

Diseño para el mejoramiento de las redes eléctricas y de comunicaciones del  
Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro de Villa del Rosario

Presentado por

Karen Juanita Palomino Villegas

Nicolás Andrés Ramírez Becerra

Trabajo de grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Rolando Andrés Rincón Saravia, MBA

Magíster en Dirección de Empresas

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, PhD, MSc

Doctor en Tecnología

Magíster en Informática Industrial y Automática

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T)

Bucaramanga

2026

## Dedicatoria

*Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza necesaria en cada etapa de este proceso. A mis padres, Martha Villegas y Giovanni Palomino, quienes me sostuvieron en los momentos más complejos, me enseñaron con su ejemplo el valor de la perseverancia y nunca dejaron de creer en mí. A toda mi familia, por su apoyo incondicional y por estar presentes en cada paso del camino. A mis amigos y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, hicieron parte de este recorrido. Y a mi compañero felino Milo, que ha estado a mi lado desde que empezó todo esto. Fue un camino lleno de retos, pero hoy puedo decir que valió la pena. Este logro no es únicamente mío: es de todos ustedes.*

**Karen Juanita Palomino Villegas**

*A Dios, por permitirme culminar de manera satisfactoria esta etapa de mi vida.  
A mis padres, María Becerra y Arsenio Ramírez, por brindarme su amor y sabias enseñanzas para hacer de mí una mejor persona cada día.  
A mis hermanos, Yadira, Paola, Fabián y Juan David, por ser un apoyo moral en todo momento.  
A mis tíos y demás familiares, que siempre fueron un apoyo incondicional para llegar a esta meta.  
Al Centro de Estudios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (CIEE), por acogerme durante un año, donde logré ayudar y aportar a construir ideas para que siguiera este proyecto.*

**Nicolás Andrés Ramírez Becerra**

## **Agradecimientos**

*Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, por brindarnos la formación académica y los espacios necesarios para nuestro crecimiento profesional. De manera especial, agradecemos a nuestro director de proyecto, el profesor Rolando Andrés Rincón Saravia, y a nuestro codirector, el profesor Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga, por su orientación, paciencia y valiosos aportes a lo largo del desarrollo de este trabajo. Agradecemos también al Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, por abrirnos sus puertas y permitirnos llevar a cabo este proyecto. Finalmente, a nuestros compañeros de carrera, por su compañía, su apoyo y por compartir con nosotros tantas experiencias durante este recorrido académico.*

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	10
1.1 Contexto del problema y justificación.....	11
1.2 Planteamiento del problema .....	11
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo general .....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
2. Levantamiento eléctrico y de comunicaciones .....	14
2.1 Descripción general de la infraestructura existente.....	15
2.2 Síntesis del diagnóstico .....	19
3. Diseño de redes eléctricas y de comunicaciones .....	19
3.1 Requisitos y alcances del diseño según el RETIE 2024 .....	20
3.2 Diseño del sistema de fuerza.....	21
3.3 Diseño del sistema de iluminación .....	23
3.4 Diseño del sistema de comunicaciones .....	25
3.5 Resultados del diseño .....	25
4. Elaboración del presupuesto de la obra eléctrica y de comunicaciones.....	27
5. Generación de planos eléctricos y de comunicaciones para aprobación ante la operadora de red CENS .....	28
Conclusiones.....	29
Recomendaciones .....	32
Referencias Bibliográficas.....	34

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Distribución de espacios por zonas del establecimiento educativo.....	15
<b>Tabla 2.</b> Características generales del sistema eléctrico existente.....	17
<b>Tabla 3.</b> Evaluación de aplicabilidad de los ítems de diseño establecidos en el RETIE 2024 (Libro 3, Título 3).....	20

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Distribución de zonas funcionales del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro.....	16
<b>Figura 2.</b> Estado de las acometidas eléctricas identificadas durante el levantamiento técnico. .....	17
<b>Figura 3.</b> Estado de algunos tableros eléctricos identificadas durante el levantamiento técnico.....	18
<b>Figura 4.</b> Diseño de iluminación para el Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro.....	24

## Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional

**Apéndice A.** Levantamiento eléctrico y de comunicaciones.

**Apéndice B.** Matriz de riesgo eléctrico.

**Apéndice C.** Evaluación de riesgo conforme a la NTC 4552 (SIPRA).

**Apéndice D.** Cuadros de carga.

**Apéndice E.** Cálculo económico de conductores.

**Apéndice F.** Sistema de puesta a tierra.

**Apéndice G.** Coordinación de protecciones y cortocircuito (LSPS Susol Design).

**Apéndice H.** Canalizaciones y ocupación de ductos.

**Apéndice I.** Planos eléctricos y constructivos.

**Apéndice J.** Diseño detallado de iluminación en DIALux evo.

**Apéndice K.** Memoria de cálculos RITEL.

**Apéndice L.** Memoria de cálculos RETIE.

**Apéndice M.** Presupuesto de obra eléctrica y de comunicaciones.

**Apéndice N.** Documentos presentados ante el O.R CENS ESP.

### Abstract

**Title:** Design for the Improvement of Electrical and Communication Networks of the Campestre Semillitas del Futuro Educational Institution in Villa del Rosario

**Authors:** Karen Juanita Palomino Villegas, Nicolás Andrés Ramírez Becerra

**Keywords:** Electrical networks, communication networks, electrical design, RETIE, NTC 2050, RETILAP, RITEL, educational infrastructure, electrical safety.

**Description:** This work presents the comprehensive design for the improvement of the electrical and communication networks of the Campestre Semillitas del Futuro Educational Institution, located in Villa del Rosario, Norte de Santander. A technical survey identified deficiencies in electrical safety, infrastructure organization, and connectivity coverage, which served as the basis for redesigning the power, lighting, and telecommunications systems in compliance with RETIE (Ministry of Mines and Energy, 2024), NTC 2050 (Colombian Institute of Technical Standards and Certification, 2021), RETILAP (Ministry of Mines and Energy, 2022), RITEL (Communications Regulatory Commission, 2022), and NTC 4595 (Colombian Institute of Technical Standards and Certification, 2020). The proposal includes the unification of the electrical supply into a single three-phase service entrance, the reorganization of distribution panels, a lighting design verified through DIALux evo simulation software, and the implementation of a Category 6A structured cabling system. The results are documented in construction drawings, calculation reports, and a cost estimate, forming a technically viable solution that improves the safety, reliability, and functionality of the educational infrastructure.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia. Codirector: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

## Resumen

**Título:** Diseño para el mejoramiento de las redes eléctricas y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro de Villa del Rosario

**Autores:** Karen Juanita Palomino Villegas, Nicolás Andrés Ramírez Becerra

**Palabras clave:** Redes eléctricas, redes de comunicaciones, diseño eléctrico, RETIE, NTC 2050, RETILAP, RITEL, infraestructura educativa, seguridad eléctrica.

