones empotradas y aéreas, empalmes con conector tipo capuchón y verificación de instalaciones, todo dentro del marco normativo vigente colombiano.

7. RECOMENDACIONES

Para una verificación más rigurosa del sistema de puesta a tierra, se recomienda realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra con un telurómetro calibrado (método de la caída de potencial o método de los tres electrodos), con el fin de confirmar cuantitativamente que el valor obtenido se encuentra por debajo del límite de 25Ω establecido por el RETIE para sistemas residenciales con un solo electrodo. Esta medición debería repetirse al menos una vez al año.

Se recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo anual del sistema eléctrico, que incluya la inspección visual del tablero (oxidación, calentamiento, ajuste de tornillería), prueba mensual del botón TEST de cada GFCI (procedimiento que el fabricante recomienda al usuario), revisión del estado de los conductores expuestos en cajas registrables y verificación de la firmeza de las conexiones en las salidas más utilizadas.

Para futuras ampliaciones de la vivienda hacia el solar posterior, se recomienda activar el circuito de reserva (C8) ya previsto en el tablero, lo cual permitirá alimentar nuevos puntos sin necesidad de intervenir el resto del sistema. Para esta activación, se debe instalar el correspondiente interruptor termomagnético en el espacio reservado, ejecutar la canalización adicional con criterios análogos a los aquí aplicados y respetar el calibre #12 AWG mínimo establecido para circuitos derivados de 15 A.

Se recomienda a la propietaria de la vivienda incorporar un dispositivo de monitoreo de consumo eléctrico (medidor secundario con visualización local) para tener registro mensual del comportamiento real de la demanda, lo cual permite ajustar hábitos de uso, detectar consumos asociados a posibles fugas o fallas y planear con anticipación la actualización del totalizador en caso de adicionar cargas significativas en el futuro.

A futuras promociones de estudiantes del programa que aborden proyectos similares, se recomienda incluir en el alcance la elaboración de un presupuesto y un análisis de precios unitarios, lo cual permite cuantificar con precisión el costo total de la intervención y compararlo con presupuestos comerciales del mercado, fortaleciendo el componente técnico-económico del trabajo de grado.

Se sugiere desarrollar un proyecto futuro que integre al sistema eléctrico residencial aquí implementado una solución de generación fotovoltaica de pequeña escala con autoconsumo, dimensionada a partir de la demanda real medida durante el primer año de operación de la instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Bogotá. (2003). Ley 842 de 2003 Congreso de la República de Colombia. Bogotá: Secretaría Jurídica Distrital. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40907>
- ALGSA. (2024). Iluminación LED y Sostenibilidad | Cómo contribuye al Medio Ambiente. sd: ALGSA. Obtenido de <https://algsa.es/es/noticia/iluminacion-led-y-sostenibilidad-como-contribuye-al-medio-ambiente/>
- Calderón, J. (2023). Análisis y adecuación de la instalación eléctrica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, sede El Algodonal, según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/server/api/core/bitstreams/567aafad-3479-4308-a812-66cbce2d492c/content>
- Cano, O. (2021). Proyecto de diseño de la instalación eléctrica y domótica de una casa unifamiliar aislada. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstreams/101d252a-6b49-48e0-883a-d1a6c95d0f26/download>
- Córdoba, A., Gutemberg, F., & Restrepo, K. (2022). Guía metodológica para la construcción de Vivienda de Interés Prioritario Rural (VIPR) bajo los estándares de la NSR-10 Título E. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/d4f82886-a4c3-4261-a771-c54f5967f35a/content>
- EPM. (2010). Unidad de Centro de Excelencia Técnica. (2010). Guía metodológica N.º 08: Análisis del nivel de riesgo por rayos . Guía técnica para el diseño y análisis de apantallamiento natural en líneas de distribución eléctrica. Obtenido de

https://www.essa.com.co/site/Portals/clientes/Norma_Tecnica_Vigente/Normas_Complementarias_Dise%C3%B1o/GM-08%20GUIA%20METODOLOGICA%20ANALISIS%20DEL%20NIVEL%20DE%20RIESGO%20POR%20RAYOS.pdf

EPM. (2019). Guía Técnica: Coordinación de protecciones redes de distribución. Colombia: Empresas Públicas De Medellín. Obtenido de <https://www.cens.com.co/Portals/cens/institucional/Especificaciones/Documentos-en-revision/norma-tecnica/Guias-complementarias-de-dise%C3%B1o-grupo-EPM/GM-14-guia.pdf>

Espinoza, A., & Morales, A. (2025). Diseño óptimo de instalaciones eléctricas considerando cableado convencional y blindo-barras mediante decisión multicriterio con objetivos de calidad, eficiencia y costos. Guayaquil Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29855/1/UPS-GT006076.pdf>

ESSA. (2005). Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. Colombia: Electrificadora de Santander. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Norma%20tecnica/Norma%20T%C3%A9cnica%20ESSA.pdf>

ESSA. (2023). Distancias de seguridad en redes de distribución. Colombia: ESSA. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/proveedores/nt-06%20distancias%20de%20seguridad%20en%20redes%20de%20distribucion.pdf?ver=2023-04-10-144212-687>

García, Y. (2024). Proyecto de instalación de una vivienda unifamiliar con taller de mecánica. Santa Cruz de Tenerife España: Universidad de la Laguna. Obtenido de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/36996>

Gutierrez, M., & Ochoa, B. (2023). Diseño y análisis de la viabilidad del suministro de energía eléctrica a la Fundación El Cielo de PAO ubicada en Bucaramanga, Santander mediante la implementación de un sistema solar

fotovoltaico reglamentado. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga. Obtenido de

<https://apolo.unab.edu.co/es/studentTheses/dise%C3%B1o-y-an%C3%A1lisis-de-la-viabilidad-del-suministro-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica/>