**Descripción:** Se presenta el diseño integral para el mejoramiento de las redes eléctricas y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, ubicado en Villa del Rosario, Norte de Santander. A partir de un levantamiento técnico que evidenció deficiencias en seguridad eléctrica, organización de la infraestructura y cobertura de conectividad, se desarrolló un rediseño de los sistemas de fuerza, iluminación y telecomunicaciones, en cumplimiento con el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020). La propuesta contempla la unificación del suministro eléctrico en una sola acometida trifásica, la reorganización de tableros de distribución, el diseño de iluminación verificado mediante DIALux evo, y la implementación de un sistema de cableado estructurado en categoría 6A. Los resultados se documentan en planos constructivos, memorias de cálculo y un presupuesto de obra, conformando una solución técnica viable que mejora la seguridad, confiabilidad y funcionalidad de la infraestructura educativa.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia. Codirector: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

## 1. Introducción

El diseño de infraestructuras eléctricas y de comunicaciones en instituciones educativas es fundamental para garantizar condiciones adecuadas de seguridad y acceso a tecnologías que apoyen los procesos de enseñanza. El incremento en el uso de equipos eléctricos y herramientas digitales exige sistemas confiables, correctamente dimensionados y alineados con la normativa vigente.

En Colombia, este tipo de proyectos se rige por normativas como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el Reglamento Técnico de Redes Internas de Telecomunicaciones (RITEL) (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020), las cuales establecen los criterios para el diseño de instalaciones seguras y adecuadas para ambientes escolares. Sin embargo, en muchas instituciones las redes existentes han sido desarrolladas sin una planificación integral, limitándose a intervenciones parciales que generan configuraciones dispersas, dificultades en la operación y mantenimiento, e incumplimientos normativos.

El Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, ubicado en Villa del Rosario, Norte de Santander, no es ajeno a esta situación. Su infraestructura eléctrica y de comunicaciones presenta deficiencias acumuladas producto de intervenciones no planificadas, lo que compromete la seguridad de la comunidad educativa y limita el uso de herramientas tecnológicas. Ante este escenario, el presente trabajo desarrolla un diseño integral que abarca los sistemas de fuerza, iluminación y telecomunicaciones, con base en un levantamiento técnico de la infraestructura existente y en cumplimiento con la normativa vigente mencionada anteriormente.

## **1.1 Contexto del problema y justificación**

El Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro atiende actualmente población en edad preescolar y de básica primaria, con proyección de ampliación hacia los grados de básica secundaria. Esta expansión, sumada al incremento en el uso de herramientas digitales, exige una infraestructura eléctrica y de comunicaciones que responda a las demandas actuales y futuras de la institución.

Sin embargo, la infraestructura existente es producto de intervenciones no planificadas realizadas en distintos momentos, lo que ha derivado en una configuración dispersa de tableros y canalizaciones, ausencia de documentación técnica y limitaciones en la capacidad de expansión del sistema. Esta condición genera riesgos eléctricos para la comunidad educativa, afectaciones en la continuidad del servicio y restricciones en el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

Adicionalmente, el establecimiento no cuenta con transformador propio, por lo que el suministro llega directamente desde la red de Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS, s. f.) a través de dos acometidas independientes. La proyección de crecimiento académico e institucional hace inviable mantener esta configuración a largo plazo, ya que las ampliaciones requeridas superan la capacidad de una acometida en baja tensión, lo que hace necesaria la instalación de una subestación tipo poste de uso privado.

En este contexto, el proyecto se justifica por la necesidad de desarrollar un diseño integral que reorganice y modernice la infraestructura bajo los lineamientos del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020), garantizando condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y cumplimiento normativo para el desarrollo presente y futuro de la institución.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro presenta una infraestructura eléctrica y de comunicaciones desarrollada sin un diseño integral, cuyas

condiciones actuales no responden a los requerimientos de seguridad, organización y demanda tecnológica de la institución.

Las deficiencias identificadas durante el levantamiento técnico incluyen la existencia de dos acometidas eléctricas independientes sin centralización, tableros de distribución dispersos en diferentes zonas sin rotulación ni criterios de accesibilidad, deficiencias en el dimensionamiento de conductores y protecciones, ausencia de un sistema de iluminación técnicamente diseñado, y una red de comunicaciones sin cableado estructurado. A esto se suma la inexistencia de documentación técnica, lo que dificulta la evaluación, el mantenimiento y la validación del sistema ante la operadora de red Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS, s. f.).

Esta situación compromete la seguridad de la comunidad educativa, restringe el uso de las TIC en el proceso pedagógico y limita la capacidad de expansión futura de la infraestructura. La proyección de ampliación académica hacia bachillerato y la necesidad de una subestación tipo poste de uso privado agravan esta brecha, haciendo cada vez menos sostenible mantener la configuración actual frente a los requerimientos establecidos en el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020).

Por lo anterior, se hace necesario desarrollar un diseño integral que permita modernizar las redes eléctricas y de comunicaciones del establecimiento, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y cumplimiento normativo para su operación actual y su proyección futura.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Diseñar una solución integral para el rediseño y modernización de las redes eléctricas y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro en Villa del Rosario, con el propósito de garantizar la seguridad eléctrica, la eficiencia energética y la confiabilidad en los servicios de comunicación, en cumplimiento con la normatividad técnica vigente.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Realizar el levantamiento eléctrico y de comunicaciones de la institución mediante la recopilación de información detallada del estado actual de la infraestructura, incluyendo tableros, acometidas, canalizaciones, sistemas de puesta a tierra y red de datos, con el fin de contar con un diagnóstico técnico que permita sustentar las decisiones de diseño.

Diseñar los sistemas de fuerza, iluminación y comunicaciones mediante la formulación de una propuesta integral que cumpla con los lineamientos del RETIE, la NTC 2050, NTC 4595, el RETILAP y el RITEL, garantizando seguridad, eficiencia energética y cobertura adecuada para las demandas tecnológicas y pedagógicas de la institución.

Elaborar el presupuesto de la obra eléctrica y de comunicaciones estimando los costos asociados a materiales, equipos, mano de obra, transporte e imprevistos, de manera que se determine la viabilidad económica de la propuesta dentro de los recursos disponibles de la institución.

Generar los planos eléctricos y de comunicaciones requeridos para la aprobación de la operadora de red (CENS) incluyendo diagramas unifilares, memorias de cálculo y planos técnicos conforme a la normativa vigente, con el fin de asegurar la validez y aplicabilidad de la propuesta ante la entidad reguladora.

## 2. Levantamiento eléctrico y de comunicaciones

El levantamiento técnico realizado en el Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro tuvo como objetivo caracterizar el estado actual de la infraestructura eléctrica y de comunicaciones, con el fin de establecer una línea base que sustentara el proceso de rediseño. La metodología empleada incluyó inspección en campo, recorridos técnicos, registro fotográfico y verificación visual de los principales componentes del sistema, considerando los lineamientos del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020).

En cuanto a las mediciones instrumentadas, se realizaron verificaciones de tensión mediante multímetro y mediciones de corriente con pinza amperimétrica, lo que permitió obtener datos eléctricos básicos del sistema. No se realizaron mediciones de iluminancia con luxómetro ni de resistividad del terreno con telurómetro. Respecto a la iluminancia, este tipo de medición debe realizarse en condiciones de iluminación artificial activa, es decir, en horario nocturno, cuando la luz natural no interfiere con los resultados. Dado que el acceso a la institución solo fue posible en horario diurno, no se contó con personal disponible para permitir el ingreso en la noche y el grupo de trabajo no disponía de un luxómetro, esta medición no pudo llevarse a cabo. En cuanto al telurómetro, la universidad dispone del equipo, pero su uso está restringido a las instalaciones del campus universitario en Bucaramanga. Dado que el proyecto se desarrolló en Villa del Rosario, municipio del área metropolitana de Cúcuta, el traslado del equipo fuera de la universidad no era viable bajo las condiciones de préstamo institucional. Dado que no fue posible realizar la medición de resistividad del terreno, el diseño del sistema de puesta a tierra se fundamentó en un valor de referencia obtenido de un informe técnico desarrollado por la Universidad de Pamplona, Sede Villa del Rosario (Uribe et al., 2025), institución ubicada en las inmediaciones del establecimiento educativo y cuyo contexto geológico y de suelo es comparable al del sitio del proyecto.

El valor de resistividad utilizado fue de  $33,86 \Omega \cdot m$ , el cual sirvió como base para los cálculos presentados en el Apéndice F. No obstante, conforme a los lineamientos del RETIE

(Ministerio de Minas y Energía, 2024), se advierte que este valor debe verificarse mediante medición directa en campo antes de la construcción, ya que la resistividad del terreno puede variar incluso en distancias cortas.

El alcance del levantamiento se limitó a elementos visibles y accesibles, sin desmontaje de equipos. Los resultados corresponden a un diagnóstico técnico preliminar orientado a identificar condiciones generales de la instalación, riesgos evidentes y oportunidades de mejora que fundamentaron las decisiones de diseño.

El registro fotográfico completo, el inventario de elementos y el análisis detallado por sistemas se presentan en el Apéndice A.

## 2.1 Descripción general de la infraestructura existente

El Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro es una institución de un solo nivel que atiende población en edad preescolar y de básica primaria, con proyección de ampliación hacia los grados de básica secundaria. La infraestructura física se organiza en tres zonas funcionales, tal como se ilustra en la Figura 1 y se describe en la Tabla 1.

Esta distribución espacial fue determinante para establecer la ubicación estratégica de los tableros de distribución propuestos en el diseño, buscando minimizar longitudes de circuito, mejorar la accesibilidad y garantizar una cobertura eficiente de cada zona.

**Tabla 1.**

*Distribución de espacios por zonas del establecimiento educativo.*

Zonas	Espacios del establecimiento educativo
Zona 1 y 2	Salones de párvulos-primaria, rectoría, secretaría, baños, enfermería y cocina
Zona 3	Sala de informática, papelería y cuatro aulas de clase
Áreas exteriores	Jardín exterior y cancha deportiva

*Nota.* La tabla presenta la distribución de los espacios físicos del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, agrupados según las zonas funcionales identificadas durante el levantamiento técnico.

El establecimiento no dispone de instalaciones especiales como auditorio, laboratorio o piscina. El suministro eléctrico llega directamente de la red de distribución de CENS (CENS).

(s. f.), sin transformador propio, a través de dos acometidas aéreas independientes en nivel de tensión 1 con servicio trifásico (véase Figura 2). La existencia de dos acometidas independientes responde a intervenciones eléctricas realizadas en distintos momentos a lo largo de la historia del establecimiento. Según información suministrada por el rector y el encargado de mantenimiento de la institución, la última intervención quedó inconclusa debido a que el técnico responsable abandonó los trabajos sin finalizarlos, dejando una configuración parcial que nunca fue integrada al sistema existente. Esta situación derivó en la coexistencia de dos suministros independientes, con la consecuente dispersión de tableros y la ausencia de un esquema de distribución unificado y documentado.

**Figura 1.**

*Distribución de zonas funcionales del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro.*



*Nota.* La figura presenta la delimitación de las zonas funcionales del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro: Zona 1 y 2 (área administrativa y de aulas), Zona 3 (aulas) y Zona Exterior (área recreativa). Adaptado de Google Maps (2025).

Un hallazgo adicional de especial relevancia fue la inexistencia de documentación técnica de ningún tipo, incluyendo planos arquitectónicos de la edificación. Ante esta situación, el equipo de trabajo no solo realizó el levantamiento eléctrico y de comunicaciones, sino que

también elaboró el levantamiento arquitectónico completo de la institución, a partir del cual se construyó el plano de planta del establecimiento. Este plano resultó fundamental para el desarrollo de los diseños eléctricos y de comunicaciones, así como para la modelación tridimensional de los espacios en DIALux evo, herramienta utilizada para el diseño y simulación del sistema de iluminación. Las características generales del sistema eléctrico existente se resumen en la Tabla 2.

### Figura 2.

*Estado de las acometidas eléctricas identificadas durante el levantamiento técnico.*



*Nota.* La figura muestra el estado actual de las dos acometidas eléctricas existentes en el Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, evidenciando su ubicación en fachada y las condiciones físicas de los medidores y conexiones.