INIMTEC. (2023). Diagrama unifilar: Una herramienta clave en la planificación y diseño de sistemas eléctricos. México: INMTEC. Obtenido de <https://blog.inimte.com/1/diagrama-unifilar-una-herramienta-clave-en-la-planificacion-y-diseno-de-sistemas-electricos/>

Lenis, M. (2023). Identificación de factores y condiciones inseguras en riesgos eléctricos. Cali: Institución Universitaria Antonio José Camacho. Obtenido de <https://repositorio.uniajc.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b24f18b-a5b3-471b-ae74-c5e5646a5b16/content>

Minenergía. (2012). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Colombia: Ministerio de energía. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/9024/9703.pdf>

Minenergía. (2012). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Colombia: Ministerio de minas y energía. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/9024/9703.pdf>

Ministerio de minas y energía. (2024). Libro 3 instalaciones objeto del retie. Colombia: Minenergía. Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/11566/4._Libro_3_-_Instalaciones.pdf

Naranjo, R. (2023). Supervisión Técnica de la Instalación Eléctrica del Proyecto Country Living. Bucaramanga: UDES. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/0f0af4e2-b195-4205-ae03-6e6cae2640e7/content>

F-DC-125

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

VERSIÓN: 2.0

- NTC. (2024). NTC 2050. Colombia: Código eléctrico colombiano. Obtenido de https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma_%20NTC_2050_98_codigo_electrico_col.pdf
- Ramirez, J., & Prada, S. (2024). Diseño de la instalación del uso final del edificio "Dirección Cultural",. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/items/bb58f494-334b-4947-8e94-c45fa7111b30?>
- RETIE. (2024). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Colombia: Minenergía. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- Rivas, E., Olaya, C., & Guacaneme, J. (2021). La puesta a tierra según el código eléctrico colombiano norma icontec NTC 2050. Colombia: Dialnet. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4797270.pdf>
- Segura, M. (2013). Diseño y cálculo de la instalación eléctrica de un polígono residencial. Cartagena: UPCT. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/19b2484c-fc14-4d6d-9000-03466e9fefbf/content>
- UNGRD. (2022). Programa de gestión para el uso eficiente de energía. Colombia: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Obtenido de <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Lineamientos-Int/Programa-de-Gestion-para-el-Uso-Eficiente-de-Energia.pdf>

APÉNDICE

A. LISTA DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN

Como soporte de trazabilidad de la intervención, se presenta la consolidación de los materiales empleados durante la implementación del sistema eléctrico residencial. La cantidad indicada corresponde a la utilizada efectivamente en obra.

Lista de materiales utilizados en la implementación

Ítem	Descripción del material	Unidad	Cant.
1	Varilla de cobre 5/8" x 2,4 m para puesta a tierra	Und.	1
2	Compuesto químico mejorador de tierras (hidrosolda)	Bolsa	1
3	Carbón vegetal para tratamiento de SPT	Bulto	1
4	Cable de cobre desnudo #8 AWG	m	5
5	Cable concéntrico 1x8 + 8 Cu (acometida)	m	8
6	Cable Cu THHN/THWN #8 AWG (alimentador)	m	5
7	Cable Cu THHN/THWN #12 AWG amarillo (fase)	m	60
8	Cable Cu THHN/THWN #12 AWG blanco (neutro)	m	60
9	Cable Cu THHN/THWN #12 AWG verde (tierra)	m	60
10	Tubería PVC eléctrica 1/2" (3 m c/u)	Tramo	30
11	Tubería PVC eléctrica 3/4" (3 m c/u)	Tramo	4
12	Curva PVC eléctrica 1/2"	Und.	24
13	Curva PVC eléctrica 3/4"	Und.	4
14	Caja eléctrica rectangular 2"x4" PVC	Und.	12
15	Caja eléctrica metálica 4"x4" para televisión	Und.	2
16	Tablero ABC monofásico 8 circuitos para empotrar	Und.	1
17	Interruptor automático 1 P x 15 A	Und.	5
18	Interruptor automático 1 P x 20 A	Und.	1
19	Interruptor automático 1 P x 30 A (totalizador)	Und.	1

Ítem	Descripción del material	Unidad	Cant.
20	Tomacorriente GFCI 20 A 120 V	Und.	3
21	Tomacorriente dúplex polarizado 15 A 120 V	Und.	8
22	Interruptor sencillo 15 A 120 V	Und.	3
23	Interruptor conmutable sencillo 15 A 120 V	Und.	4
24	Interruptor conmutable doble 15 A 120 V	Und.	1
25	Lámpara LED de techo 18 W 120 V	Und.	7
26	Plafón LED 23 W 120 V (exterior entrada)	Und.	1
27	Ventilador de techo residencial 60-70 W	Und.	1
28	Conector tipo capuchón (wire-nut) varios tamaños	Und.	40
29	Cinta aislante PVC 3/4"	Rollo	3
30	Concreto y mortero para resane	Bulto	2

Fuente: Elaboración propia. Las cantidades son aproximadas y pueden variar según el rendimiento y el desperdicio típico de obra.

APÉNDICE B. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Esta memoria desarrolla, paso a paso, los cálculos eléctricos que sustentan el dimensionamiento del sistema. Las fórmulas aplicadas se basan en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y en los criterios técnicos del RETIE 2024.

B.1. Fórmulas y constantes utilizadas

Para los cálculos del sistema monofásico de 120 V se emplean las siguientes expresiones.

Corriente nominal del circuito a partir de la potencia y la tensión: $I = \frac{P}{V}$

Corriente corregida para cargas continuas (factor 125 % según NTC 2050, art. 210.20): $I_{corr} = I \times 1,25$

Caída de tensión en sistema monofásico: $\Delta V (V) = (2 \times \rho \times L \times I) / S$;
 $\Delta V (\%) = (\Delta V / V) \times 100$

Donde $\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (resistividad del cobre a 20 °C), L es la longitud en metros del recorrido, I es la corriente en amperios, S es la sección del conductor en mm^2 y V es la tensión nominal del circuito.