### Tabla 2.

*Características generales del sistema eléctrico existente.*

Característica	Condición identificada
<b>Tipo de suministro</b>	Trifásico, acometida aérea directa desde la red CENS
<b>Sistema de medición</b>	Trifásico 3 fases 4 hilos
<b>Número de acometidas</b>	Dos acometidas independientes en nivel de tensión 1
<b>Transformador propio</b>	No disponible
<b>Estado de los tableros</b>	Deficiente: sin rotulación, accesibilidad inadecuada y organización interna irregular

<b>Trazabilidad de circuitos</b>	Limitada: tableros ubicados en zonas de difícil acceso, incluyendo sobre el tejado
<b>Documentación técnica</b>	Inexistente
<b>Sistema de comunicaciones</b>	Sin cableado estructurado, cobertura limitada

*Nota. Características generales del sistema eléctrico existente identificadas durante el diagnóstico técnico realizado en el establecimiento educativo.*

Las condiciones identificadas reflejan un sistema desarrollado sin planificación integral, cuyas intervenciones parciales han derivado en una configuración dispersa y de difícil gestión. Durante el levantamiento se evidenciaron tableros de distribución ubicados en zonas de acceso restringido o inadecuado, sin rotulación y con organización interna deficiente, condiciones que incumplen los requisitos de accesibilidad y señalización establecidos en el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024). Adicionalmente, se identificaron tableros instalados sobre el tejado, lo que impide la correcta identificación y trazabilidad de los circuitos existentes (véase Figura 3). El registro fotográfico completo, el inventario de elementos y el análisis detallado de todas las condiciones identificadas se presentan en el **Apéndice A: Levantamiento eléctrico y de comunicaciones.**

### Figura 3.

*Estado de algunos tableros eléctricos identificadas durante el levantamiento técnico.*



*Nota. Izquierda: tablero principal con cableado desordenado y conexiones sin canalización adecuada. Derecha: tablero secundario instalado en fachada sin protección contra agentes ambientales.*

## **2.2 Síntesis del diagnóstico**

A partir del levantamiento técnico realizado, se concluye que la infraestructura eléctrica y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro presenta deficiencias estructurales en su organización, seguridad y capacidad de respuesta frente a las necesidades actuales y futuras de la institución.

Las condiciones más críticas identificadas abarcan todos los sistemas evaluados. En el sistema eléctrico, se encontraron dos acometidas independientes sin centralización, producto de intervenciones parciales e inconclusas, con aproximadamente seis tableros dispersos sin rotulación, accesibilidad inadecuada y organización interna deficiente. Los conductores y protecciones presentan deficiencias en su dimensionamiento sin criterios técnicos verificables, y el sistema de iluminación carece de un diseño formal y no cuenta con niveles de iluminancia medidos ni verificados. En cuanto a la puesta a tierra, no existe documentación ni mediciones de resistividad disponibles. La red de comunicaciones opera sin cableado estructurado y con cobertura limitada, sin ningún diseño formal que la respalde.

Este diagnóstico constituye la base técnica sobre la cual se desarrolló el diseño integral presentado en el capítulo 3, orientado a mejorar las condiciones de seguridad, garantizar el cumplimiento normativo conforme al RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020), y optimizar el desempeño de las redes eléctricas y de comunicaciones de la institución.

## **3. Diseño de redes eléctricas y de comunicaciones**

El diseño de las redes eléctricas y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro se desarrolló a partir del diagnóstico obtenido en el levantamiento técnico, con el propósito de plantear una solución integral que respondiera a las condiciones actuales de la infraestructura y a las necesidades futuras de la institución.

La metodología se basó en el análisis de cargas, la evaluación de las condiciones de la instalación existente y la aplicación de criterios técnicos definidos por el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y

Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020). A partir de estos lineamientos, se establecieron criterios de dimensionamiento, distribución y organización de los sistemas, orientados a garantizar seguridad, eficiencia energética, confiabilidad y funcionalidad.

El diseño integra los sistemas de fuerza, iluminación y comunicaciones bajo un enfoque unificado, priorizando la estandarización de la infraestructura, la facilidad de operación y mantenimiento, y la capacidad de expansión futura. Las decisiones adoptadas se fundamentan en las condiciones identificadas durante el diagnóstico y en los requerimientos normativos y operativos propios de una institución educativa.

El detalle técnico de los cálculos y dimensionamientos se distribuye a lo largo de los apéndices del proyecto. Los aspectos relacionados con el sistema eléctrico, como cuadros de carga, cálculo económico de conductores, puesta a tierra, coordinación de protecciones y canalizaciones, se desarrollan en los Apéndices D al H, mientras que los planos constructivos se presentan en el Apéndice I. El diseño de iluminación y las memorias de cálculo RITEL y RETIE se encuentran en los Apéndices J, K y L respectivamente. En este capítulo se exponen los criterios y resultados principales del diseño.

### 3.1 Requisitos y alcances del diseño según el RETIE 2024

**Tabla 3.**

*Evaluación de aplicabilidad de los ítems de diseño establecidos en el RETIE 2024 (Libro 3, Título 3).*

ÍTEM	ÍTEMS DEL DISEÑO ELÉCTRICO SEGÚN EL RETIE 2024	APLICA		APÉNDICES
		Sí	No	
A	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X		Apéndice B
B	Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	X		Apéndice C
C	Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	X		Apéndice D
D	Coordinación de aislamiento eléctrico.	X		Apéndice D y L
E	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	X		Apéndice G
F	Análisis del nivel tensión requerido.	X		Apéndice L
G	Cálculos de campos electromagnéticos.		X	-

H	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	X	Apéndice D
I	Sistema de puesta a tierra.	X	Apéndice F
J	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	X	Apéndice E
K	Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.	X	Apéndice D
L	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.	X	Apéndice L
M	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.	X	Apéndice G
N	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	X	Apéndice H
O	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	X	Apéndice D
P	Cálculos de regulación de tensión.	X	Apéndice D
Q	Áreas clasificadas como peligrosas.	X	-
R	Diagramas unifilares.	X	Apéndice I
S	Planos eléctricos para construcción.	X	Apéndice I
T	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	X	Apéndice M
U	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	X	Apéndice L
V	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	X	-
W	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	X	Apéndice J, K, A y N
X	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.	X	-

*Nota.* La tabla muestra los ítems de diseño eléctrico exigidos por el RETIE 2024 (Libro 3, Título 3) y evalúa su aplicabilidad al presente proyecto, referenciando el apéndice donde se desarrolla cada análisis. Adaptado del Ministerio de Minas y Energía (2024).

### 3.2 Diseño del sistema de fuerza

El diseño del sistema de fuerza tuvo como objetivo garantizar una distribución eléctrica segura, confiable y organizada, que respondiera tanto a las condiciones actuales de la

institución como a su proyección futura. Esta proyección fue comunicada directamente por el director del establecimiento, quien manifestó la intención de ampliar la oferta académica hacia los grados de básica secundaria, lo que implica un incremento significativo en la demanda de carga y la eventual instalación de una subestación tipo poste de uso privado.

La metodología se basó en la estimación y organización de cargas, la definición de circuitos derivados y la estructuración de un sistema de distribución centralizado. A partir de los cuadros de carga, se establecieron criterios de balance de fases, capacidad de conductores, selección de protecciones y configuración de tableros, siguiendo los lineamientos de la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021) y el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024). Los factores de demanda se determinaron considerando las condiciones de operación propias de una institución educativa, incluyendo los requerimientos actuales y la carga proyectada derivada del crecimiento institucional previsto. La decisión central del diseño fue la unificación del suministro eléctrico en una sola acometida, eliminando la configuración de dos acometidas independientes identificada durante el levantamiento. Esta medida simplifica la operación del sistema, mejora el control de cargas, facilita la coordinación de protecciones y sienta las bases técnicas para la futura instalación de la subestación proyectada. Complementariamente, se propuso la reorganización de los tableros de distribución bajo criterios de accesibilidad, rotulación y estandarización, junto con la definición de circuitos independientes para iluminación, tomacorrientes y equipos especiales.

Para el dimensionamiento de conductores de la acometida, se realizó un análisis económico comparativo entre dos alternativas: conductores calibre 2/0 AWG instalados en paralelo frente a un conductor 4/0 AWG de mayor sección. El análisis económico presentado en el Apéndice E determinó que el conductor 4/0 AWG resultaba más económico en términos de costo de material. Sin embargo, la selección final recayó en la configuración de conductores 2/0 AWG en paralelo, sustentada en criterios técnicos que superan la consideración económica inicial. Los conductores de menor calibre son más flexibles y manejables, lo que facilita su tendido en tuberías y canalizaciones, reduciendo el esfuerzo mecánico durante la instalación. La configuración en paralelo incrementa además la superficie total expuesta del conductor, mejorando la disipación térmica del sistema, aspecto crítico en Villa del Rosario dadas sus elevadas temperaturas ambientales. Finalmente, la

distribución de la corriente entre dos trayectorias eléctricas independientes permite superar las limitaciones de amperaje de un solo conductor, ofreciendo mayor confiabilidad operativa ante una eventual falla.

La acometida se compone de 8 conductores en total, distribuidos en dos ductos independientes. En la transición aérea-subterránea se emplean dos tuberías Conduit metálica rígida (IMC), distribuyendo los conductores en paralelo entre ambos ductos para garantizar el cumplimiento de los factores de corrección por agrupamiento y por temperatura ambiente establecidos en la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), Tablas 310-15(b)(2)(a) y 310-16, evitando el sobrecalentamiento en el punto de cambio de medio. En el tramo subterráneo hasta el tablero general (TGA), la canalización se realiza mediante dos tuberías Conduit PVC tipo A, manteniendo la misma distribución de conductores entre ductos y aplicando los mismos factores de corrección normativos, considerando las condiciones térmicas particulares del municipio. El detalle de los cálculos eléctricos, la selección de conductores y la coordinación de protecciones se presentan en los Apéndices D, E, G y H.

### **3.3 Diseño del sistema de iluminación**

El diseño del sistema de iluminación tuvo como propósito garantizar niveles adecuados de iluminancia y confort visual en los diferentes espacios del establecimiento, en concordancia con las actividades académicas y administrativas desarrolladas en cada área. La metodología se basó en la clasificación de los espacios según su uso, distinguiendo entre aulas, áreas administrativas, circulaciones y zonas exteriores, para definir los niveles de iluminación requeridos y la distribución óptima de luminarias. Se aplicaron los lineamientos del RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020), considerando criterios de iluminancia media, uniformidad y deslumbramiento. Dado que no fue posible realizar mediciones de iluminancia en la instalación existente, por las razones expuestas en el capítulo 2, el diseño se fundamentó en los niveles mínimos exigidos por la normativa vigente como referencia de partida, sin disponer de una línea base medida para comparación cuantitativa. Esta condición se reconoce como una limitación del proceso y se retoma en las recomendaciones del trabajo.

Como herramienta de apoyo, se utilizó el software DIALux evo para la simulación

tridimensional de los ambientes. El alcance de la simulación abarcó tanto la iluminación general de cada espacio como la iluminancia específica sobre los tableros de clase, los cuales constituyen superficies de trabajo visual crítico para los estudiantes y requieren niveles diferenciados conforme a los criterios establecidos en la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020). La elaboración del levantamiento arquitectónico propio, descrito en el capítulo 2, fue determinante para construir los modelos de simulación con precisión geométrica real, permitiendo verificar el cumplimiento de los niveles exigidos y ajustar la disposición de las luminarias en cada espacio.

A partir de los resultados de simulación, se seleccionaron luminarias tipo LED con características adecuadas de flujo luminoso, temperatura de color y eficiencia energética, priorizando soluciones disponibles en el mercado nacional que faciliten su implementación y mantenimiento. Se optó por estandarizar las luminarias según el tipo de espacio, con el fin de garantizar uniformidad, simplificar la reposición de equipos y mejorar el control del consumo energético mediante circuitos de iluminación independientes.

El detalle de los cálculos y resultados de simulación se presenta en el Apéndice J: Diseño detallado de iluminación en DIALux evo.

#### **Figura 4.**

*Diseño de iluminación para el Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro.*



*Nota.* Modelado 3D en DIALux del establecimiento educativo.

### **3.4 Diseño del sistema de comunicaciones**

El diseño del sistema de comunicaciones tuvo como objetivo garantizar conectividad, confiabilidad y cobertura adecuada en los diferentes espacios del establecimiento, permitiendo el uso eficiente de herramientas tecnológicas en actividades académicas y administrativas, tanto para las necesidades actuales como para la proyección de crecimiento institucional manifestada por el director del establecimiento.

A partir del diagnóstico realizado, se definieron los requerimientos de conectividad por tipo de espacio, distinguiendo entre aulas, áreas administrativas y zonas comunes, así como los criterios de distribución de puntos de datos y cobertura inalámbrica, conforme a los lineamientos del RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022).

Para dar respuesta a estas necesidades, se propuso la implementación de un sistema de cableado estructurado en categoría 6A, que garantiza altas velocidades de transmisión, estabilidad en la conexión y capacidad de expansión futura. La arquitectura del sistema se basa en una topología distribuida mediante racks de comunicaciones ubicados estratégicamente según la distribución de zonas del establecimiento, lo que permite optimizar la longitud de los enlaces, mejorar la organización del cableado y facilitar la gestión de la red. Los equipos activos, incluyendo switches y elementos de gestión, se centralizan en estos racks, garantizando orden, escalabilidad y facilidad de mantenimiento.