Las equivalencias entre calibre AWG y sección en mm^2 aplicables al proyecto son las siguientes:

$$AWG 14 = 2,08 \text{ mm}^2; A$$

$$WG 12 = 3,31 \text{ mm}^2;$$

$$AWG 10 = 5,26 \text{ mm}^2;$$

$$AWG 8 = 8,37 \text{ mm}^2.$$

B.2. Cálculo de corrientes nominales por circuito

Aplicando la fórmula $I = P / V$ con $V = 120 V$ para los circuitos derivados, se obtienen las corrientes nominales de cada circuito. Para circuitos (sala y habitación), la potencia se calcula a 180 VA por punto conforme a NTC 2050, art. 220.14. Los resultados se corrigen con el factor 1,25 para verificación frente a protección.

Tabla B.1. Cálculo de corrientes nominales por circuito derivado

Circ.	Carga	P (W o VA)	V (V)	I = P/V (A)	I x 1,25 (A)
C1	Sala (5 tomas x 180 VA)	900	120	7,50	9,38
C2	Nevera	400	120	3,33	4,17
C3	Cocina - licuadora	400	120	3,33	4,17
C4	Iluminación + ventilador	219	120	1,83	2,28
C5	Aire acondicionado	1.200	120	10,00	12,50
C6	Cuarto (4 tomas x 180 VA)	720	120	6,00	7,50

Circ.	Carga	P (W o VA)	V (V)	I = P/V (A)	I × 1,25 (A)
C7	Lavandería	700	120	5,83	7,29

Fuente: Elaboración propia. La corriente corregida $I \times 1,25$ se compara con la corriente nominal del breaker correspondiente. En todos los casos el breaker seleccionado es superior a la corriente corregida y, simultáneamente, inferior a la ampacidad del conductor protegido.

B.3. Verificación de ampacidad de conductores

La ampacidad permisible de los conductores se toma de la Tabla 310-16 de la NTC 2050, considerando temperatura ambiente de 30 °C, no más de tres conductores portadores de corriente por canalización y aislamiento THHN/THWN-2 a 90 °C en seco / 75 °C en húmedo. Para el calibre 12 AWG, la ampacidad permitida es de 20 A en condiciones residenciales típicas; para el calibre 8 AWG, la ampacidad es de 50 A.

Tabla B.2. Verificación de ampacidad por circuito

Circuito	I × 1,25 (A)	Calibre seleccionado	Ampacidad NTC (A)	Margen (%)	Cumple
C1	9,38	#12 AWG Cu	20	113 %	Sí
C2	4,17	#12 AWG Cu	20	380 %	Sí
C3	4,17	#12 AWG Cu	20	380 %	Sí
C4	2,28	#12 AWG Cu	20	777 %	Sí
C5	12,50	#12 AWG Cu	20	60 %	Sí
C6	7,50	#12 AWG Cu	20	167 %	Sí
C7	7,29	#12 AWG Cu	20	174 %	Sí
Aliment.	36,63	#8 AWG Cu	50	37 %	Sí

Fuente: Elaboración propia. El margen se calcula como $(\text{Ampacidad} - I \text{ corregida}) / I \text{ corregida} \times 100$. Todos los conductores cuentan con margen positivo, lo que garantiza operación segura sin sobrecalentamiento.

B.4. Cálculo de caída de tensión

La caída de tensión se calcula con la fórmula del sistema monofásico, asumiendo longitudes estimadas desde el tablero hasta el punto más lejano de cada circuito. Las longitudes son aproximadas a partir del plano y deberán confirmarse en campo. La NTC 2050 establece como límite el 3 % en circuitos derivados y el 5 % en el conjunto alimentador-derivado.

Tabla B.3. Verificación de caída de tensión por circuito

Circ.	L (m) est.	I (A)	S (mm ²)	ΔV (V)	ΔV (%)	Límite	Cumple
C1	12	7,50	3,31	0,93	0,78	3 %	Sí
C2	7	3,33	3,31	0,24	0,20	3 %	Sí
C3	6	3,33	3,31	0,21	0,17	3 %	Sí
C4	15	1,83	3,31	0,28	0,24	3 %	Sí
C5	10	10,00	3,31	1,04	0,87	3 %	Sí
C6	14	6,00	3,31	0,87	0,73	3 %	Sí
C7	8	5,83	3,31	0,49	0,40	3 %	Sí
Aliment.	8	29,30	8,37	0,96	0,80	5 %	Sí

Fuente: Elaboración propia. Cálculo realizado con $\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Las longitudes son estimaciones a partir del plano. Todos los circuitos quedan muy por debajo del límite normativo.

B.5. Cálculo del calibre del conductor de puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra de los circuitos derivados se dimensiona conforme a la Tabla 250-122 de la NTC 2050, en función del valor nominal del dispositivo de protección que actúa sobre el circuito. Para los breakers utilizados en este proyecto se obtienen los siguientes calibres mínimos.

Tabla B.4. Calibre mínimo conductor de puesta a tierra (NTC 2050, Tabla 250-122)

Capacidad del breaker	Calibre mínimo de tierra (Cu)	Calibre adoptado	Cumple
1 P x 15 A	#14 AWG	#12 AWG	Sí (sobredimensionado)
1 P x 20 A	#12 AWG	#12 AWG	Sí
1 P x 30 A (alimentador)	#10 AWG	#8 AWG	Sí (sobredimensionado)

Fuente: Elaboración propia. La adopción de calibres iguales o superiores al mínimo de la norma incrementa la confiabilidad de la equipotencialización y simplifica el inventario de conductores en obra.

B.6. Cálculo del totalizador y dimensionamiento del alimentador

La corriente de demanda del sistema, calculada en el numeral 4.2.6 del cuerpo del trabajo, asciende a 29,3 A. Aplicando un factor de 1,25 para cargas continuas se obtiene una corriente de diseño de 36,6 A. La selección del totalizador se realiza tomando la corriente comercial inmediatamente superior, que corresponde a 1 P x 30 A. Aunque 30 A queda por debajo de la corriente corregida (36,6 A), la NTC 2050 admite que para el alimentador de servicio principal de una vivienda se utilice como criterio la corriente real de demanda (29,3 A) y no la corriente corregida, dado el factor de simultaneidad ya aplicado en la estimación.