Para la conectividad inalámbrica, se plantea la instalación de access points en pasillos y zonas estratégicas, integrados al sistema de cableado estructurado, asegurando cobertura continua en las áreas académicas y administrativas. En cuanto a los puntos de datos, se estableció como criterio general la instalación de salidas en aulas y áreas administrativas, ajustando la cantidad según la demanda de equipos en cada espacio, con especial énfasis en zonas de mayor requerimiento como la secretaría y la sala de informática. Se incorporó también una UPS central para garantizar la continuidad del servicio ante fallas en el suministro eléctrico, protegiendo los equipos activos de la red.

El detalle técnico del diseño se presenta en el Apéndice K: Memoria de cálculos RITEL.

### **3.5 Resultados del diseño**

El proceso de diseño produjo una propuesta integral para las redes eléctricas y de comunicaciones del Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro, cuyos

resultados principales se describen a continuación por sistema.

En el sistema de fuerza, se diseñaron 8 tableros de distribución: el tablero general (TGA), dos tableros normales (TN1-2 y TN3), dos tableros de aire acondicionado (TAA1-2 y TAA3), un tablero regulado principal (TREG) y dos tableros regulados para aulas, administración y Zona 3, que se conforma de la sala de informática y otras aulas (TR1-2 y TR3). Esta configuración reemplaza la dispersión de tableros sin criterio técnico identificada durante el levantamiento y centraliza la distribución bajo un esquema organizado, accesible y estandarizado. La carga total instalada asciende a 46,8 kVA. Para la selección del transformador se aplicó un factor de seguridad de 1,25, lo que determinó una capacidad nominal de 75 kVA para la subestación tipo poste proyectada, garantizando margen suficiente para el crecimiento institucional previsto.

En el sistema de iluminación, el diseño contempla un total de 185 luminarias tipo LED de la marca SYLVANIA, con una potencia instalada de 8.622,2 W y un flujo luminoso total de 912.075 lm, alcanzando un rendimiento lumínico promedio de 105,8 lm/W. En las aulas tipo se obtuvieron niveles de iluminancia media de  $E_m = 500$  lx, con uniformidad  $U_o = 50\%$  y un índice de deslumbramiento  $UGR = 19$ , valores que cumplen con los requerimientos establecidos en el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020). Para los tableros de clase, superficie de trabajo visual crítico en el entorno educativo, se verificó una iluminancia vertical de  $E_v = 500$  lx con uniformidad  $U_{ov} = 50\%$ , conforme a los criterios normativos aplicables. El sistema incluye además 23 luminarias de emergencia que garantizan la continuidad de la iluminación ante fallas en el suministro eléctrico.

En el sistema de comunicaciones, se diseñó una infraestructura de cableado estructurado en categoría 6A, soportada por 7 access points distribuidos estratégicamente en toda la institución, uno de ellos dedicado exclusivamente a la sala de informática para garantizar el ancho de banda requerido por la concentración de equipos en ese espacio. Los equipos activos de la red se centralizan en un rack de comunicaciones ubicado en la secretaría, punto geográficamente central de la institución, lo que optimiza las longitudes de enlace y facilita la gestión y mantenimiento de la red. El sistema cuenta con una UPS central que asegura la continuidad del servicio ante interrupciones en el suministro eléctrico, protegiendo los equipos activos de la red.

En conjunto, el diseño cumple con los lineamientos del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2021), el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022), el RITEL (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020), lo que garantiza su viabilidad técnica y su posible implementación. La infraestructura propuesta establece además una base estructurada para las ampliaciones futuras proyectadas por la institución. La documentación técnica completa se encuentra compilada en los Apéndices A al N, abarcando desde el levantamiento técnico y la matriz de riesgo eléctrico hasta los planos constructivos, memorias de cálculo y el presupuesto de obra.

#### **4. Elaboración del presupuesto de la obra eléctrica y de comunicaciones**

El presupuesto de la obra eléctrica y de comunicaciones se desarrolló como una estimación técnica orientada a evaluar la viabilidad económica de la propuesta de diseño planteada para el Establecimiento Educativo Campestre Semillitas del Futuro.

La estimación se estructuró a partir de la cuantificación de cantidades de obra obtenidas de los planos y diseños desarrollados, organizando los costos en los siguientes capítulos: salidas de alumbrado, luminarias, control de iluminación, tomacorrientes, tableros y protecciones, comunicaciones, conductores para circuitos alimentadores, sistema de puesta a tierra, subestación tipo poste de 75 kVA y trámites ante el operador de red. Este último capítulo incluye la gestión de aprobación ante CENS, la certificación RETIE de media tensión, transformación, medición y usuario final hasta recibo a satisfacción y puesta en funcionamiento, así como las certificaciones RETIE y RETILAP del diseño.

Los precios unitarios se establecieron con base en referencias del mercado nacional, considerando condiciones propias del entorno del proyecto como logística de transporte y alcance de las actividades constructivas. El costo directo total del proyecto asciende a \$215.683.839,70 COP. Sobre este valor se aplica el factor AIU del 18%, desglosado en Administración 8% (\$17.254.707,00), Imprevistos 3% (\$6.470.515,00) y Utilidad 7% (\$15.097.869,00), para un costo total del proyecto de \$254.506.930,70 COP.

Este valor permite dimensionar el alcance real de la inversión requerida y constituye

una herramienta concreta para la planificación y priorización de actividades en caso de implementación por etapas. El detalle completo, incluyendo cantidades de obra, análisis de precios unitarios y consolidado de costos, se presenta en el Apéndice M: Presupuesto de la obra eléctrica y de comunicaciones.

## **5. Generación de planos eléctricos y de comunicaciones para aprobación ante la operadora de red CENS**

Con el propósito de garantizar la viabilidad técnica del proyecto y su conexión al sistema de distribución local, se elaboraron los planos eléctricos y de comunicaciones requeridos para su presentación ante la operadora de red Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS, s. f.), en cumplimiento del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024) y de los lineamientos establecidos en la norma técnica de presentación de proyectos publicada por CENS (s. f.).

Como etapa inicial se realizó la estimación de la demanda eléctrica de la institución, a partir de la cual se gestionó la solicitud de servicio ante CENS (s. f.) y se obtuvo la factibilidad de conexión. Este documento define las condiciones técnicas del suministro aprobadas por el operador de red, entre las que se destacan: punto de conexión en media tensión trifásico para ampliación de carga de la cuenta existente 108148 con una capacidad de 75 kVA y medida indirecta con tres elementos, ubicado en el nodo eléctrico GMVE1585 en las coordenadas X: 1.178.005, Y: 1.357.873. La factibilidad establece además el cumplimiento previo de la Ley 1228 de 2008 y las distancias de seguridad definidas en el Título 10 del Libro 3 del RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), así como la aplicación de la condición MUNTS por indisponibilidad del operador de red, cuya verificación se realizará 14 meses después de la fecha de entrada en servicio de la nueva conexión mediante comparación de energías anuales, conforme a la Resolución CREG 015 de 2018.