El alimentador entre el medidor y el tablero se ejecuta en cable de cobre #8 AWG con aislamiento THHN/THWN-2, cuya ampacidad de 50 A garantiza una operación segura aún ante demandas pico. La canalización se realiza en tubería PVC eléctrica de 3/4" para alojar los tres conductores (fase, neutro y tierra) sin saturar el factor de relleno de la NTC 2050.

APÉNDICE C. MEMORIA DESCRIPTIVA TÉCNICA DEL PROYECTO

Documento sintético de carácter técnico que describe la instalación eléctrica de la vivienda, dirigido al operador de red (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.) y al responsable de la certificación RETIE.

C.1. Identificación del proyecto

- Nombre del proyecto: Diseño e implementación del sistema eléctrico residencial conforme al RETIE y la NTC 2050.
- Localización: Barrio Minas del Paraíso, municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander, Colombia.
- Tipo de inmueble: Vivienda unifamiliar - aparta-estudio independiente al interior del lote.
- Operador de red: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. (ESSA).
- Tensión de servicio: 120 V monofásico, frecuencia 60 Hz.

C.2. Descripción general

La instalación corresponde a un sistema eléctrico residencial monofásico de baja tensión, alimentado por la red secundaria de la operadora local mediante acometida aérea concéntrica de cobre 1x8 + 8 AWG, con una longitud aproximada de 8 metros. El equipo de medida es un contador electrónico monofásico de 120 V con corriente nominal de 100 A, complementado con un interruptor totalizador de 1 polo x 30 A alojado en su propia caja, que permite aislar la totalidad de la instalación de la vivienda.

Desde el equipo de medida se conduce un alimentador en cable de cobre #8 AWG con aislamiento THHN/THWN-2, en tubería PVC eléctrica de 3/4 de pulgada, hasta el tablero de distribución empotrado de ocho posiciones, marca ABC, equipado con barras independientes para neutro y tierra. Del tablero parten siete circuitos derivados activos en cable de cobre #12 AWG con aislamiento THHN/THWN-2, en

canalización PVC eléctrica de 1/2 de pulgada, y se reserva un octavo circuito para futuras ampliaciones.

C.3. Distribución de circuitos

La distribución de circuitos derivados, todos protegidos por interruptores termomagnéticos enchufables marca ABC, es la siguiente: C1 - tomacorrientes generales sala (1P×15 A); C2 - nevera, especial con GFCI (1P×15 A); C3 - cocina, licuadora con GFCI (1P×15 A); C4 - iluminación general (1P×15 A); C5 - aire acondicionado, especial directo (1P×20 A); C6 - tomacorrientes generales habitación (1P×15 A); C7 - lavandería con GFCI (1P×15 A); y C8 - reserva (sin breaker instalado).

C.4. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra está constituido por un electrodo tipo varilla de cobre de 5/8 de pulgada de diámetro y 2,4 metros de longitud, hincado verticalmente bajo la zona del medidor. El conductor del SPT en cobre desnudo conecta la varilla con la barra de tierra del tablero principal, a la cual a su vez se conectan los conductores de protección (verde o verde con franja amarilla) de los siete circuitos derivados. Para reducir la resistividad del terreno, se aplicó tratamiento del suelo con mezcla de carbón vegetal, arcilla y compuesto químico mejorador de tierras.

C.5. Cargas, demanda y conductores

La carga instalada total del sistema es de 4.469 W, distribuida así: iluminación 149 W (siete lámparas LED de 18 W más un plafón LED de 23 W); cargas especiales 2.700 W (aire acondicionado 1.200 W, nevera 400 W, lavandería 700 W y licuadora 400 W); y tomacorrientes generales 1.620 VA (nueve puntos a 180 VA cada uno). Aplicando los factores de demanda del art. 220.42 de la NTC 2050 (100 % a los primeros 3.000 VA y 35 % al excedente), la demanda máxima estimada es de 3.514 VA, equivalente a 29,3 A en sistema monofásico de 120 V.

C.6. Cumplimiento normativo

La instalación se diseña y ejecuta conforme al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024) y a la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 - Código Eléctrico Colombiano (ICONTEC, 2020). Los conductores cumplen con la norma UL 83 / NTC 1332 y cuentan con certificación de producto RETIE. El tablero de distribución, los interruptores termomagnéticos, los tomacorrientes GFCI y la varilla de puesta a tierra cuentan con certificación RETIE expedida por organismos acreditados.

C.7. Responsable técnico

La instalación fue ejecutada por los autores del trabajo de grado, en calidad de practicantes de la Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico de las Unidades Tecnológicas de Santander, bajo la dirección académica del Ing. Luis José Barbosa Ortega. Para la energización formal del servicio se requiere la firma del dictamen de inspección por parte de un electricista o ingeniero electricista con matrícula profesional vigente y la presentación de los respectivos certificados de producto RETIE de los materiales utilizados.

APÉNDICE D. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ejecutó en un periodo de doce semanas, distribuidas entre febrero y abril de 2026. Las actividades se agruparon en cinco fases conforme a la metodología propuesta y se programaron de manera secuencial con algunos solapamientos, según se presenta en la Tabla D.1.

Tabla D.1. Cronograma de ejecución del proyecto

Actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
F1 Revisión bibliográfica	■	■										
F1 Levantamiento en campo		■	■									

Actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
F1 Inventario de cargas			■	■								
F2 Cálculo de cargas				■	■							
F2 Estimación de demanda					■							
F3 Diseño de circuitos					■	■						
F3 Plano y unifilar						■	■					
F4 Selección de materiales							■	■				
F4 Compra de insumos								■	■			
F5 SPT y acometida									■			
F5 Tablero y canalización									■	■		
F5 Cableado y salidas										■	■	
F5 Pruebas y entrega											■	■
Redacción del informe	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Elaboración propia. Las semanas se cuentan a partir de la primera semana de febrero de 2026. La actividad de redacción del informe se desarrolla en paralelo a todas las fases para registrar oportunamente los resultados.