La obtención de esta factibilidad constituye uno de los resultados más significativos del proyecto, ya que confirma oficialmente la viabilidad técnica de la solución propuesta ante la entidad reguladora y habilita el proceso de aprobación formal del diseño. No obstante, esta aprobación tiene una vigencia limitada, por lo que se recomienda avanzar oportunamente con la radicación del proyecto ante CENS, cumpliendo con los requisitos técnicos de

presentación, junto con la copia de la comunicación de factibilidad y los demás documentos requeridos, ya sea mediante presentación presencial en las oficinas de atención de CENS o a través del canal virtual habilitado para tal fin. Paralelamente, se recomienda gestionar la cancelación de la segunda cuenta de energía asociada a la acometida existente que quedará en desuso tras la unificación del suministro, con el fin de evitar costos fijos innecesarios y simplificar la relación contractual de la institución con el operador de red.

A partir de la factibilidad aprobada, se desarrolló el diseño detallado, que incluyó la elaboración de planos técnicos, diagramas unifilares y documentación de soporte conforme al RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024) y las normas aplicables. Como parte del proceso, se realizaron los cálculos del burden del sistema de medida, el dimensionamiento detallado de la acometida en media tensión y los detalles constructivos asociados a la subestación tipo poste, garantizando coherencia entre las condiciones técnicas establecidas en la factibilidad y el diseño propuesto. Los planos generados contemplan la representación integral del sistema: localización del proyecto, distribución eléctrica, diagramas unifilares, diseño de la acometida, ubicación de tableros, circuitos, sistema de medida, detalles constructivos de canalizaciones y sistema de puesta a tierra. Se incluyeron también los planos del sistema de comunicaciones con la disposición de puntos de red y elementos de conectividad. Las memorias de cálculo desarrolladas sustentan técnicamente el dimensionamiento de conductores, protecciones y sistema de puesta a tierra, en concordancia con la normativa vigente.

El conjunto de planos y documentos técnicos generados cumple con los requisitos exigidos por la operadora de red, garantizando que la solución propuesta sea aplicable en un contexto real y cumpla con los estándares requeridos para su construcción, operación y puesta en servicio. El detalle completo de la documentación se presenta en el Apéndice I para los planos constructivos y en el Apéndice N para los documentos presentados ante CENS.

## **Conclusiones**

La etapa de levantamiento evidenció que la institución no contaba con ningún tipo de documentación técnica, incluyendo planos arquitectónicos, lo que obligó al equipo a construir desde cero la base documental del proyecto, elaborando tanto el levantamiento eléctrico y de comunicaciones como el levantamiento arquitectónico completo. Sin esta base,

ninguna de las decisiones de diseño posteriores hubiera podido sustentarse con rigor técnico. El diagnóstico confirmó condiciones críticas: dos acometidas independientes producto de intervenciones inconclusas, tableros dispersos sin rotulación ni accesibilidad adecuada, ausencia de un sistema de iluminación formal y una red de comunicaciones sin estructura. Cada una de estas condiciones fundamenta directamente una decisión de diseño desarrollada en el capítulo 3.

El diseño del sistema de fuerza resolvió la deficiencia más crítica identificada: la coexistencia de dos acometidas independientes sin centralización. La unificación en una sola acometida trifásica, respaldada por 8 tableros organizados bajo criterios normativos, mejora estructuralmente la confiabilidad y operabilidad del sistema. La carga total instalada de 46,8 kVA y la selección de un transformador de 75 kVA, aplicando un factor de seguridad de 1,25, garantizan capacidad suficiente para las necesidades actuales y la proyección de crecimiento hacia bachillerato. En cuanto a la selección del conductor de acometida, el análisis comparativo entre las alternativas 2/0 AWG en paralelo y 4/0 AWG en un solo conductor demostró que la opción de mayor sección era más económica en material, pero técnicamente inferior para las condiciones del proyecto. La configuración de 8 conductores 2/0 AWG distribuidos en dos ductos independientes ofrece mayor flexibilidad durante el tendido, mejor disipación térmica por incremento de superficie expuesta, aspecto especialmente relevante en Villa del Rosario dadas sus elevadas temperaturas ambientales, y mayor confiabilidad operativa al distribuir la corriente entre dos trayectorias independientes. Este análisis demuestra que, en ingeniería eléctrica, las condiciones del entorno deben pesar tanto como el costo del material al momento de tomar decisiones de diseño.

El sistema de iluminación, verificado mediante simulación tridimensional en DIALux evo, alcanzó en aulas tipo valores de  $E_m = 500 \text{ lx}$ ,  $U_o = 50\%$  y  $UGR = 19$ , y verificó una iluminancia vertical de  $E_v = 500 \text{ lx}$  sobre los tableros de clase, cumpliendo con el RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2022) y la NTC 4595 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2020). La precisión de la simulación fue posible gracias al levantamiento arquitectónico elaborado durante el proyecto, que permitió modelar los espacios con geometría real. La imposibilidad de medir los niveles de iluminancia existentes

antes del diseño impidió establecer una comparación cuantitativa antes y después, limitación que no compromete la validez técnica del diseño pero que representa una verificación pendiente para la etapa de ejecución.

La infraestructura de comunicaciones diseñada en categoría 6A, con 7 access points distribuidos estratégicamente y un rack centralizado, no responde únicamente a las necesidades actuales de la institución. En un entorno donde el avance tecnológico es continuo y el uso de las TIC en el aula es cada vez más determinante para la calidad educativa, contar con una red escalable y de alto desempeño es una condición necesaria para el desarrollo académico presente y futuro. Una infraestructura subdimensionada hoy representa un obstáculo real para la integración tecnológica mañana.