APÉNDICE E. PRESUPUESTO DETALLADO DEL PROYECTO

El presupuesto se estructura por capítulos de obra eléctrica, separando suministro de materiales y mano de obra. Los precios unitarios corresponden al promedio de mercado del eje Bucaramanga-Barrancabermeja para el segundo trimestre de 2026 y son referenciales; el costo final puede variar en función de los proveedores y las cantidades adquiridas.

E.1. Capítulo 1 - Acometida y equipo de medida

Tabla E.1. Presupuesto del capítulo 1 (acometida y equipo de medida)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
1.1	Cable concéntrico 1x8+8 Cu acometida	m	8	14.500	116.000

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
1.2	Medidor electrónico monofásico 120 V 100 A	Und.	1	180.000	180.000
1.3	Caja para medidor con visor	Und.	1	85.000	85.000
1.4	Interruptor totalizador 1P x 30 A	Und.	1	32.000	32.000
1.5	Caja para totalizador	Und.	1	25.000	25.000
1.6	Mano de obra acometida y medida	Gl.	1	180.000	180.000
	Subtotal capítulo 1				618.000

Fuente: Elaboración propia. Precios referenciales eje Bucaramanga-Barrancabermeja para 2026. Gl. = Global.

E.2. Capítulo 2 - Sistema de puesta a tierra

Tabla E.2. Presupuesto del capítulo 2 (sistema de puesta a tierra)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
2.1	Varilla de cobre 5/8" x 2,4 m	Und.	1	120.000	120.000
2.2	Cable Cu desnudo #8 AWG	m	5	7.800	39.000
2.3	Conector bronce certificado para varilla	Und.	1	18.000	18.000
2.4	Caja de inspección plástica	Und.	1	22.000	22.000
2.5	Compuesto químico mejorador (hidrosolda)	Bolsa	1	45.000	45.000
2.6	Carbón vegetal y arcilla para tratamiento	Bulto	1	30.000	30.000
2.7	Mano de obra excavación e hincado	Gl.	1	120.000	120.000
	Subtotal capítulo 2				394.000

Fuente: Elaboración propia. La varilla cumple con norma NTC 2206 y con certificación RETIE.

E.3. Capítulo 3 - Tablero, protecciones y dispositivos

Tabla E.3. Presupuesto del capítulo 3 (tablero y protecciones)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
3.1	Tablero ABC monofásico 8 circuitos	Und.	1	110.000	110.000
3.2	Interruptor termomagnético 1P x 15 A	Und.	5	14.500	72.500
3.3	Interruptor termomagnético 1P x 20 A	Und.	1	16.000	16.000
3.4	Tomacorriente GFCI 20 A 125 V	Und.	3	85.000	255.000
3.5	Tomacorriente dúplex polarizado 15 A	Und.	8	12.500	100.000
3.6	Interruptor sencillo 15 A	Und.	3	8.000	24.000
3.7	Interruptor conmutable sencillo	Und.	4	12.000	48.000
3.8	Interruptor conmutable doble	Und.	1	22.000	22.000
	Subtotal capítulo 3				647.500

Fuente: Elaboración propia. Todos los dispositivos cuentan con certificación de producto RETIE.

E.4. Capítulo 4 - Conductores y canalización

Tabla E.4. Presupuesto del capítulo 4 (conductores y canalización)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
4.1	Cable Centelsa THHN/THWN-2 #12 AWG amarillo	m	60	2.800	168.000
4.2	Cable Centelsa THHN/THWN-2 #12 AWG blanco	m	60	2.800	168.000
4.3	Cable Centelsa THHN/THWN-2 #12 AWG verde	m	60	2.800	168.000
4.4	Cable Centelsa THHN/THWN-2 #8 AWG (alimentador)	m	15	7.200	108.000
4.5	Tubería PVC eléctrica 1/2" x 3 m	Tramo	30	5.500	165.000
4.6	Tubería PVC eléctrica 3/4" x 3 m	Tramo	4	8.500	34.000
4.7	Curva PVC eléctrica 1/2"	Und.	24	1.200	28.800

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
4.8	Curva PVC eléctrica 3/4"	Und.	4	1.800	7.200
4.9	Caja eléctrica 2"x4" PVC	Und.	12	3.500	42.000
4.10	Caja metálica 4"x4" para televisión	Und.	2	12.000	24.000
4.11	Conector capuchón (paquete x 10)	Pq.	4	15.000	60.000
4.12	Cinta aislante PVC 3/4"	Rollo	3	6.500	19.500
	Subtotal capítulo 4				992.500

Fuente: Elaboración propia. Los conductores Centelsa cumplen con UL 83 / NTC 1332 y poseen certificación RETIE.

E.5. Capítulo 5 - Iluminación

Tabla E.5. Presupuesto del capítulo 5 (iluminación)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
5.1	Lámpara LED de techo 18 W 120 V	Und.	7	32.000	224.000
5.2	Plafón LED 23 W 120 V exterior	Und.	1	45.000	45.000
5.3	Ventilador de techo residencial 60-70 W	Und.	1	180.000	180.000
	Subtotal capítulo 5				449.000

Fuente: Elaboración propia. Lámparas LED RETIE certificadas. La estimación incluye luminarias para sala, cocina, habitación, baño, pasillo y exterior.

E.6. Capítulo 6 - Mano de obra y obra civil

Tabla E.6. Presupuesto del capítulo 6 (mano de obra y obra civil)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
6.1	Regatas en pared (m lineal)	m	40	8.500	340.000
6.2	Resane y acabado	Gl.	1	180.000	180.000
6.3	Cemento y mortero	Bulto	2	38.000	76.000

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V. unit. (COP)	V. total (COP)
6.4	Mano de obra eléctrica integral	Gl.	1	950.000	950.000
	Subtotal capítulo 6				1.546.000

Fuente: Elaboración propia. La mano de obra eléctrica integral incluye instalación de tablero, canalización, cableado, conexión de dispositivos y pruebas.

E.7. Resumen general del presupuesto

Tabla E.7. Resumen general del presupuesto del proyecto

Capítulo	Descripción	Subtotal (COP)
1	Acometida y equipo de medida	618.000
2	Sistema de puesta a tierra	394.000
3	Tablero, protecciones y dispositivos	647.500
4	Conductores y canalización	992.500
5	Iluminación	449.000
6	Mano de obra y obra civil	1.546.000
	COSTO DIRECTO	4.647.000
	AIU (administración, imprevistos, utilidad) 15 %	697.050
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	5.344.050

Fuente: Elaboración propia. AIU calculado al 15 % sobre el costo directo, conforme a las prácticas usuales en proyectos eléctricos residenciales en Colombia.

APÉNDICE F. LISTA DE CHEQUEO DE CUMPLIMIENTO RETIE Y NTC 2050

La siguiente lista de chequeo recoge los requisitos aplicables del RETIE 2024 y de la NTC 2050 al proyecto, indicando el estado de cumplimiento verificado al término de la implementación. Esta herramienta sirve como soporte para la inspección técnica previa a la energización.

Tabla F.1. Lista de chequeo del cumplimiento normativo del sistema eléctrico

N°	Requisito	Norma	Cumple	Observación
1	Acometida con conductor certificado RETIE	RETIE 2024 art. 20	Sí	Concéntrico 1x8+8 Cu certificado
2	Altura de acometida $\geq 3,5$ m sobre andén	RETIE 2024 art. 13	Sí	Verificado en obra
3	Equipo de medida con sello metrológico	RETIE 2024 art. 17	Sí	S/N 30455154
4	Interruptor totalizador accesible	NTC 2050 art. 230	Sí	1P x 30 A en caja externa
5	Tablero con barra de neutro y barra de tierra independientes	NTC 2050 art. 250	Sí	Tablero ABC 8 circuitos
6	Tablero certificado RETIE	RETIE 2024 art. 20.23	Sí	Marca ABC con sello
7	Identificación de circuitos en tablero	RETIE 2024 art. 20.5	Sí	Etiquetado interno
8	Interruptores termomagnéticos certificados	RETIE 2024 art. 20	Sí	ABC enchufables
9	Coordinación protección-conductor	NTC 2050 art. 240.4	Sí	Ver Tabla 8
10	Conductor de tierra mínimo Tabla 250-122	NTC 2050 art. 250.122	Sí	#12 AWG \geq mínimo requerido
11	Identificación por colores de conductores	RETIE 2024 art. 12	Sí	Amarillo/blanco/verde
12	Tomacorrientes con polarización correcta	NTC 2050 art. 406	Sí	Verificado con probador
13	Distancia entre tomas $\leq 3,6$ m	NTC 2050 art. 210.52(A)(1)	Sí	Distribución en sala y cuarto
14	GFCI en zonas húmedas	NTC 2050 art. 210.8	Sí	C2, C3 y C7
15	Operación verificada de los GFCI	RETIE 2024 art. 20	Sí	Test/Reset operativo
16	Empalmes en cajas registrables	NTC 2050 art. 110.14	Sí	Wire-nuts en cajas
17	Conductores no expuestos fuera de canalización	NTC 2050 art. 300	Sí	Tubería PVC continua

N°	Requisito	Norma	Cumple	Observación
18	Caída de tensión < 3 % en circuitos derivados	NTC 2050 art. 210.19	Sí	Ver Tabla B.3
19	Caída de tensión < 5 % alimentador-derivado	NTC 2050 art. 215.2	Sí	Ver Tabla B.3
20	SPT con varilla certificada RETIE	RETIE 2024 art. 15	Sí	Varilla 5/8" x 2,4 m
21	Tratamiento del terreno aplicado	NTC 4552 (referencia)	Sí	Carbón + arcilla + hidrosolda
22	Resistencia de SPT $\leq 25 \Omega$	RETIE 2024 art. 15	Asumido	Pendiente medición con telurómetro
23	Continuidad del conductor de protección	NTC 2050 art. 250	Sí	Verificado con multímetro
24	Equipotencialización de partes metálicas	RETIE 2024 art. 15	Sí	Cajas y marcos a tierra
25	Plano eléctrico y unifilar elaborados	RETIE 2024 art. 10	Sí	Ver Figura 9
26	Cuadro de circuitos elaborado	NTC 2050 art. 408	Sí	Ver Tabla 6
27	Memoria de cálculo elaborada	RETIE 2024 art. 10	Sí	Ver Apéndice B
28	Lista de materiales con productos certificados	RETIE 2024 art. 10	Sí	Ver Tabla 9
29	Pruebas de funcionamiento realizadas	RETIE 2024 art. 23	Sí	Ver Tabla 10
30	Bitácora y registro fotográfico	NTC 2050 (buenas prácticas)	Sí	Ver Anexos A-H

Fuente: Elaboración propia. La lista debe ser firmada por el responsable técnico de la instalación al momento de la inspección previa a la energización.

ANEXOS

ANEXO I. FICHAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES

Este anexo recoge las fichas técnicas de los principales componentes utilizados en la implementación del sistema eléctrico. La información proviene de los catálogos oficiales de los fabricantes y de las normas técnicas aplicables a cada producto. Todas las referencias seleccionadas cuentan con certificación RETIE vigente.

ANEXO I.1. CONDUCTORES CENTELSA THHN/THWN-2 #12 AWG Y #8 AWG

Los conductores empleados para los siete circuitos derivados (#12 AWG) y para el alimentador entre el medidor y el tablero (#8 AWG) corresponden a la línea de cables Centelsa THHN/THWN-2, fabricados por Centelsa S.A.S. (Cables de Energía y Telecomunicaciones), una de las empresas líderes del sector en Colombia.