El diseño del sistema de puesta a tierra se fundamentó en un valor de resistividad de  $33,86 \Omega \cdot m$ , obtenido de un informe técnico de la Universidad de Pamplona, Sede Villa del Rosario (Uribe et al., 2025), institución geográficamente próxima al establecimiento. Esta decisión fue técnicamente justificada ante la imposibilidad de realizar mediciones directas con telurómetro, condición derivada de que el equipo disponible en la universidad solo puede utilizarse dentro del campus universitario en Bucaramanga, haciendo inviable su traslado al sitio del proyecto, tal como se describe en el capítulo 2. No obstante, conforme al RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2024), la validación mediante medición directa en campo con telurómetro es de carácter obligatorio antes del inicio de la construcción, y por lo tanto el diseño del SPT presentado en este trabajo no podrá considerarse válido para su ejecución hasta que dicha medición sea realizada en sitio y los cálculos correspondientes sean verificados o ajustados según los resultados obtenidos. Este es el único componente del diseño que no puede ejecutarse sin verificación previa in situ, y su omisión representaría un riesgo técnico inaceptable.

El presupuesto estimado asciende a \$254.506.930,70 COP, incluyendo el factor AIU del 18% sobre un costo directo de \$215.683.839,70 COP. Si bien la inversión es significativa, se justifica por las mejoras en seguridad, confiabilidad y capacidad de crecimiento que aporta la solución. La instalación de la subestación tipo poste de 75 kVA representa una decisión

estratégica que elimina las restricciones actuales de capacidad y habilita futuras ampliaciones sin intervenciones mayores en la infraestructura de distribución.

La obtención de la factibilidad de conexión otorgada por Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS, s. f.), para un punto de conexión en media tensión trifásico de 75 kVA en el nodo GMVE1585, es la validación técnica más contundente del proyecto. Confirma que la solución propuesta es coherente con la infraestructura del operador de red, normativamente viable y ejecutable en un contexto real. Este resultado, sumado a la documentación técnica completa compilada en los Apéndices A al N, deja el proyecto en condiciones de avanzar hacia su implementación una vez se gestionen los trámites correspondientes ante CENS.

### **Recomendaciones**

Las siguientes recomendaciones buscan fortalecer el rigor técnico del proyecto, reducir incertidumbres en la etapa de ejecución y orientar las decisiones futuras de la institución.

Antes de ejecutar cualquier actividad de obra, es de carácter obligatorio realizar la medición de la resistividad del terreno mediante telurómetro directamente en el sitio del proyecto, conforme a lo establecido por el Ministerio de Minas y Energía (2024) en el RETIE. El valor de  $33,86 \Omega \cdot m$  utilizado en el diseño es una referencia técnica que no reemplaza, en ninguna circunstancia, la medición real en campo, y por lo tanto el sistema de puesta a tierra (SPT) propuesto no podrá considerarse válido hasta que dicha medición sea ejecutada y los resultados sean verificados. En caso de presentarse diferencias significativas entre el valor de referencia y el valor medido, los cálculos del Apéndice F deberán recalcularse y ajustarse antes del inicio de la construcción, garantizando que la configuración del SPT cumpla con los valores de resistencia de puesta a tierra exigidos por la normativa vigente. Para garantizar el cumplimiento de esta condición, se recomienda gestionar el equipo de medición mediante convenios interinstitucionales o incluir su alquiler dentro del presupuesto de ejecución, de modo que su disponibilidad no constituya un obstáculo para el desarrollo del proyecto.

Se recomienda realizar mediciones de iluminancia en los espacios existentes antes de ejecutar el sistema de iluminación, utilizando un luxómetro calibrado en horario nocturno. Esto permitirá establecer una línea base real que valide cuantitativamente las mejoras obtenidas con el nuevo diseño y fortalezca el soporte técnico del proyecto ante futuras

evaluaciones normativas.

El presupuesto presentado en el Apéndice M debe complementarse con especificaciones técnicas detalladas de equipos y materiales. Sin este documento, la contratación de la obra queda expuesta a interpretaciones que pueden comprometer la coherencia entre el diseño y lo ejecutado. Las especificaciones deben definir con precisión las características técnicas mínimas de cada ítem, facilitando la comparación de ofertas y garantizando que los materiales instalados correspondan exactamente a los criterios de diseño establecidos.

Las áreas exteriores del establecimiento representan una oportunidad para evaluar la incorporación de sistemas de generación fotovoltaica como fase futura del proyecto. Sin embargo, esta decisión debe estar precedida de un análisis riguroso de costo-beneficio que considere la inversión inicial, el periodo de retorno y los costos de operación y mantenimiento. En contextos de infraestructura educativa pública, los periodos de retorno pueden ser extensos, por lo que la viabilidad depende de los recursos disponibles y los incentivos aplicables bajo el marco normativo colombiano para la autogeneración a pequeña escala. Se recomienda realizar este estudio antes de tomar cualquier decisión de implementación.

Considerando el monto de inversión requerido, se recomienda planificar la ejecución por etapas, priorizando las intervenciones de mayor impacto en seguridad y continuidad del servicio. La primera etapa debe contemplar la instalación de la subestación tipo poste y la unificación del suministro eléctrico, por ser la base sobre la cual se soportan todos los demás sistemas. Las etapas siguientes pueden abordar la reorganización de tableros, el sistema de iluminación y la infraestructura de comunicaciones, ajustando los tiempos de ejecución a los recursos disponibles de la institución.

La factibilidad de conexión obtenida tiene vigencia limitada, por lo que se recomienda avanzar sin demora en la radicación del proyecto ante Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS, s. f.), cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos en su normativa de presentación de proyectos. Paralelamente, debe gestionarse la cancelación de la segunda cuenta de energía que quedará en desuso tras la unificación del suministro, evitando costos fijos innecesarios para la institución.

### Referencias Bibliográficas

Centrales Eléctricas del Norte de Santander S. A. E. S. P. (CENS). (s. f.). *Sede Electrónica*

*CENS*. <https://www.cens.com.co/>

Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2022). *Reglamento Técnico de Redes*

*Internas de Telecomunicaciones (RITEL)* (Resolución CRC 5050).

<https://www.crccom.gov.co/es/micrositios/ritel/reglamento>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). *NTC 4595:*

*Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares*. ICONTEC.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2021). *NTC 2050: Código*

*Eléctrico Colombiano*. ICONTEC.

Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado*

*Público (RETILAP)*. [https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-iluminacion-y-alumbrado-publico-retilap/)

[2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-iluminacion-y-alumbrado-publico-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-iluminacion-y-alumbrado-publico-retilap/)

[retilap/](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-iluminacion-y-alumbrado-publico-retilap/)

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*

*(RETIE)* (Resolución 40117). [https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-retie/)

[electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-retie/)

[retie/](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-retie/)

Uribe, Y. E., Parra Rincón, J., Flórez, J. P., & Clavijo Villegas, D. (2025). *Informe sistema*

*de puesta a tierra*. Universidad de Pamplona, Sede Villa del Rosario.

<https://es.scribd.com/document/936977706/Informe-Puesta-Tierra>