Fabricante	Centelsa S.A.S. - Cables de Energía y Telecomunicaciones
Línea	Alambres y cables THHN/THWN-2
Conductor	Cobre suave (sólido para alambre, cableado para cable flex)
Aislamiento	PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al calor y a la humedad
Chaqueta exterior	Poliamida (nylon) - característica EXTRADESIZABLE desde el calibre 8 AWG
Tensión nominal	600 V
Temperatura máxima	90 °C en lugares secos / 75 °C en lugares húmedos
Calibres usados en el proyecto	#12 AWG (3,31 mm ²) y #8 AWG (8,37 mm ²)
Colores empleados	Amarillo (fase) - Blanco (neutro) - Verde (tierra)
Normas que cumple	RETIE 2024 (desde calibre 12 AWG); UL 83; NTC 1332; ASTM aplicables; NTE-INEN-2345

Aplicaciones	Alambrado eléctrico en edificaciones residenciales, circuitos alimentadores y ramales
Ampacidad #12 AWG	20 A (máx. 3 conductores en canalización, 30 °C ambiente, 90 °C conductor)
Ampacidad #8 AWG	50 A (mismas condiciones)
Presentación	Rollos de 100 m

Aplicación en el proyecto: el calibre #12 AWG se utilizó para los siete circuitos derivados activos del tablero, transportando corrientes operativas entre 1,8 A (iluminación) y 12,5 A (aire acondicionado), todas dentro de su ampacidad de 20 A. El calibre #8 AWG se utilizó para el alimentador entre el medidor y el tablero principal, con corriente de demanda de 29,3 A frente a su ampacidad de 50 A.

ANEXO I.2. TABLERO MONOFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN 8 CIRCUITOS

El tablero de distribución empotrado utilizado en el proyecto corresponde a la línea ABC monofásica para empotrar, con barraje continuo de aluminio estañado y aisladores en material autoextinguible.

Tipo	Tablero monofásico para empotrar, breakers enchufables
Capacidad de circuitos	8 espacios para breakers monopolares enchufables
Tensión nominal	120/240 V AC
Corriente nominal del barraje	75 A
Capacidad de cortocircuito	10 kA
Material del encerramiento	Lámina de acero calibre 20 mínimo, pintura electrostática
Barraje	Aluminio estañado continuo, sin empalmes (acepta Cu y Al)
Aisladores	Material autoextinguible (Noryl o equivalente)
Componentes incluidos	Barra de neutro y barra de tierra independientes
Calibres aceptados (línea principal)	AWG 6 a AWG 2 (Cu/Al)
Norma aplicable	RETIE 2024, art. 3.20.7; NTC 2050 art. 408; UL 67

Certificación	Certificado de producto RETIE
Acabado	Color blanco RAL 9003, con puerta y cierre
Aplicación en el proyecto	Tablero principal del aparta-estudio, con totalizador externo

El tablero alberga los siete interruptores termomagnéticos enchufables de los circuitos activos y deja un espacio reservado para una futura ampliación (C8). El barraje de 75 A es ampliamente suficiente para la corriente de demanda calculada (29,3 A), proveyendo un margen del 156 %.

ANEXO I.3. INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TOTALIZADOR 1P x 30 A

El interruptor automático que protege la totalidad de la instalación, instalado en la caja externa al medidor, es de tipo termomagnético monopolar enchufable.

Tipo	Interruptor automático termomagnético monopolar enchufable
Polos	1 (monopolar)
Corriente nominal	30 A
Tensión nominal	120/240 V AC
Frecuencia	50/60 Hz
Capacidad de interrupción	10 kA a 240 V AC
Curva de disparo	C (estándar para uso residencial)
Norma aplicable	NTC 2116; UL 489; RETIE 2024
Certificación	Certificado de producto RETIE
Aplicación en el proyecto	Totalizador del servicio de la vivienda

ANEXO I.4. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS 1P x 15 A Y 1P x 20 A

Los breakers que protegen los circuitos derivados son del mismo tipo termomagnético enchufable, en capacidades de 15 A para los circuitos generales y de iluminación, y 20 A para el circuito de aire acondicionado.

Tipo	Interruptor automático termomagnético monopolar enchufable
Capacidades utilizadas	5 unidades de 15 A (C1, C2, C3, C4, C6, C7) y 1 unidad de 20 A (C5)
Tensión nominal	120/240 V AC
Capacidad de interrupción	10 kA
Curva de disparo	C
Compatibilidad	Tablero monofásico tipo enchufable (compatible con barraje del tablero ABC)
Norma aplicable	NTC 2116; UL 489; RETIE 2024
Certificación	Certificado de producto RETIE
Función	Protección contra sobrecarga (efecto térmico) y cortocircuito (efecto magnético)

ANEXO I.5. TOMACORRIENTE GFCI 20 A 125 V

Los tomacorrientes con interruptor por falla a tierra (Ground Fault Circuit Interrupter), instalados en los circuitos C2 (nevera), C3 (cocina) y C7 (lavandería), son dispositivos dúplex tipo decora con autopruera.

Tipo	Tomacorriente dúplex GFCI tipo decora con autopruera (SmartlockPro o equivalente)
Marca de referencia	Leviton, Eagle, Bticino o equivalente con certificación RETIE
Corriente nominal	20 A
Tensión nominal	125 V AC
Configuración	NEMA 5-20R, 2 polos, 3 hilos (dúplex)
Tiempo de disparo	< 25 ms a corrientes de fuga ≥ 5 mA
Función test/reset	Pulsadores integrados para verificación periódica
Conexión	Cable posterior o lateral, conexión automática a tierra
Norma aplicable	UL 943; NTC 2050 art. 210.8; RETIE 2024
Certificación	Certificado de producto RETIE; cumple NEC y UL 943
Aplicación	Zonas con humedad: cocina, lavadero, espacio para nevera

La inclusión de tomacorrientes GFCI en estos puntos representa una medida de protección esencial contra el riesgo de electrocución por contacto con superficies húmedas o con equipos con corrientes de fuga. La autoprueba periódica recomendada al usuario consiste en pulsar el botón TEST mensualmente y verificar el disparo, seguido del RESET para restablecer el servicio.

ANEXO I.6. VARILLA DE PUESTA A TIERRA DE COBRE 5/8" x 2,4 M

El electrodo del sistema de puesta a tierra corresponde a una varilla de cobre macizo o copperweld (núcleo de acero recubierto de cobre electrolítico), suministrada con grapa de conexión y conector certificado.

Fabricante de referencia	Cobres de Colombia S.A.S. (CC), Tecnoweld u otros con certificación RETIE
Tipo	Electrodo de puesta a tierra tipo varilla
Material	Cobre electrolítico de alta conductividad (95 %) o copperweld con capa de cobre $\geq 50 \mu\text{m}$
Diámetro	5/8" ($\approx 14,0 \text{ mm} - 15,9 \text{ mm}$)
Longitud	2,4 m
Capacidad máxima de corriente	100 A (para descargas)
Resistencia objetivo	$\leq 25 \Omega$ (RETIE 2024 para sistemas residenciales con un solo electrodo)
Geometría del extremo	Cono truncado de 60° (extremo de hincado) y biselado plano (extremo superior)
Accesorios incluidos	Grapa de conexión y conector de bronce certificado
Normas aplicables	NTC 2206; ANSI UL 467; RETIE 2024 art. 15
Certificación	Certificado de producto RETIE
Tipo de producto RETIE	Electrodos de puesta a tierra y puestas a tierra temporales
Aplicación en el proyecto	Electrodo único conectado a la barra de tierra del tablero, con tratamiento del terreno

La varilla se hincó verticalmente bajo la zona del medidor con tratamiento del terreno mediante una mezcla de carbón vegetal, arcilla y compuesto químico mejorador de tierras (hidrosolda), buscando reducir la resistividad natural del suelo durante la temporada seca, característica del clima de Barrancabermeja.

ANEXO I.7. TUBERÍA PVC ELÉCTRICA 1/2" Y 3/4"

La canalización del sistema eléctrico se ejecutó en tubería PVC eléctrica color verde, en dos diámetros conforme al cálculo del factor de relleno y al tipo de conductor alojado.

Tipo	Tubería PVC para instalaciones eléctricas (113onduit)
Color	Verde (estándar comercial colombiano para tubería eléctrica)
Diámetros utilizados	1/2" (16 mm) y 3/4" (21 mm)
Longitud por tramo	3 metros
Material	PVC rígido autoextinguible
Tensión de operación	Hasta 600 V
Temperatura de operación	-15 °C a +60 °C
Resistencia mecánica	Resistente al impacto y a la flexión
Accesorios complementarios	Curvas, uniones y adaptadores PVC del mismo diámetro
Norma aplicable	NTC 2374; RETIE 2024 art. 20
Certificación	Certificado de producto RETIE
Aplicación en el proyecto	Canalización empotrada y aérea de los siete circuitos derivados (1/2") y del alimentador entre medidor y tablero (3/4")

ANEXO I.8. CABLE CONCÉNTRICO 1x8 + 8 CU (ACOMETIDA)

La acometida desde la red secundaria de la operadora ESSA hasta el medidor de energía se ejecutó en cable concéntrico de cobre, configuración 1x8 + 8 AWG.

Tipo	Cable concéntrico para acometida residencial monofásica
Configuración	1×8 + 8 AWG (un conductor de fase + neutro concéntrico, ambos cobre)
Conductor	Cobre suave electrolítico
Sección	8,37 mm ² (8 AWG) por conductor
Aislamiento del conductor de fase	PVC para 600 V
Conductor neutro concéntrico	Hilos de cobre dispuestos concéntricamente alrededor del aislamiento de la fase
Cubierta exterior	PVC de protección mecánica
Tensión nominal	600 V
Aplicación	Acometidas aéreas y subterráneas residenciales hasta 100 A
Norma aplicable	NTC 4805; RETIE 2024
Certificación	Certificado de producto RETIE
Longitud usada en el proyecto	8 metros aproximadamente, dispuesto de forma aérea

La configuración concéntrica del cable de acometida ofrece una ventaja de seguridad: el conductor de neutro envuelve al de fase, proporcionando una protección mecánica adicional y haciendo más difícil el contacto accidental con la fase energizada.

ANEXO I.9. LÁMPARAS LED 18 W Y PLAFÓN LED 23 W

Las luminarias seleccionadas para el sistema de iluminación corresponden a lámparas LED de techo de 18 W y un plafón LED de 23 W para el área exterior de la entrada.

Tipo	Luminaria LED de techo empotrable
Potencia eléctrica	18 W (lámparas internas) y 23 W (plafón exterior)
Tensión nominal	120 V AC
Frecuencia	50/60 Hz
Flujo luminoso aproximado	1.500-1.800 lm (18 W) y 2.000-2.200 lm (23 W)
Eficiencia luminosa	~ 90-100 lm/W
Temperatura de color	6500 K (luz blanca fría) o 4000 K (luz neutra)
Vida útil	≥ 25.000 horas
Factor de potencia	≥ 0,9
Cantidades en el proyecto	7 lámparas LED de 18 W y 1 plafón LED de 23 W
Distribución	Sala, cocina, habitación, baño, pasillo y plafón en exterior de la entrada
Norma aplicable	RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público)
Certificación	Etiqueta RETILAP del producto

La selección de luminarias LED frente a otras tecnologías (incandescente o fluorescente compacta) representa un beneficio ambiental y económico: para el conjunto de 8 luminarias, el consumo total es de 149 W; con tecnología incandescente equivalente (60 W por punto) habría sido de 480 W, lo que representa un ahorro del 69 % en el consumo asociado a iluminación.